



Université Mohamed Khider de Biskra  
Entrez votre faculté  
Entrez votre département

# MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Techniques  
**Filière : Génie Mécanique**  
**Spécialité : Construction Mécanique**

Réf. : Entrez la référence du document

---

Présenté et soutenu par :  
**Khelifa hamdi**

Le : Dimanche 28 juin 2021

## ETUDE EXPERIMENTALE SUR LES CAPTEURS DE REGIME MOTEUR DANS LES MOTEURS DIESEL ACOMBUSTION INTERN

---

### Jury :

|       |                  |       |                           |        |
|-------|------------------|-------|---------------------------|--------|
| Titre | Mohamdi Djemoui  | Grade | Université de Biskra      | Statut |
| Titre | Derias Nouredine | Grade | Université d'appartenance | Statut |
| Titre | Guerira Belhi    | Grade | Université d'appartenance | Statut |

Année universitaire : 2020 - 2021

## Dédicace

*Je dédie mon travail de thèse à ma famille et à de nombreux amis. Un sentiment particulier de gratitude envers mes parents aimants, Mohamed et Rais Samira, dont les mots d'encouragement et de ténacité résonnent à mes oreilles. Mes sœurs et mes frères chacun par son nom.*

*Je dédie également cette thèse à tous mes amis qui m'ont soutenu tout au long du processus.*

*J'apprécierai toujours tout ce qu'ils ont fait, en particulier ma mère pour m'avoir aidé à développer mes compétences technologiques, TOLBA Salim pour les nombreuses heures de relecture et mon père pour m'avoir aidé à maîtriser les points de leader.*

*Je dédie ce travail et remercie tout particulièrement mon cousin KHALDI Messaoud et tous mes merveilleuses tantes ainsi que mes oncles d'avoir été là pour moi tout au long de mon parcours universitaire.*

## CHAPITRE1 :

---

- I. Introduction sur les moteurs à combustion interne
- II. Les différents types des moteurs
- III. Allumage commandé et allumage par compression
  - III-1) allumage commandé
  - III-2) Moteur à allumage par compression
- IV. Fonctionnement d'un moteur à quatre temps

## CHAPITRE2 :

---

- I. Définition du moteur diesel à combustion interne.
  - I-1) Moteur diesel:
  - I-2) Combustion diesel
- II. Principaux types de moteurs diesel
  - 1. Les petits moteurs
  - 2. Les moteurs moyens
  - 3. Les gros moteurs
- III. Développement du moteur diesel
  - III-1) Les premiers travaux
  - III-2) Technologie d'injection de carburant
- IV. Développement du moteur diesel.
- V. Le système de contrôle du moteur diesel.
  - V-1) Capteurs

V-2) Contrôleur

V-3) Actionneurs

## CHAPITRE3 :

---

I-1 Les signaux nécessaires liés au régime moteur

I-1) Signal du capteur de position d'arbre à cames

I-2) Signal du capteur de pression de la suralimentation

I-3) Le signal du Débitmètre d'air massique

I-4) Le signal du transmetteur de position de l'accélérateur

## CHAPITRE4 :

---

II- LE ROLE DE CAPTEUR DE REGIME MOTEUR (PMH)

II-1) Où se trouve le capteur PMH dans le moteur diesel

II-2) Le rôle du capteur PMH

II-3) Fonctionnement du capteur PMH

III- Les méthodes de lecture et transmission du signal du capteur de régime moteur

III-1) Capteur de proximité inductif

III-1-A. Un capteur de présence à transistor bipolaire

III-1-B. Un interrupteur reed

III-1-1) Capteur de proximité inductif à réluctance variable

III-1-2) Capteur inductif à courants de Foucault

III-1-3) Principales caractéristiques

III-1-3-A. Qualités

III-1-3-B. Inconvénients

Sommaire (ETUDE EXPERIMENTALE SUR LES CAPTEURS DE REGIME MOTEUR DANS LES MOTEURS DIESEL A COMBUSTION INTERNE)

III-1-4) Domaines d'application Capteur de proximité inductif

III-2) Capteur de proximité à effet Hall

- III-2-1) Description
- III-2-2) Fonctionnement
- III-2-3) Unités et formules
- III-2-4) Avantages
- III-2-5) Inconvénients

## CHAPITRE5 :

---

I. BASES THÉORIQUES

1. La loi d'Ohm
2. Densité de courant  $\vec{j}$  en présence d'un champ électromagnétique
3. Effet Hall

## CHAPITRE6 :

---

I- COMPARAISON ENTRE LES CAPTEURS EFFET HALL ET INDUCTIF

- I-1) Les capteurs effet hall
- I-2) Le capteur inductif

## CHAPITRE7 :

---

ANALYSE DES SIGNAUX D'UN CAS REAL :

1. Les signaux de la Kia Carens
2. Les signaux de la voiture Berlingo

Sommaire (ETUDE EXPERIMENTALE SUR LES CAPTEURS DE REGIME MOTEUR DANS LES MOTEURS DIESEL A COMBUSTION INTERNE)

CONCLUSION.

## Bibliographie

### **Références**

- 1) Diesel.Engine.Reference.Book, Second Edition, Edited by Bernard Challen et Rodica Baranescu
- 2) VOLKSWAGEN AG, Wolfsburg, VK-36 Service Training, Programme autodidactique 316, Le moteur TDI de 2,0 l, Conception et fonctionnement
- 3) Ministère de l'éducation du Nouveau Brunswick. Programme d'étude : Initiation à la mécanique motorisée 07411B, Direction des services pédagogiques (version 2005)
- 4) Article de Mr Romain Nicolas, website : <https://www.car-engineer.com/fr/introduction-au-moteur-a-combustion-interne/#:~:text=La%20propulsion%20du%20v%C3%A9hicule%20est,un%20combustible%20en%20%C3%A9nergie%20m%C3%A9canique.&text=Le%20terme%20%C2%ABcycle%C2%BB%20pour%20MCI,thermodynamique%20du%20fluide%20de%20travail>, source Prof. Federico Millo, Politecnico di Torino
- 5) Modélisation de la distribution d'un moteur à arbre à cames en tête 1  
<http://docinsa.insa-lyon.fr/these/2006/ritter/these.pdf>
- 6) [https://en.wikipedia.org/wiki/Crankshaft\\_position\\_sensor](https://en.wikipedia.org/wiki/Crankshaft_position_sensor)
- 7) Coauthor of The Diesel Engine écrite par Lloyd Van Horn Armstrong (Chief Engineer, Diesel Engine Department, Ingersoll Rand Company)
- 8) SSP 526, The EA288 Diesel Engine Family - conforme à la norme antipollution Euro 6, Conception et fonctionnement
- 9) SSP 501, Technologie des capteurs automobiles, Notions fondamentales de physique
- 10) Vidéo sur YouTube de chaîne FORMADIESEL  
<https://www.youtube.com/channel/UCYAWzZ85xhEE5Yyi8ceyWnQ>

# **CHAPITRE 1**

# **INTRODUCTION SUR LES MOTEURS A COMBUSTION INTERNE**



## I. Introduction sur les moteurs à combustion interne

L'époque des moteurs diesels poussifs, qui réveillent tout le voisinage lors de leur démarrage matinal et crachaient un panache de fumée noire à pleins gaz, est bel et bien révolue.

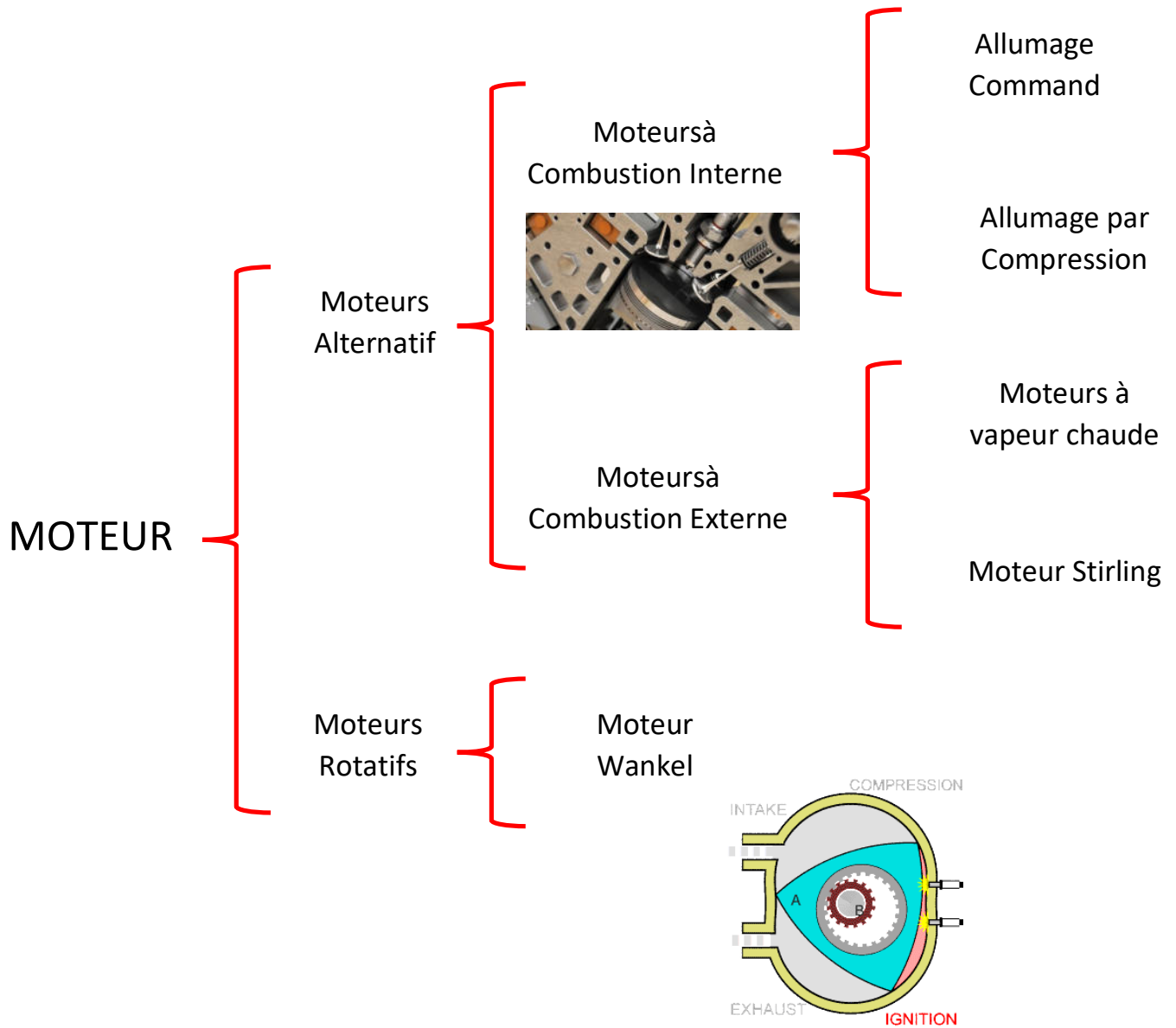
La mécanique motorisée englobe un ensemble de machines munies d'un moteur et de différents systèmes qui nous permettent d'effectuer un travail ou un mouvement.

La propulsion du véhicule est habituellement obtenue au moyen de moteurs, à savoir dispositifs mécaniques capables de convertir l'énergie chimique d'un combustible en énergie mécanique. L'énergie chimique du combustible est d'abord convertie en chaleur par la combustion, puis la chaleur est convertie en travail mécanique. En effet, la chaleur produite par la combustion augmente la pression ou le volume spécifique, et grâce à son expansion, le travail mécanique est obtenu.



Dans les moteurs à combustion interne (MCI), les produits de combustion (par exemple l'air et le carburant) sont utilisés comme fluides de travail, tandis que dans les moteurs à combustion externe, la combustion produit le transfert de chaleur à un autre fluide de travail au moyen d'échangeurs de chaleur. En outre, alors que dans le MCI la combustion a lieu à l'intérieur du cylindre, dans les moteurs à combustion externe, la combustion est obtenue dans une chambre séparée, appelée habituellement brûleur.

## II. Les différents types des moteurs



## Chapitre 1 : Introduction sur les moteurs à combustion interne

Les moteurs à combustion interne sont classés en deux catégories suivant la technique d'inflammation du mélange carburant-air :

- Les moteurs à allumage commandé (moteur à essence).
- Les moteurs à allumage par compression (moteur Diesel)

Dans les moteurs à allumage commandé, un mélange convenable essence-air, obtenu à l'aide d'un carburateur ou injecteurs, est admis dans la chambre de combustion du cylindre où l'inflammation est produite par une étincelle.

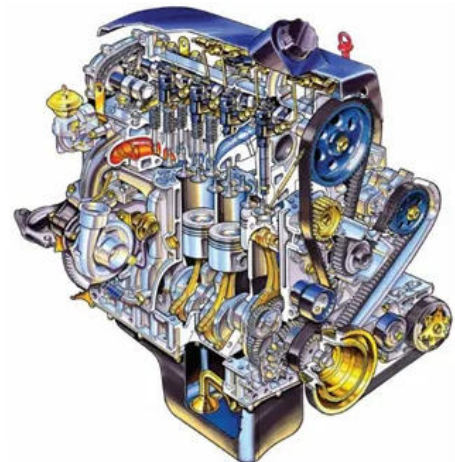
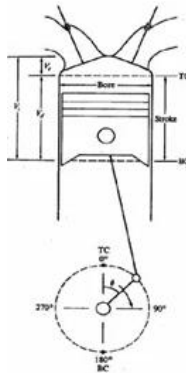
Dans les moteurs à allumage par compression, le carburant est du gazole. On l'injecte sous pression dans la chambre de combustion contenant de l'air, préalablement comprimé et chaud, au contact duquel il s'enflamme spontanément. Ces moteurs sont appelés moteur Diesel.

Les moteurs à allumage, commandé et par compression, sont des moteurs à combustion interne, car la combustion s'effectue à l'intérieur du moteur.

Ces moteurs constituent actuellement la majorité des unités de production de puissance mécanique dans de nombreux domaines, notamment le secteur des transports où ils se sont particulièrement développés en raison de leurs avantages : bon rendement, compacité, fiabilité ..., c'est ce qui explique l'extension que nous avons prise aujourd'hui dans l'industrie automobile et toutes ses branches associées dans tous les pays du monde.

Les moteurs alternatifs à combustion interne sont généralement sélectionnés pour la propulsion de véhicules terrestres à quelques exceptions près (moteurs électriques pour tramways, trolleybus ou voitures électriques), en raison de leur densité de puissance favorable et leur relativement faible coût de fabrication et de service

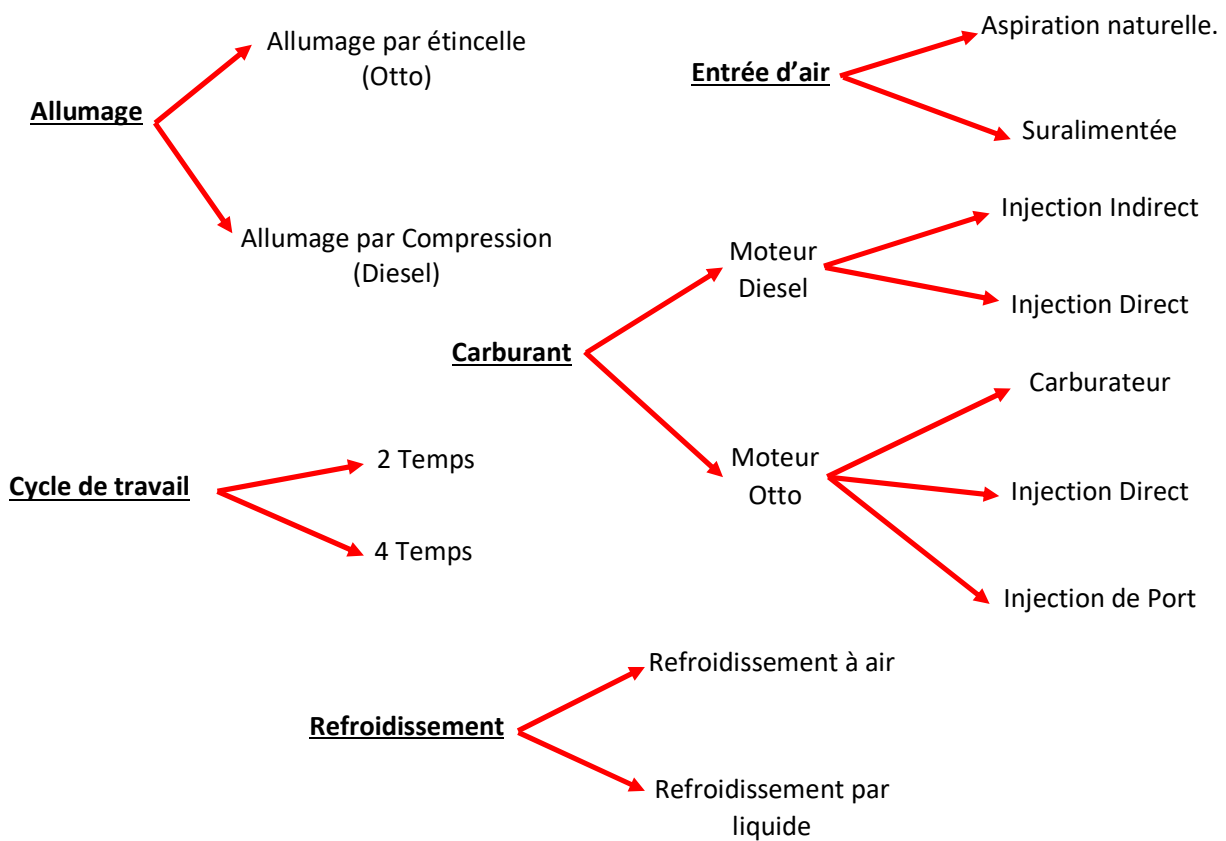
Dans un moteur alternatif, le mouvement du piston dans un cylindre, fermé à l'extrémité opposée par la culasse, produit une variation cyclique du volume du cylindre. Le piston est relié à une bielle et une manivelle et la rotation régulière de celui-ci provoque un mouvement cyclique du piston entre deux positions extrêmes, le point mort haut (PMH, le plus proche de la culasse) et le point mort bas (PMB, plus grande distance de la culasse). Ces deux positions correspondent respectivement au volume minimal de cylindre (volume mort,  $V_0$ ) et au volume maximal du cylindre (volume total,  $V_t$ ). La différence entre



## Chapitre 1 : Introduction sur les moteurs à combustion interne

les volumes max et min est appelée volume balayée ou cylindrée et nommée  $V_c$ . Et enfin, le rapport entre les volumes max et min est appelé taux de compression ( $\tau$ ).

Les moteurs à combustion peuvent être classés en différentes catégories. Les deux plus importantes sont basées sur le processus de combustion (allumage commandé et allumage par compression) et le cycle de travail (2 temps vs 4 temps). Une classification supplémentaire peut être basée sur l'apport d'air (aspiration naturelle ou suralimentée), l'injection (injection indirecte ou directe), et le système de refroidissement (refroidissement à air ou à eau). En ce suit, seules les différences entre les processus de combustion seront présentées.



### CLASSIFICATION DES MOTEURS A COMBUSTION INTERNE

### III. Allumage commandé et allumage par compression

#### III-1) Allumage commandé

Dans les moteurs à allumage commandé, des carburants ayant une réactivité relativement faible sont utilisés, tels que l'essence, le gaz naturel comprimé (GNC) ou gaz de pétrole liquéfié (GPL). Ces combustibles sont mélangés avec l'air pour former du combustible, un mélange homogène air / carburant, et ensuite comprimés dans le moteur pour atteindre des températures de l'ordre de 700 K (400 ° C) et des pressions de 20 bars, sans aucune inflammation spontanée.



Ce comportement peut être expliqué par les caractéristiques moléculaires du carburant : les carburants utilisés dans les moteurs à allumage commandé sont faits de molécules à chaîne courte, et à structure rigide et compacte (comme le CH<sub>4</sub> pour le GNC ou l'isooctane pour l'essence C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>) pour lesquels, même à des températures et des pressions élevées, le temps nécessaire pour démarrer le processus de combustion est assez long. Cependant, cette notion ne doit pas être confondue avec la capacité d'un combustible liquide à s'évaporer à la température ambiante et former un mélange de combustion dans l'air ambiant. Cette capacité est élevée avec l'essence et engendre un risque d'explosion si une source d'allumage est fournie.

Dans les moteurs à allumage commandé, la combustion peut donc être initiée seulement (au moins pour une combustion classique) avec une source externe d'énergie comme une étincelle électrique. L'énergie apportée au mélange par la décharge électrique est faible, mais est tout

### III-2) Moteur à allumage par compression

Lorsque des combustibles avec une réactivité plus élevée sont utilisés, tels que le diesel, ils ne peuvent pas être mélangés avec de l'air et comprimés ensuite dans le cylindre car le processus de combustion se déclencherait spontanément pendant la phase de compression. En effet, le diesel est un mélange d'hydrocarbures qui peuvent être représentés par le cétane,  $C_{16}H_{34}$ , avec une longue chaîne droite de molécule dans laquelle les réactions préliminaires du processus d'oxydation procèdent assez rapidement à des températures et des pressions élevées.

Par conséquent, le diesel est injecté sous forme de spray liquide à haute pression dans l'air déjà comprimé, immédiatement avant le début souhaité de la combustion (en cas de combustion diesel classique). Les petites gouttelettes de carburant (environ  $10\ \mu\text{m}$  de diamètre), entourées par l'air comprimé chaud (environ  $900^\circ\text{K}$ ), s'évaporent rapidement et le processus de combustion spontanée commence avec un délai d'auto-inflammation extrêmement court.



#### IV. Fonctionnement d'un moteur à quatre temps

Le moteur thermique est une machine chargée de transformer l'énergie calorifique en énergie mécanique. Son fonctionnement est ainsi régi à la fois par des paramètres dynamiques (masse, vitesse, accélération) liés à la cinématique du système bielle/vilebrequin, et par des paramètres thermodynamiques (température, pression, volume), liés au principe du mélange gazeux dans la chambre de combustion.

La combustion du mélange gazeux dans le cylindre génère le déplacement du piston. Ce dernier, par l'intermédiaire de la bielle, va permettre au vilebrequin de tourner. Un volant moteur en bout de vilebrequin rajoute de l'inertie afin de régulariser la vitesse de rotation du moteur. L'autre extrémité du vilebrequin permet d'entraîner l'arbre à cames et les divers accessoires : pompes, alternateur, climatisation .... La transmission du mouvement de rotation aux accessoires ou à l'arbre à cames se fait grâce à des courroies, des chaînes ou des pignons. L'arbre à cames actionne les soupapes qui assurent les échanges gazeux dans le cylindre.

Le cycle thermodynamique théorique du moteur à quatre temps a été défini par

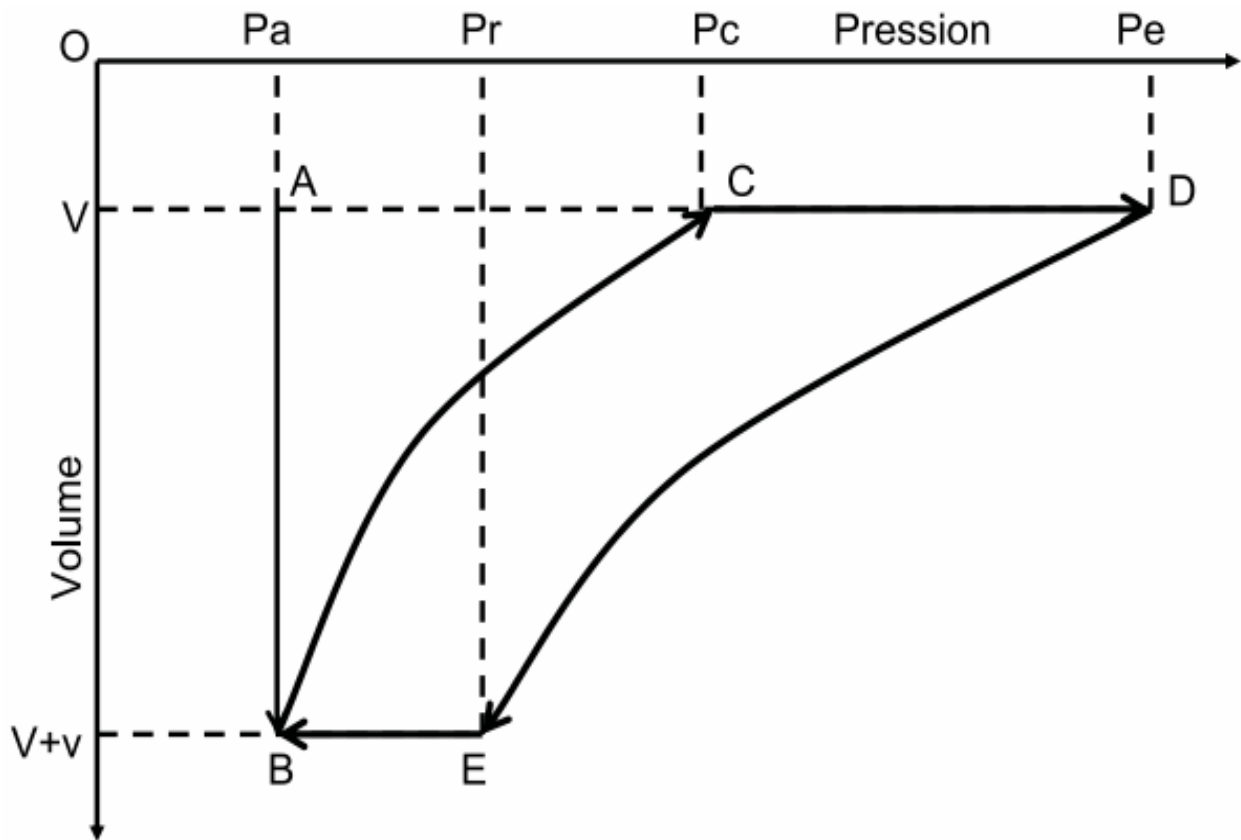


Diagramme du cycle théorique de Beau de Rochas

Beau de Rochas (brevet de 1862) par un graphique pression/volume.(4)

Description du cycle :

- 1) **A-B** : la soupape admission est ouverte et les gaz sont aspirés pendant la phase descendante du piston. Le volume de gaz dans le cylindre augmente de  $V$  à  $V+v$  tandis que la pression  $P_a$  (pression atmosphérique) reste constante
- 2) **B-C** : les soupapes sont fermées et le mélange est comprimé pendant que le piston remonte. La réduction du volume de  $V+v$  à  $V$  provoque l'augmentation de la pression de  $P_a$  à  $P_c$
- 3) **C** : déclenchement de l'étincelle de la bougie ou l'injection du carburant de l'injecteur.
- 4) **C-D** : explosion du mélange, à volume constant, générant une augmentation brutale de la pression de  $P_c$  à  $P_e$
- 5) **D-E** : détente des gaz brûlés, le piston descend et l'augmentation du volume fait chuter la pression de  $P_e$  à  $P_r$
- 6) **E-B** : la soupape d'échappement s'ouvre et fait chuter la pression résiduelle des gaz à la pression atmosphérique  $P_a$ , le piston toujours en bas, il n'y a pas de variation de volume
- 7) **B-A** : soupape d'échappement toujours ouverte, les gaz d'échappement s'échappent pendant la remontée du piston.

Ce cycle théorique repose sur les hypothèses suivantes :

- Ouverture et fermeture des soupapes d'admission et d'échappement respectivement au point mort haut (PMH) et au point mort bas (PMB)
- Les pressions entre cylindre et atmosphère s'équilibrent instantanément
- Combustion du mélange instantanée, donc à volume constant
- Aucun transfert de chaleur avec les parois.

Dans la réalité, ces hypothèses ne peuvent bien entendu pas être respectées. À l'ouverture des soupapes, les pressions ne s'équilibrent pas instantanément. En effet, l'écoulement gazeux s'effectue avec inertie et frottement, et les soupapes ne peuvent pas s'ouvrir instantanément pour des raisons mécaniques. De plus, la combustion complète du mélange demande un certain temps : l'étincelle ou l'injection du carburant permet de démarrer un front de flamme dont la rapidité de combustion dépend de la richesse, des conditions de pression et de température, et de la turbulence.

Les pertes en énergie du moteur à combustion sont également importantes :

Transferts thermiques des parois de la chambre de combustion avec l'extérieur.

Pertes à l'échappement.

Pertes mécaniques : frottement des paliers, des pistons et énergie nécessaire à actionner les différents accessoires du moteur.



Pertes par pompage, lors du remplissage du moteur en gaz frais, à basse pression.

Le cycle du moteur diesel est assez similaire à celui du moteur à allumage commandé, la principale différence étant que la combustion du mélange gazeux s'effectue de façon spontanée pour le diesel, sous l'effet de l'augmentation de pression. Le taux de compression d'un moteur Diesel, lié au carburant, est environ deux fois plus élevé que celui d'un moteur à essence.

Les contraintes sur le moteur sont de plus en plus importantes car il faut satisfaire des normes antipollution toujours plus sévères, sans dégrader le niveau des performances. Afin de rejeter moins de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), qui est un gaz participant à l'effet de serre, il est nécessaire de diminuer la consommation des véhicules, ce qui impose d'augmenter le rendement thermodynamique du moteur. Afin de réduire les émissions polluantes et la consommation, le turbo-compresseur, chargé de comprimer les gaz à l'admission, est un organe de plus en plus utilisé. Cet ajout génère une thermique plus importante et nécessite alors de modifier la distribution.

Des contraintes plus élevées sur les moteurs vont modifier la dynamique du moteur, et ainsi se répercuter directement sur la distribution, qui va subir des contraintes mécaniques supérieures. De plus, la distribution joue un rôle central dans la combustion du moteur puisque c'est elle qui pilote les échanges gazeux dans le cylindre, et va donc influencer sur le rendement thermodynamique et les émissions polluantes du moteur.

# **CHAPITRE 2**

# **Définition du moteur diesel à combustion interne**

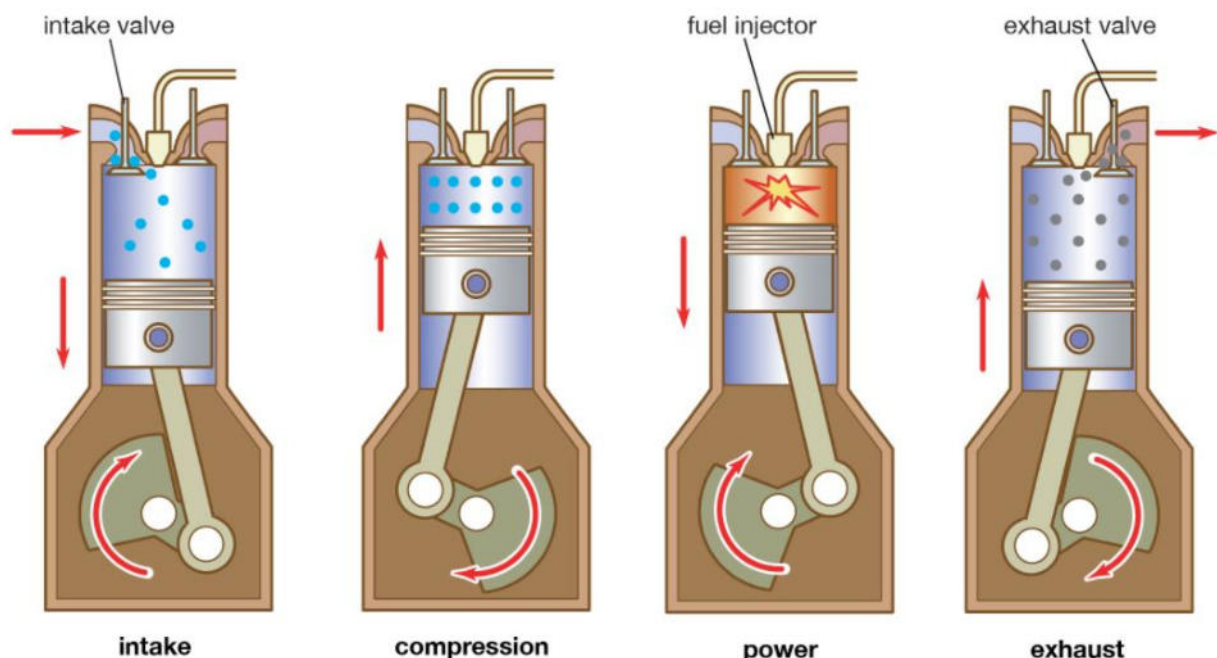
## I. Définition du moteur diesel à combustion interne.

### I-1) Moteur diesel :

Tout moteur à combustion interne dans lequel l'air est comprimé à une température suffisamment élevée pour enflammer le carburant diesel injecté dans le cylindre, où la combustion et la détente actionnent un piston. Il convertit l'énergie chimique stockée dans le carburant en énergie mécanique, qui peut être utilisée pour alimenter les camions de fret, les gros tracteurs, les locomotives, les navires et les avions et même les automobiles a été alimentés au diesel, tout comme certains groupes électrogènes, cependant ces deux derniers sont alimentés par des moteurs diesel très développés.

### I-2) Combustion diesel

Le moteur diesel est un dispositif piston-cylindre à combustion intermittente. Il fonctionne sur un cycle à deux ou quatre temps, cependant, contrairement au moteur à essence à allumage par étincelle, le moteur diesel n'induit que de l'air dans la chambre de combustion lors de sa course d'admission. Les moteurs diesel sont généralement construits avec des taux de compression compris entre 14: 1 et 22: 1. Les modèles de moteurs à deux et à quatre temps peuvent être trouvés parmi les moteurs dont les alésages (diamètres des cylindres) sont inférieurs à 600 mm (24 pouces). Les moteurs dont l'alésage est supérieur à 600



© Encyclopædia Britannica, Inc.

mm sont presque exclusivement des systèmes à deux temps.

### *Moteur diesel à quatre temps*

*La séquence typique des événements de cycle dans un moteur diesel à quatre temps implique des soupapes d'admission, une buse d'injection du carburant et des soupapes d'échappement, comme illustré ici. Le carburant injecté est enflammé par sa réaction à l'air chaud comprimé dans le cylindre, un processus plus efficace que celui du moteur à combustion interne à allumage par étincelle*

Le moteur diesel gagne son énergie en brûlant du carburant injecté ou pulvérisé dans la charge d'air chaud comprimé à l'intérieur du cylindre. L'air doit être chauffé à une température supérieure à la température à laquelle le carburant injecté peut s'enflammer. Le carburant pulvérisé dans l'air dont la température est supérieure à la température « d'auto-inflammation » du carburant réagit spontanément avec l'oxygène de l'air et brûle. Les températures de l'air dépassent généralement 526°C, toutefois, au démarrage du moteur, un chauffage supplémentaire des cylindres est parfois utilisé, car la température de l'air à l'intérieur des cylindres est déterminée à la fois par le taux de compression du moteur et sa température de fonctionnement actuelle. Les moteurs diesel sont parfois appelés moteurs à allumage par compression car l'initiation de la combustion repose sur l'air chauffé par compression plutôt que sur une étincelle électrique.

Dans un moteur diesel, le carburant est introduit lorsque le piston s'approche du point mort haut de sa course (PMH). Le carburant est introduit sous haute pression soit dans une chambre de précombustion, soit directement dans la chambre de combustion piston-cylindre. À l'exception des petits systèmes à haute vitesse, les moteurs diesel utilisent l'injection directe.

Les systèmes d'injection de carburant pour moteurs diesel sont généralement conçus pour fournir des hautes pressions d'injection comprises entre 200 et 2000 Bars.

Un contrôle précis de l'injection de carburant est essentiel aux performances d'un moteur diesel. Puisque tout le processus de combustion est contrôlé par l'injection de carburant, l'injection doit commencer à la position correcte du piston (c.-à-d. L'angle de vilebrequin). Au début, le carburant est brûlé dans un processus à volume presque constant tandis que le piston est proche du point mort haut (PMH). Lorsque le piston s'éloigne de cette position, l'injection de carburant se poursuit et le processus de combustion apparaît alors comme un processus à pression presque constante.

Le processus de combustion dans un moteur diesel est hétérogène, c'est-à-dire que le carburant et l'air ne sont pas prémélangés avant le début de la combustion. Par conséquent, une pulvérisation du carburant dans l'air pour faire un mélange rapide est très importante pour une combustion complète du carburant injecté. Cela met beaucoup l'accent sur la conception des injecteurs, en particulier dans les moteurs à injection directe.

Le travail du moteur est obtenu pendant la course motrice. La course motrice comprend à la fois le processus à pression constante pendant la combustion et

l'expansion des gaz chauds de combustion après la fin de l'injection de carburant.

Les moteurs diesel sont souvent turbocompressés et refroidis en amont. L'ajout d'un turbocompresseur et d'un refroidisseur final peut améliorer les performances d'un moteur diesel en termes de puissance et d'efficacité.

La caractéristique la plus remarquable du moteur diesel est son efficacité. En comprimant l'air plutôt qu'en utilisant un mélange air-carburant, le moteur diesel n'est pas limité par les problèmes de pré-allumage qui affligent les moteurs à allumage par étincelle à haute compression. Ainsi, des taux de compression plus élevés peuvent être obtenus avec les moteurs diesel qu'avec la variété à allumage par étincelle ; proportionnellement, des rendements de cycle théoriques plus élevés, par rapport à ce dernier, peuvent souvent être réalisés. Il est à noter que pour un taux de compression donné, le rendement théorique du moteur à allumage par étincelle est supérieur à celui du moteur à allumage par compression ; cependant, dans la pratique, il est possible de faire fonctionner des moteurs à allumage par compression à des taux de compression suffisamment élevés pour produire des rendements supérieurs à ceux que l'on peut atteindre avec des systèmes à allumage par étincelle. De plus, les moteurs diesel ne reposent pas sur l'étranglement du mélange d'admission pour contrôler la puissance. En tant que tel, le rendement au ralenti et à puissance réduite du diesel est bien supérieur à celui du moteur à allumage par étincelle.

Le Principal Inconvénient des moteurs diesel est leur émission de polluants atmosphériques. Ces moteurs rejettent généralement des niveaux élevés de particules (suie), de composés azotés réactifs (communément appelés NOx) et d'odeur par rapport aux moteurs à allumage par étincelle. Par conséquent, dans la catégorie des petits moteurs, l'acceptation par les consommateurs est très grande car sa technologie a été maîtrisable d'éviter les gaz polluants suivant des normes internationales.

## **II. Principaux types de moteurs diesel**

Il existe trois groupes des moteurs diesel basés sur la puissance : petit, moyen et grand.

1. Les petits moteurs ont des valeurs de puissance inférieure à 188 kilowatts, soit 252 chevaux. Il s'agit du type de moteur diesel le plus couramment produit. Ces moteurs sont utilisés dans les automobiles, les camions légers et certaines applications agricoles et de construction et comme petits générateurs électriques fixes (comme ceux des bateaux de plaisance) et comme entraînements mécaniques. Il s'agit généralement de moteurs à injection directe, en ligne, à quatre ou six cylindres. Beaucoup sont suralimentés avec des refroidisseurs d'admission.
2. Les moteurs moyens ont des capacités de puissance allant de 188 à 750 kilowatts, ou 252 à 1 006 chevaux. La majorité de ces moteurs sont utilisés dans les camions lourds. Il s'agit généralement de moteurs à injection directe, en ligne,

à six cylindres suralimentés et refroidis d'admission. Certains moteurs V-8 et V-12 appartiennent également à ce groupe de taille.

3. Les gros moteurs diesel ont des puissances nominales supérieures à 750 kilowatts. Ces moteurs uniques sont utilisés pour la marine, des locomotives, et des applications d'entraînement mécanique et pour la production d'énergie électrique. Dans la plupart des cas, il s'agit de systèmes à injection directe, à turbocompresseur et à refroidissement final. Ils peuvent fonctionner à une vitesse aussi basse que 500 tours par minute lorsque la fiabilité et la durabilité sont essentielles.

### **III. Développement du moteur diesel**

#### **II-1) Les premiers travaux**

Rudolf Diesel, un ingénieur allemand, a conçu l'idée du moteur qui porte maintenant son nom après avoir cherché un dispositif pour augmenter l'efficacité du moteur Otto (le premier moteur à quatre temps, construit par l'ingénieur allemand du 19<sup>e</sup> siècle. Nikolaus Otto). Diesel s'est rendu compte que le processus d'allumage électrique du moteur à essence pouvait être éliminé si, pendant la course de compression d'un dispositif à piston-cylindre, la compression pouvait chauffer l'air à une température supérieure à la température d'auto-inflammation d'un carburant donné. Diesel a proposé un tel cycle dans ses brevets de 1892 et 1893.

À l'origine, le charbon en poudre ou le pétrole liquide était proposé comme combustible. Diesel a vu le charbon en poudre, un sous-produit des mines de charbon de la Sarre, comme combustible facilement disponible. L'air comprimé devait être utilisé pour introduire de la poussière de charbon dans le cylindre du moteur; cependant, il était difficile de contrôler le taux d'injection de charbon et après la destruction du moteur expérimental par une explosion, Diesel s'est tourné vers le pétrole liquide. Il a continué à introduire le carburant dans le moteur avec de l'air comprimé.

Le premier moteur commercial construit sur les brevets de Diesel a été installé à Saint-Louis, Missouri, par Adolphus Busch, un brasseur qui en avait vu un exposé lors d'une exposition à Munich et avait acheté une licence de Diesel pour la fabrication et la vente du moteur. Aux États-Unis et au Canada. Le moteur a fonctionné avec succès pendant des années et a été le précurseur du moteur Busch-Sulzer qui a propulsé de nombreux sous-marins de la marine américaine pendant la Première Guerre mondiale. Un autre moteur diesel utilisé dans le même but était le Nelseco, construit par la New London Ship and Engine Company à Groton, Conn.

Le moteur diesel est devenu la principale centrale électrique des sous-marins pendant la Première Guerre mondiale. Il était non seulement économique dans

l'utilisation du carburant, mais il s'est également avéré fiable en temps de guerre. Le carburant diesel, moins volatil que l'essence, était stocké et manipulé de manière plus sûre.

À la fin de la guerre, de nombreux hommes qui exploitaient des moteurs diesel cherchaient des emplois en temps de paix. Les fabricants ont commencé à adapter les moteurs diesel pour l'économie de temps de paix. Une modification a été le développement du soi-disant semi-diesel qui fonctionnait sur un cycle à deux temps à une pression de compression inférieure et utilisait une ampoule ou un tube chaud pour allumer la charge de carburant. Ces changements ont abouti à un moteur moins coûteux à construire et à entretenir.

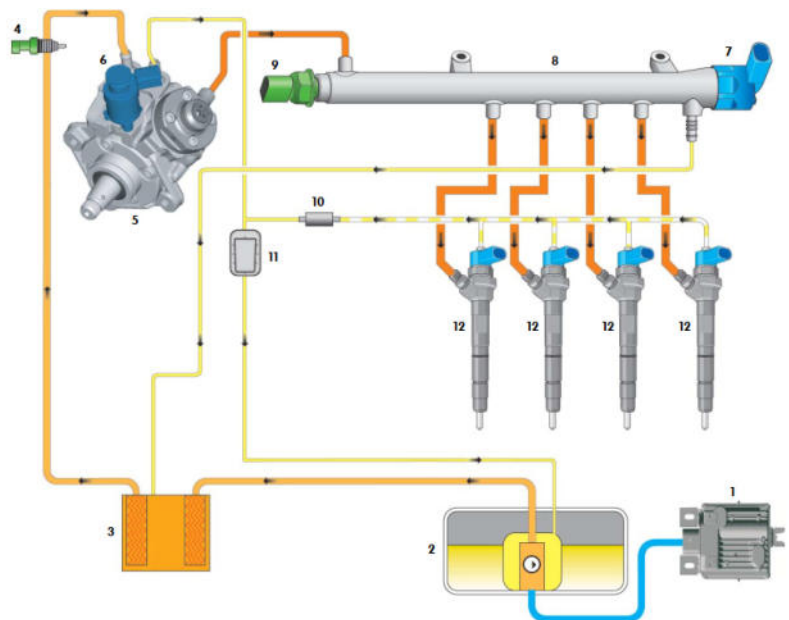
## II-2) Technologie d'injection de carburant

Une caractéristique désagréable du diesel complet était la nécessité d'un compresseur d'air à injection haute pression. Non seulement de l'énergie était nécessaire pour entraîner le compresseur d'air, mais un effet réfrigérant qui retardait l'allumage s'est produit lorsque l'air comprimé, généralement à ~70 Bars, s'est soudainement étendu dans le cylindre, qui était à une pression d'environ 3,4.

à 4 mégapascals (34 à 40 Bars). Diesel avait besoin d'air à haute pression pour introduire du charbon en poudre dans le cylindre; lorsque le pétrole liquide remplaçait le charbon en poudre comme combustible, une pompe pouvait être conçue pour remplacer le compresseur d'air à haute pression.

Une pompe pouvait être utilisée de plusieurs manières. En Angleterre, la Vickers Compagnie utilisait ce qu'on appelait la méthode à rampe commune, dans laquelle une batterie de pompes maintenait le carburant sous pression dans un tuyau sur toute la longueur du moteur avec des fils vers chaque cylindre. À partir de cette conduite d'alimentation en carburant du rail (ou du tuyau), une série d'injecteurs a admis la charge de carburant dans chaque cylindre au bon moment de son cycle. Un autre procédé utilisait des pompes à secousses actionnées par came, ou du type à piston, pour fournir du carburant sous une pression momentanément élevée à l'injecteur de chaque cylindre au bon moment.

L'élimination du compresseur d'air d'injection était un pas dans la bonne direction, mais il y avait encore un autre problème à résoudre, l'échappement du



moteur contenait une quantité excessive de fumée, même à des sorties bien dans la puissance nominale du moteur et même s'il y en avait été assez d'air dans le cylindre pour brûler la charge de carburant sans laisser un échappement décoloré qui indiquait normalement une surcharge. Les ingénieurs ont finalement réalisé que le problème était que l'air d'injection momentanément à haute pression explosant dans le cylindre du moteur avait diffusé la charge de carburant plus efficacement que les injecteurs de carburant mécaniques de substitution ne pouvaient le faire, de sorte que sans le compresseur d'air, le carburant devait rechercher les atomes d'oxygène pour terminer le processus de combustion et, comme l'oxygène ne représente que 20% de l'air, chaque atome de carburant n'avait qu'une chance sur cinq de rencontrer un atome d'oxygène. Le résultat était une mauvaise combustion du carburant.

La conception habituelle d'une buse d'injection de carburant a introduit le carburant dans le cylindre sous la forme d'un cône de pulvérisation, la vapeur rayonnant de la buse, plutôt que dans un courant ou un jet. Très peu de choses pourraient être faites pour diffuser le carburant plus complètement. Un mélange amélioré devait être accompli en donnant un mouvement supplémentaire à l'air, le plus souvent par des tourbillons d'air produits par induction ou un mouvement radial de l'air, appelé squish (gargouillis), ou les deux, du bord extérieur du piston vers le centre. Diverses méthodes ont été utilisées pour créer ce tourbillon et ce squish. Les meilleurs résultats sont apparemment obtenus lorsque le tourbillon d'air a une relation définie avec le taux d'injection de carburant. Une utilisation efficace de l'air à l'intérieur du cylindre exige une vitesse de rotation qui amène l'air emprisonné à se déplacer en continu d'une pulvérisation à l'autre pendant la période d'injection, sans affaissement extrême entre les cycles.

#### **IV. Développement du moteur diesel.**

En 1914, un jeune ingénieur américain, William T. Price, a commencé à expérimenter un moteur qui fonctionnerait avec un taux de compression inférieur à celui du diesel et en même temps ne nécessiterait ni ampoules ni tubes chauds. Dès que ses expériences ont commencé à être prometteuses, il a demandé des brevets.

Dans le moteur de Price, la pression de compression choisie de près de 14 Bars n'a pas fourni une température suffisamment élevée pour enflammer la charge de carburant au démarrage. L'allumage était réalisé par une bobine de fil fin dans la chambre de combustion. Le fil nichrome a été utilisé pour cela car il pouvait facilement être chauffé jusqu'à l'incandescence lorsqu'un courant électrique le traversait. Le moteur expérimental avait un seul cylindre horizontal avec un alésage de 43 cm et une course (mouvement maximal du piston) de 48 cm et fonctionnait à 257 tours par minute. Comme le fil nichrome nécessitait un remplacement fréquent, la pression de compression a été augmentée à 24 Bars, ce qui a fourni une température suffisamment élevée pour l'allumage lors du démarrage. Une partie de la charge de carburant a été injectée avant la fin de la



course de compression dans le but d'augmenter la synchronisation du cycle et de maintenir le fil nichrome brûlant.

Entre-temps, de nombreux moteurs du type semi-diesel à deux temps étaient en cours d'installation. Certains étaient utilisés pour produire de l'électricité pour de petites municipalités, tandis que d'autres étaient installés dans des usines de pompage d'eau. Beaucoup ont fourni de l'énergie pour les remorqueurs, les bateaux de pêche, les chalutiers et les bateaux de travail.

Au début des années 1920, la **General Electric Company** suggéra à la société Ingersoll-Rand, pour qui le prix était rentable, de coopérer à la construction d'une locomotive diesel-électrique. À cette époque, bon nombre des locomotives en service étaient propulsées par des moteurs à essence. Une locomotive diesel-électrique avec le moteur de Price a été achevée en 1924 et mise en service à des fins de commutation à New York. Le succès de cette locomotive s'est traduit par des commandes de chemins de fer, d'usines et de mines à ciel ouvert. Le moteur utilisé dans la plupart de ces installations était un système de course à six cylindres, de diamètre 25 cm (10 pouces), 30 cm (12 pouces), une puissance de freinage de 300 chevaux à 600 tours par minute et pesant 6800 kg.

## **V. Le système de contrôle du moteur diesel.**

Le système de commande d'un moteur moderne est responsable du maintien des performances à son optimum tout en empêchant le moteur de dépasser les limites d'émissions. Par exemple, de bonnes performances du moteur diesel peuvent être obtenues lorsque le calage de l'injection de carburant est relativement avancé. Pourtant, ce moment n'est peut-être pas approprié pour maintenir les émissions de NOx sous la limite prescrite. L'action de contrôle consistera alors à retarder le moment jusqu'à un endroit où le moteur peut se conformer aux limites d'émission de NOx sans nécessairement dépasser les limites d'émission de particules.

Pour remplir sa fonction, le système de contrôle doit comprendre trois composants :

- i. Capteurs
- ii. Contrôleur
- iii. Actionneurs

**V-1) Les capteurs** obtiennent une mesure d'une variable physique par une mesure directe ou une combinaison de mesure et de calcul. Par exemple, les capteurs électromagnétiques peuvent produire un signal électrique à chaque fois que leur champ magnétique est interrompu. Les dents d'engrenage sur le périmètre d'un volant d'inertie interrompant le champ magnétique d'un capteur peuvent être utilisées pour indiquer une vitesse proportionnelle à la fréquence des dents d'engrenage interrompant le champ magnétique du capteur. Un capteur « souple » ou « virtuel » délivre

une valeur grâce à un calcul intermédiaire. Ces capteurs devraient être capables de mesurer une gamme de quantités physiques et chimiques dans un laps de temps suffisamment court pour répondre aux exigences de contrôle des moteurs diesel à grande vitesse. De plus, les capteurs doivent survivre à l'environnement dans lequel ils doivent remplir leur fonction. Pourtant, ils doivent être produits à un coût raisonnable et offrir une durabilité de type automobile.

**V-2)** Les signaux électriques produits par les capteurs sont transmis au deuxième composant majeur du système de contrôle, **le contrôleur**. Le contrôleur est souvent décrit comme le cerveau du système de contrôle où une action de contrôle est déterminée sur la base de calculs qui maintiendront les performances du système au niveau requis. Le contrôleur peut être électronique, mais bon nombre de ces contrôleurs peuvent simplement être des dispositifs à ressort de masse qui contrôlent des fonctions de base telles que la vitesse dans les moteurs. Cependant, les contrôleurs basés sur des dispositifs purement mécaniques ou hydrauliques ont des capacités limitées et sont encombrants et volumineux. Pour cette raison, les systèmes de contrôle modernes sont équipés de contrôleurs électroniques construits autour de microprocesseurs. Ces contrôleurs électroniques sont communément appelés unités de commande électroniques (Electronic Control Units – ECU) ou modules de commande électroniques (Electronic Control Modules – ECM).

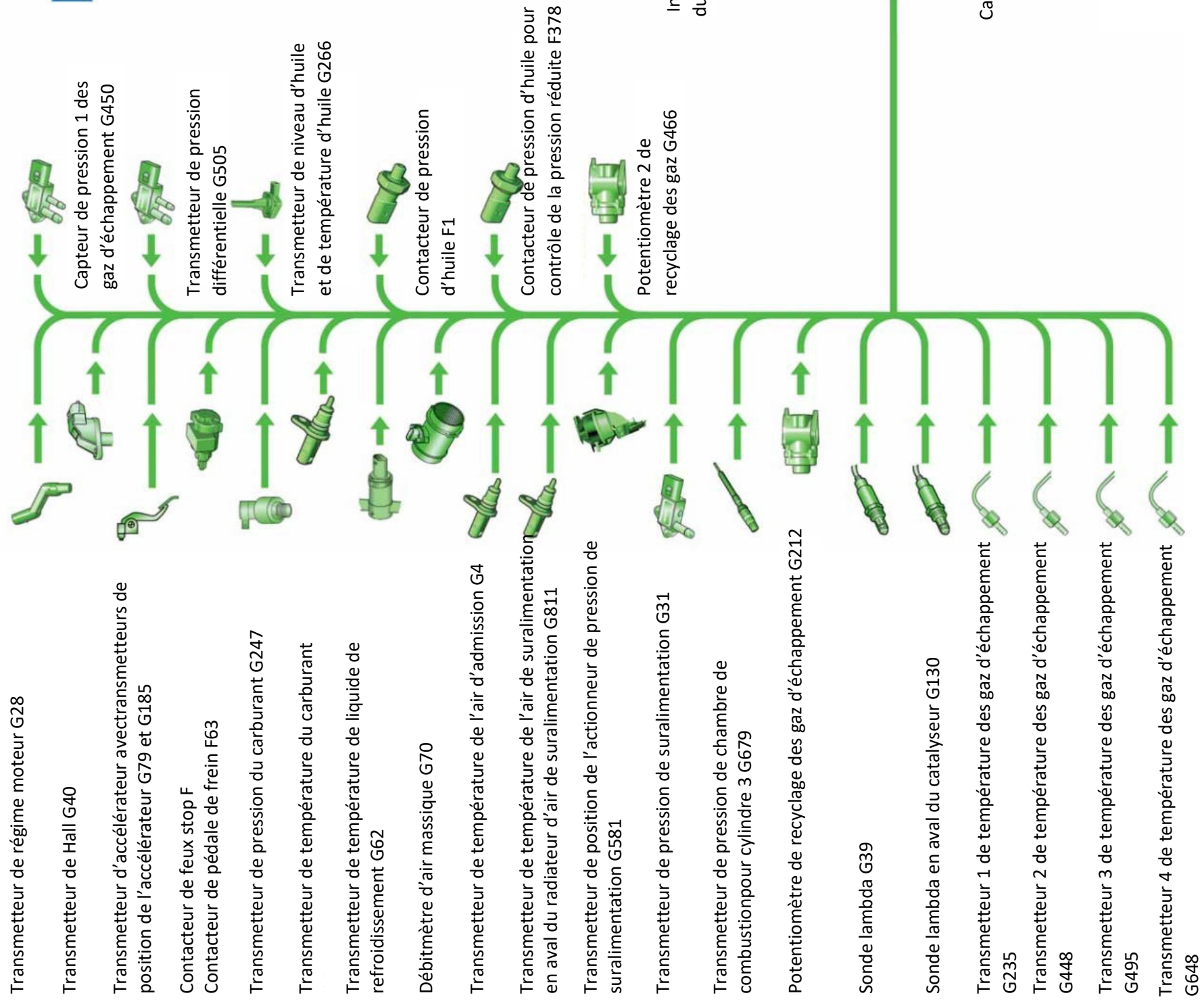
**V-3)** Le troisième des trois composants d'un système de commande est **l'actionneur**. Un actionneur est un dispositif qui reçoit un ordre du contrôleur pour exécuter une certaine fonction ou une action de commande requise. Dans la plupart des cas, cette fonction de commande nécessite que l'actionneur ferme ou ouvre un trajet d'écoulement ou déplace un composant de commande du système sur une distance spécifique. En raison de cette fonction, les actionneurs sont généralement assimilés aux muscles du corps humain. Un actionneur très évident et fondamental dans les moteurs diesel est son système d'injection de carburant qui contrôle l'alimentation en carburant de chaque cylindre. Dans le passé, le ravitaillement était ajusté en réglant la crémaillère de la pompe, une action qui contrôlait l'alimentation de tous les cylindres simultanément. Les systèmes modernes permettent un contrôle total sur le calage de l'injection ainsi que le dosage du carburant dans chaque cylindre indépendamment cycle par cycle.

La commande électronique du moteur joue un rôle essentiel dans le contrôle des émissions d'échappement des moteurs d'aujourd'hui. Du point de vue des émissions, le but du système de commande du moteur est de fournir la quantité requise de carburant, d'air et d'EGR (le cas échéant) au moment requis et dans l'état de température et de pression requis. Ce contrôle est exécuté sur la durée de vie du moteur, compensant l'usure et la détérioration du moteur. De plus,

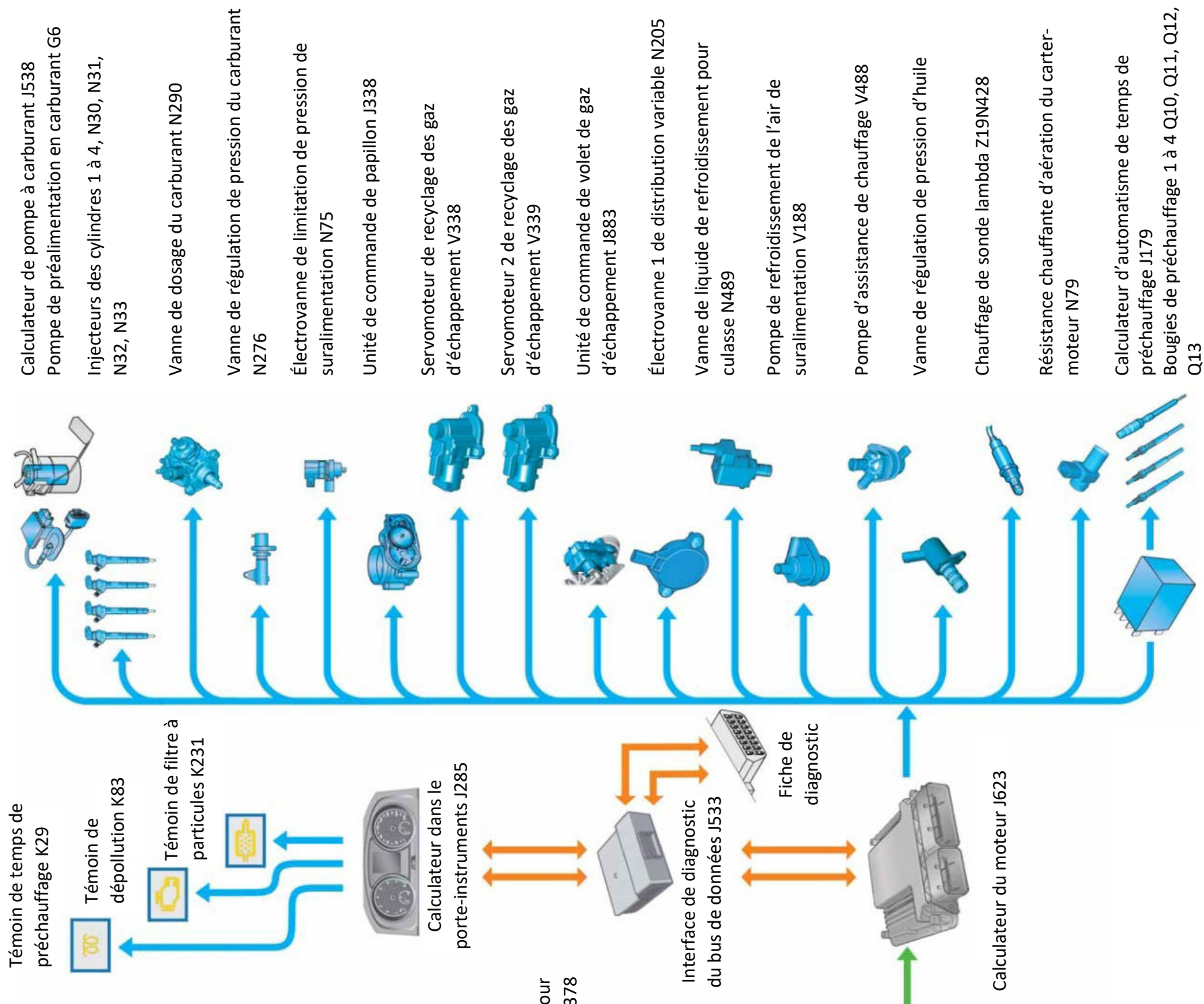
comme requis dans de nombreuses applications, les contrôles des émissions du moteur sont pris en charge par des systèmes de diagnostic embarqués (On-Board Diagnostic – OBD), qui activent un témoin de dysfonctionnement sur le tableau de bord du véhicule lorsqu'un défaut d'émission est détecté.

## VUE D'ENSEMBLE DU SYSTEME DU GESTION MOTEUR

### Capteurs



### Actionneur



# **Chapitre 3**

# **Les signaux nécessaires liés au régime moteur**

## **I- Les signaux nécessaires liés au régime moteur**

Tous les signaux liés au régime moteur sont liés à l'injection du carburant et ce dernier est lié directement au capteur PMH

### **I-1) Signal du capteur de position d'arbre à cames**

Le capteur d'arbre à cames joue un rôle essentiel dans le cycle de combustion du moteur. Avec l'aide du capteur PMH, il fournit des données importantes au calculateur électronique. Ces données permettent de déterminer la quantité de combustible nécessaire à injecter dans les chambres de combustion. Cela permet un meilleur rendement du véhicule.

Tout comme le capteur PMH, le capteur d'arbre à cames est un capteur inductif. Sa capacité de détection est liée à un champ magnétique.

De la même façon que le capteur PMH est monté en regard du volant moteur, lui, fait face à une roue dentée solidaire de l'arbre à cames. Comme dans tout champ magnétique, la rotation du disque denté provoque des impulsions qui perturbent le champ magnétique. Ces impulsions sont envoyées au calculateur pour analyse. Avec le capteur PMH, il détermine le point mort haut en fin de compression du premier cycle. C'est ainsi que le calculateur détermine l'ordre d'injection du carburant.



### **I-2) Signal du capteur de pression de la suralimentation**

Le capteur de pression de suralimentation est aussi appelé capteur MAP, abréviation de l'anglais Manifold Absolute Pressure. Son rôle est de mesurer la pression d'admission d'air dans le moteur. Il transmet ensuite ces informations au calculateur pour régler l'injection de carburant.

Le capteur MAP équipe notamment les voitures Diesel qui possèdent un turbocompresseur. Celui-ci permet de mieux alimenter le moteur en air,



### Chapitre 3 : Les signaux nécessaires liés au régime moteur

d'améliorer la combustion et ainsi d'augmenter la puissance du véhicule. Il fonctionne avec une turbine qui compresse l'air et le fait ensuite monter en pression.

C'est donc là qu'entre en jeu le capteur de pression de suralimentation, qui permet donc de connaître la pression d'admission d'air à l'entrée du moteur. Il permet donc d'adapter l'injection en fonction de celle-ci.

Le capteur MAP sert à mesurer la pression d'air dans l'admission du véhicule. Il se trouve donc dans le moteur, au niveau de l'entrée d'air. On le trouve ainsi dans une tubulure du collecteur d'admission ou à proximité immédiate de celui-ci, connecté au collecteur par un flexible.

Le rôle du capteur de pression de suralimentation, ou capteur MAP, est de détecter et mesurer la pression d'air, Situé au niveau de l'entrée d'air dans le moteur, il fonctionne avec le calculateur moteur.

Le capteur MAP est ce qu'on appelle un capteur magnéto-résistif. Composé en céramique, il comporte des résistances de mesure qui sont sensibles à la pression. Celles-ci produisent alors des signaux électriques qui sont transmis au calculateur.

Grâce à cela, le calculateur peut adapter la quantité de carburant injecté pour optimiser le mélange air/carburant et la combustion du moteur.

#### **I-3) Le signal du Débitmètre d'air massique**

Le débitmètre d'air massique mesure la masse d'air (débit massique de l'air) amenée au moteur avec une grande précision. Le signal du débitmètre d'air massique est utilisé pour le calcul de la quantité d'injection de même que pour commander le recyclage des gaz d'échappement sur les moteurs diesel. Il s'agit d'un composant important pour la réduction des gaz d'échappement et pour l'alimentation en air.



#### **I-4) Le signal du transmetteur de position de l'accélérateur**

Le capteur d'accélération a pour objectif de mesurer la pression exercée sur la pédale d'accélérateur afin de pouvoir adapter en conséquence la charge / puissance du moteur et l'admission de celui-ci et donc la vitesse du véhicule.

Les données mesurées par le capteur de position d'accélérateur sont ensuite transmises au calculateur moteur qui à l'aide d'autres informations transmises par la sonde lambda ainsi que par le débitmètre d'air peut gérer l'injection de carburant et l'arrivée d'air afin d'obtenir un rapport air – carburant optimal.

Dans le cas de la présence d'un régulateur de vitesse, ce dernier est justement raccordé au capteur de la pédale d'accélérateur afin de pouvoir gérer automatiquement les accélérations et les décélérations.

Le capteur de position émet un signal au calculateur sous la forme d'une tension continue. Cette tension est générée par un système de potentiomètres alimentés par le calculateur (via un courant de 5 volts généralement).





**CHAPITRE 4 :**

**LE ROLE DE  
CAPTEUR PMH  
ET LES  
METHODES DE  
LECTURE ET  
TRANSMISSION  
DU SIGNAL**

## **II- LE ROLE DE CAPTEUR DE REGIME MOTEUR (PMH)**

### **II-1) Où se trouve le capteur PMH dans le moteur diesel**

Il est situé au niveau du volant moteur et du vilebrequin, le capteur PMH ou Point Mort Haut est connu pour poser divers problèmes par rapport au régime moteur et au démarrage.

### **II-2) Le rôle du capteur PMH**

Le capteur PMH, aussi appelé capteur vilebrequin, a pour rôle d'informer le calculateur sur la position des pistons pour que ce dernier puisse calculer le régime moteur et adapter en fonction l'injection de carburant.

Cependant, un moteur fonctionnant en quatre temps (aspiration, compression, explosion et échappement), un piston positionné en point mort haut peut être soit en phase de compression, soit en phase d'échappement selon le cycle de combustion. Pour déterminer cette information, le calculateur s'appuie sur le capteur de l'arbre à cames qui lui fournit cette donnée

### **II-3) Fonctionnement du capteur PMH**

Le capteur Point Mort Haut fonctionne sur le même principe que le capteur ABS. En effet, le capteur PMH est également un capteur inductif, c'est-à-dire que grâce au champ magnétique qu'il produit à son extrémité, il détecte automatiquement chaque objet métallique passant à proximité de la tête. Ainsi, grâce à 2 fils électriques connectés au calculateur moteur, un courant proportionnel à la vitesse de rotation du volant moteur est produit à chaque fois que les dents passent devant le métal. Ce signal électrique est transmis directement au calculateur.

Pour connaître la position des pistons, le capteur PMH s'appuie sur la rotation du volant moteur.

Un repère est alors placé sur la roue crantée afin d'informer continuellement le calculateur sur la position des pistons : le capteur envoie l'information à chaque fois qu'il détecte le repère et compte le nombre de dents entre chaque intervalle ce qui permet au calculateur de suivre le rythme du moteur.

Le capteur d'arbre à cames complète ensuite cette donnée en précisant le cycle de combustion pour que le calculateur puisse déterminer dans quel cylindre et à quel moment il faut injecter le carburant.

Le volant moteur est donc directement lié au capteur PMH puisque celui-ci mesure les informations dont a besoin le calculateur pour calculer le régime moteur qui correspond justement à la vitesse de rotation du volant d'inertie et du vilebrequin.

### **III- Les méthodes de lecture et transmission du signal du capteur de régime moteur**

Le capteur du régime moteur est considéré comme un capteur de présence tant qu'il est situé à proximité immédiate du volant moteur et il doit détecter le rythme du moteur à travers la détection des dents de la roue dentée du volant moteur.

La première idée pour détecter le rythme du moteur est basée sur les capteurs de proximité ou détecteurs de présence qui sont des dispositifs autrefois mécaniques, mais aujourd'hui de plus en plus caractérisés par l'absence de liaison mécanique entre le dispositif de mesure et l'objet cible (personne, animal, objet animé tel qu'un véhicule). L'interaction entre le capteur et sa « cible » est alors réalisée par l'intermédiaire d'une caméra associée à un système d'analyse de l'image, ou plus souvent d'un champ (magnétique, électrique, électromagnétique) ou d'un capteur infrarouge.

Selon les capteurs, objets et situation, l'objet détecté doit être plus ou moins proche du capteur ou illuminé par une source rayonnante (éventuellement non visible, par exemple dans l'infrarouge).

Les capteurs de proximité sont utilisés soit en mode analogique, soit en mode binaire. Dans le premier cas, l'amplitude du signal est une fonction de la position relative de l'objet cible ; dans le second cas, le signal ne peut avoir que deux niveaux (haut et bas), selon que l'objet est présent à proximité ou non du capteur inductif.

Les premières utilisations des capteurs de proximité ont été basées sur la détection des mouvements de personnes, de véhicules, ils sont surtout utilisés pour la sécurité, contre les intrusions, les alarmes, ou la mise en route de dispositifs (ouverture d'une porte, d'une barrière, etc.).

Ils peuvent aussi être utilisés par la domotique ou pour réaliser d'importantes économies d'énergie (asservissement de l'éclairage intérieur à des détecteurs de présence) à l'extérieur pour la protection de l'environnement nocturne.

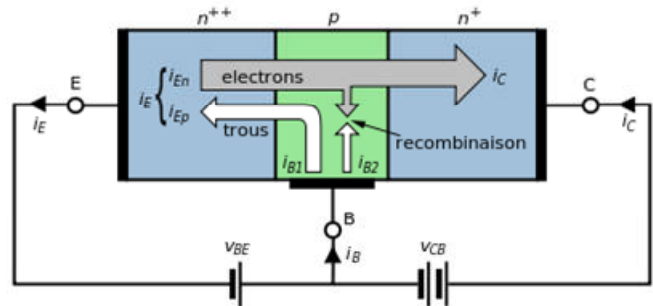
#### **III-1) Capteur de proximité inductif**

Les capteurs de proximité inductifs détectent tous les matériaux conducteurs à une distance définie :

##### **III-1-A. Un capteur de présence à transistor bipolaire**

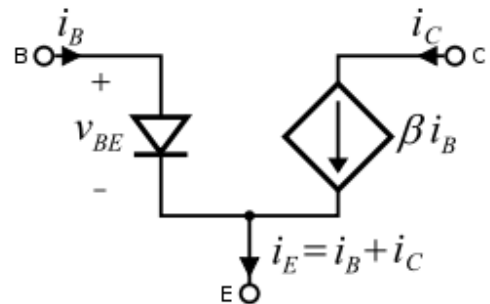
Détecte les métaux : si un métal se trouve dans le champ de la zone de couverture active, la sortie PNP ou NPN du capteur est active. Son principe de fonctionnement est basé sur le système du transistor, si on prend le cas d'un type NPN pour lequel les tensions  $V_{BE}$  et  $V_{CE}$ , ainsi que le courant entrant à la base,  $I_B$ , sont positifs.

Dans ce type de transistor, l'émetteur, relié à la première zone N, se trouve polarisé à une tension inférieure à celle de la base, reliée à la zone P. La diode émetteur/base se trouve donc polarisée en direct, et du courant (injection d'électrons) circule de l'émetteur vers la base.



Principe physique du transistor NPN

En fonctionnement normal, la jonction base-collecteur est polarisée en inverse, ce qui signifie que le potentiel du collecteur est bien supérieur à celui de la base. Les électrons, qui ont pour la plupart diffusé jusqu'à la zone de champ de cette jonction, sont recueillis par le contact collecteur.



Idéalement tout le courant issu de l'émetteur se retrouve dans le collecteur. Ce courant est une fonction exponentielle de la tension base-émetteur. Une très petite variation de la tension induit une grande variation du courant (la transconductance du transistor bipolaire est très supérieure à celle des transistors à effet de champ).

Le courant des trous circulant de la base vers l'émetteur ajouté au courant de recombinaison des électrons neutralisés par un trou dans la base correspond au courant de base  $I_B$ , grossièrement proportionnel au courant de collecteur  $I_C$ . Cette proportionnalité donne l'illusion que le courant de base contrôle le courant de collecteur. Pour un modèle de transistor donné, les mécanismes de recombinaisons sont technologiquement difficiles à maîtriser et le gain  $\beta$  peut seulement être certifié supérieur à une certaine valeur (par exemple 100 ou 1000). Les montages électroniques doivent tenir compte de cette incertitude.

Lorsque la tension base-collecteur est suffisamment positive, la quasi-totalité des électrons est collectée, et le courant de collecteur ne dépend pas de cette tension ; c'est la zone linéaire. Dans le cas contraire, les électrons stationnent dans la base, se recombinent, et le gain chute ; c'est la zone de saturation.

Deux autres modes moins fréquents sont possibles, à savoir un mode ouvert, où la polarisation des deux jonctions, vues comme des diodes,

oppose celles-ci au passage de courant, et le mode actif-inversé qui échange le collecteur et l'émetteur dans le mode « n mal ». La conception du transistor n'étant pas optimisée pour ce dernier mode, il n'est que rarement utilisé.

### **III-1-B. Un interrupteur reed**

Un interrupteur reed ou interrupteur à lames souples - dénommé ILS – est un interrupteur magnétique dont les deux contacts sont en alliage fer-nickel, souvent protégés par une couche d'or et de zinc, et sont magnétisés placés dans une bulle de verre contenant du diazote en général.

Il est généralement constitué d'une ampoule de verre protectrice contenant une atmosphère non oxydante (sans oxygène ni vapeur d'eau) et deux contacts souples. Ces contacts sont magnétisables et élastiques, à base de fer doux par exemple. En présence d'un champ magnétique, les contacts s'aimantent par influence, et sont attirés l'un par l'autre. Ils se rapprochent et se touchent, établissant le courant. Lorsque le champ magnétique cesse, l'aimantation cesse aussi, et l'élasticité des contacts les écarte, coupant le courant.

En temps normal, les 2 contacts sont éloignés d'une dizaine de micromètres environ, mais sous l'effet d'un champ magnétique, ils se rapprochent jusqu'à la fermeture de l'interrupteur. Il existe aussi des interrupteurs bicontacts qui permettent de déterminer le sens du champ magnétique.

Il existe 2 types de contacts : NC (Normalement Clos/Fermé) ou NO (Normalement Ouvert – Normally Open). Sous l'effet d'un champ magnétique, un contact NO se ferme et inversement un contact NC/NF s'ouvre.

Les interrupteurs REED sont utilisés pour leur durée de vie et leur fiabilité : on considère qu'un tel interrupteur peut effectuer de l'ordre de 10 millions de cycles ouverture/fermeture.

L'intensité de commutation est de l'ordre de 500mA et 200v, pour les ILS standards.

#### **III-1-1) Capteur de proximité inductif à réluctance variable**

Il s'agit d'un transformateur dont le circuit magnétique inclut l'objet en déplacement. Celui-ci doit donc être de nature ferromagnétique.

L'intervalle entre la cible et la tête du capteur jouant le rôle d'un entrefer détermine la réluctance du circuit magnétique et par suite le flux traversant le secondaire et la tension à ses bornes, lorsque le primaire

est alimenté. La tension aux bornes du secondaire, qui est le signal de mesure  $V_m$ , varie de façon non linéaire, selon la loi qui est sensiblement de la forme :

$$V_{mo} = V_m \cdot \frac{1}{2,5 + 2ax}$$

Où  $x$  est la distance du capteur à la cible,  $V_{mo}$  dépend particulièrement de la perméabilité magnétique de la cible, de sa forme et de ses dimensions.

Dans la plupart des cas le primaire et le secondaire sont constitués par une seule et même bobine. La grandeur qui varie avec la distance à la cible est alors l'inductance. Un circuit électronique permet de transformer cette inductance en grandeur électrique simple comme une tension électrique, image de la distance.

Ce type de capteurs trouve ses applications dans le domaine aéronautique. En effet sur les avions, la partie électromagnétique du capteur se trouve souvent à l'extérieur (train d'atterrissage, volets...) pendant que l'électronique de détection se trouve dans une partie protégée de l'avion, les deux étant reliés par des fils de liaison. Le principe à réluctance variable est relativement bien adapté à ce type d'application car relativement insensible aux longueurs des fils de liaison.

### **III-1-2) Capteur inductif à courants de Foucault**

Les capteurs inductifs produisent à l'extrémité de leur tête de détection un champ magnétique oscillant. Lorsqu'un objet métallique pénètre dans ce champ, il y a perturbation de ce champ puis atténuation du champ oscillant.

Le champ magnétique émis à partir de la surface active du capteur est créé par un circuit (bobine) alimenté par une source de tension sinusoïdale dont la fréquence est limitée à quelques dizaines de kilohertz afin que soient réduites les pertes magnétiques par courant de Foucault ainsi que l'influence des capacités parasites. Si un objet métallique (cible) s'approche de la surface active, des courants de Foucault sont générés. D'après la loi de Lenz, ces courants s'opposent à la cause qui leur a donné naissance. Les pertes qui en résultent causent une baisse d'énergie dans le circuit oscillant et une atténuation des oscillations. Contrairement au capteur à réluctance variable qui n'est utilisable qu'avec des cibles ferromagnétiques, le capteur à courants de Foucault est sensible à tout objet métallique.

### **III-1-3) Principales caractéristiques**

#### **III-1-3-A. Qualités**

##### **III-1-3-A-a) Large bande passante.**

**III-1-3-A-b)** Grande finesse due aux forces très faibles exercées sur la cible par le dispositif de mesure.

**III-1-3-A-c)** Fiabilité accrue puisqu'il n'y a pas de pièces mobiles susceptibles d'usure ou de jeu.

### **III-1-3-B. Inconvénients**

**III-1-3-B-a)** Étendue de mesure faible, de l'ordre de la dizaine de mm

**III-1-3-B-b)** Fonctionnement non linéaire.

**III-1-3-B-c)** Dépendance de leur réponse à la forme, les dimensions et la nature du matériau de la cible

On en déduit que l'étalonnage doit s'effectuer dans les conditions particulières de leur emploi. Ces capteurs procurent un isolement galvanique entre le circuit de mesure et la cible

### **III-1-4) Domaines d'application Capteur de proximité inductif**

**III-1-4-A.** L'automatisme des lignes de fabrication (détection sans contact des pièces et machines en mouvement)

**III-1-4-B.** La sécurité sur les avions (vérification de bon fonctionnement du train, fermeture des portes...)

**III-1-4-C.** La mesure et l'asservissement de position

**III-1-4-D.** Le contrôle dimensionnel

**III-1-4-E.** L'étude, sans perturbation, du mouvement de dispositifs à faible inertie

**III-1-4-F.** L'automobile : capteur de régime moteur, capteur d'arbre à came, ABS etc.

### **III-2) Capteur de proximité à effet Hall**

#### **III-2-6) Description**

L'effet Hall se manifeste par l'apparition d'une différence de potentiel  $V_H$  perpendiculairement aux lignes de courant d'un conducteur placé dans un champ d'induction  $B_Y$ . L'effet Hall est la conséquence de la force qui s'exerce sur les charges électriques en mouvement.

Lorsqu'on approche un aimant de la plaquette, la différence de potentiel aux bornes de celle-ci augmente ; c'est ce signal qui est détecté.

### **III-2-7) Fonctionnement**

Ce type de capteur de courant exploite l'effet Hall pour produire une tension qui est l'image exacte (avec un facteur de proportionnalité connu) du courant à mesurer ou à visualiser.

### **III-2-8) Unités et formules**

Si un courant  $I_0$  traverse un barreau en matériau conducteur ou semi-conducteur, et si un champ magnétique d'induction  $B$  est appliqué perpendiculairement au sens de passage du courant, une tension  $V_h$ , proportionnelle au champ magnétique et au courant  $I_0$ , apparaît sur les faces latérales du barreau.

Les électrons sont déviés par le champ magnétique, créant une différence de potentiel appelée tension de Hall. Le champ magnétique déforme la trajectoire des électrons car il engendre une force de Lorentz (e).

$V_h = K_h * B * I_0$                       Avec  $K_h$  : constante de Hall, qui dépend du matériau utilisé.

La Constante de Hall étant inversement proportionnelle à la densité des porteurs, la tension de Hall est beaucoup plus importante dans les semi-conducteurs que dans les métaux.

### **III-2-9) Avantages**

- III-2-4-A.** Un intérêt de ce type de capteur est de permettre des mesures de position ou de déplacement à travers une paroi non ferromagnétique séparant de la sonde l'objet support de l'aimant.
- III-2-4-B.** La chute de tension introduite dans le montage est très faible :  $v_S$  étant limitée à quelques Volt la tension  $v_P$  est inférieure à quelques mV.
- III-2-4-C.** L'isolation galvanique entre la mesure et le circuit est un élément appréciable de sécurité et permet d'éliminer l'influence du mode commun sur la mesure.
- III-2-4-D.** La bande passante est relativement large : du continu à couramment 100 kHz (500 kHz pour certains modèles), elle est souvent supérieure à celle du voltmètre mesurant la tension  $v_M$ .

### **III-2-10) Inconvénients**



#### CHAPITRE 4 : LE ROLE DE CAPTEUR PMH ET LES METHODES DE LECTURE ET TRANSMISSION DU SIGNAL

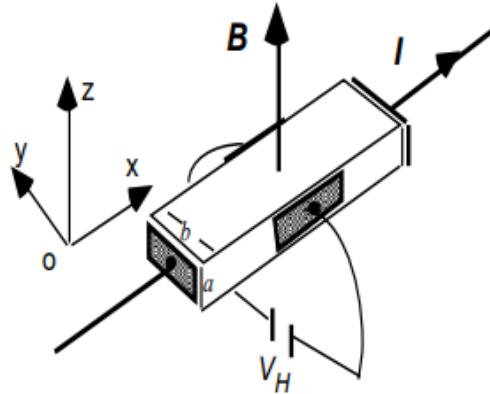
Ce type de capteur est plus coûteux que le shunt et sa sensibilité aux champs magnétiques extérieures peut nécessiter quelques précautions.

# **Chapitre 5**

# **Lathéorie d'Effet Hall**

## II. BASES THÉORIQUES

Quand un échantillon conducteur (métal ou semi-conducteur) parcouru par une densité de courant électrique  $j = I/S$  est placé dans un champ magnétique  $B$  perpendiculaire au plan de l'échantillon (Fig. 1), il apparaît une différence de potentiel  $V_H \propto j_x \cdot B_z \cdot b$  mesurable entre ses deux bords. Donc, on peut écrire  $V_H = R_H j_x B_z$  où  $R_H$  est une constante de proportionnalité. Ce phénomène est appelé l'effet Hall et  $R_H$  la constante de Hall.



Conducteur électrique de section  $S = a \cdot b$   
dans un champ d'induction  $\vec{B}$

Les phénomènes cinétiques qui apparaissent dans les solides sous l'action commune des champs électrique  $\vec{E}$  et magnétique  $\vec{B}$  sont dits galvanomagnétiques. L'effet Hall est l'un de ces phénomènes le plus connu.

### La loi d'Ohm

L'équation vectorielle du mouvement d'une particule libre de charge  $q$  et masse  $m$  dans un solide, soumise à une force extérieure  $\vec{F}_e$  et à une force de frottement  $\vec{f} = k\vec{v}$ , est donnée par

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F}_e - \frac{m}{\tau} \vec{v} \quad (1)$$

La force de frottement décrit le freinage de la particule due à son interaction (collisions) avec les ions du réseau cristallin du solide et avec les autres porteurs de charges. On suppose ici que si les forces extérieures sont brusquement supprimées, le retour vers l'état d'équilibre se fait de façon exponentielle avec un certain temps de relaxation  $\tau$ .

$$\frac{d\vec{v}}{\vec{v}} = -\frac{1}{\tau} dt \Rightarrow \vec{v} = \vec{v}_0 e^{-t/\tau} \quad (2)$$

Si les forces extérieures sont constantes, il s'établit un nouvel état stationnaire, donc  $d\vec{v}/dt = 0$ . Supposons que la force extérieure soit un champ  $E$  homogène, alors la nouvelle vitesse stationnaire ou vitesse moyenne de dérive  $\vec{v}_d$  du porteur de charge est

$$0 = q\vec{E} - \frac{m}{\tau}\vec{v}_d \quad \Rightarrow \quad \vec{v}_d = \frac{q\tau}{m}\vec{E} = \mu\vec{E} \quad (3)$$

La quantité algébrique  $\mu = q\tau/m$  représente la vitesse par unité de champ électrique, elle est définie comme la mobilité des porteurs de charges. Si le solide contient  $N$  porteurs de charges par unité de volume, sous l'action d'un champ  $\vec{E}$  et en régime permanent, les porteurs de charges se déplacent donc avec une vitesse moyenne de dérive dans la même direction que le champ électrique. Dans ce cas, il apparaît un courant électrique donné par

$$\vec{j} = qN\vec{v}_d = \frac{q^2 N \tau}{m} \vec{E} = qN\mu\vec{E} = \sigma\vec{E} \quad (4)$$

Où  $\sigma = qN\mu$  est la conductivité électrique. La relation  $\vec{j} = \sigma\vec{E}$  est connue sous le nom de la loi d'Ohm.

### Densité de courant $\vec{j}$ en présence d'un champ électromagnétique

Posons  $\vec{E} = E_x\hat{e}_x$  quelconque et  $\vec{B} = B_z\hat{e}_z$  dirigé le long de l'axe Oz. En introduisant la fréquence cyclotron  $\omega = (q/m)B_z$  et la conductivité électrique  $\sigma = qN\mu$  définie pour  $B=0$ , on peut montrer qu'en régime permanent, la vitesse moyenne de dérive de la particule est égale à

$$\vec{v}_d = \frac{q\tau}{m}\vec{E} + \frac{q\tau B_z}{m}(\vec{v}_d \cdot \hat{e}_z)\hat{e}_z \quad (5)$$

Ainsi que la projection de la densité de courant  $\vec{j} = qN\vec{v}_d$  sur les axes xyz donne

$$\vec{j}_x = \frac{\sigma(E_x + \omega\tau E_y)}{(1 + \omega^2\tau^2)} \quad \vec{j}_y = \frac{\sigma(E_y + \omega\tau E_x)}{(1 + \omega^2\tau^2)} \quad \vec{j}_z = \sigma E_z \quad (6)$$

En présence d'un champ magnétique, la densité de courant  $\vec{j}$  n'est pas, en général, parallèle au champ électrique  $\vec{E}$ . Cependant pour un métal, même pour des champs  $B$  assez élevés, l'anisotropie correspondante est très faible, de sorte que  $\vec{j} \approx \sigma\vec{E}$ , c'est-à-dire que la loi d'Ohm est toujours valable. Les phénomènes liés à l'anisotropie sont surtout importants dans les semi-conducteurs, et ils dépendent de la géométrie du système.

### Effet Hall

La relation (6) montre que, sous l'action d'un champ  $\vec{B} = B_z\hat{e}_z$ , les porteurs de charges sont déviés vers la surface latérale de l'échantillon. Sur le côté opposé apparaît un défaut de charges de signe opposé. La séparation de charges se poursuit jusqu'à ce

Chapitre 5 : La théorie d'Effet Hall

qu'il en résulte un champ électrique, appelé champ de Hall, qui s'oppose à cette déviation. A l'équilibre il n'y pas de dérive selon l'axe Oy. Donc, le champ de Hall  $E_H$  est déterminé par la condition  $j_y = 0$  et les équations posées en (6) nous permettent de trouver la relation de Hall

$$E_H = E_y = \omega\tau \left( \frac{j_x}{\sigma} \right) = \left( \frac{1}{qN} \right) j_x \cdot B_z = R_H \cdot j_x \cdot B_z \quad (7)$$

$$\text{Soit} \quad R_H = \frac{1}{qN} \quad (8)$$

$R_H$  est ainsi apte à fournir expérimentalement la valeur algébrique de la densité des porteurs de charges mobiles dans un conducteur et son signe. De plus, si  $\sigma$  est connu, alors la mesure de  $R_H$  permet de déterminer la mobilité des porteurs de charge  $\mu = R_H \sigma$ , à condition qu'il n'y ait qu'un seul type de porteurs.

Différents types de porteurs de charges. Dans les semi-conducteurs, la conductibilité électrique est souvent assurée par deux types de porteurs de charges de charges  $q_1$  et  $q_2$  et de densités volumiques  $N_1$  et  $N_2$ , respectivement. La conductivité totale, ainsi que le courant peuvent donc s'écrire

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 = q_1 N_1 \mu_1 + q_2 N_2 \mu_2 \quad (9)$$

$$\vec{j} = \vec{j}_1 + \vec{j}_2 = q_1 N_1 \vec{v}_1 + q_2 N_2 \vec{v}_2 \quad (10)$$

A température ambiante, le temps de relaxation  $\tau$  est de l'ordre de  $10^{-14}$ - $10^{-15}$  seconde, donc le terme  $\omega\tau$  est de l'ordre de  $10^{-3}$  et les termes en  $(\omega\tau)^2$  sont petits devant l'unité. Dans ce cas on montre que l'équation (6) peut s'écrire comme suit :

$$\begin{aligned} j_x &= \sigma E_x + (\sigma_1 \mu_1 + \sigma_2 \mu_2) B_z E_y \\ j_y &= \sigma E_x - (\sigma_1 \mu_1 + \sigma_2 \mu_2) B_z E_x \end{aligned} \quad (11)$$

et que la condition de Hall  $j_y = 0$  implique

$$E_y = \frac{\Sigma}{\sigma} E_x; \quad j_x = \left[ 1 + (\Sigma / \sigma)^2 \right] \sigma E_x \cong \sigma E_x \quad \text{avec } \Sigma = (\sigma_1 \mu_1 + \sigma_2 \mu_2) B_z$$

$$\text{D'où} \quad R_H = \frac{(\sigma_1 \mu_1 + \sigma_2 \mu_2)}{(\sigma_1 + \sigma_2)^2} = \frac{(q_1 N_1 \mu_1^2 + q_2 N_2 \mu_2^2)}{(q_1 N_1 \mu_1 + q_2 N_2 \mu_2)^2} \quad (12)$$

Si on prend deux porteurs de nature différente, électrons et trous,  $q_p = -q_e = q$

Chapitre 5 : La théorie d'Effet Hall

$$R_H = \frac{(N_p \mu_p^2 + N_p \mu_p^2)}{(N_p \mu_p + N_e \mu_e)^2} \quad (13)$$

Le tableau qui suit rassemble quelques valeur numériques typique de  $R_H$  mesurées dans certains métaux et semi-conducteurs :

| Matériau                               | $R_H$ [ $10^{-10} \text{m}^3/\text{C}$ ]                  | Nombre de porteurs de charges [ $10^{29} \text{m}^3$ ] | Densité atomique [ $10^{29} \text{m}^3$ ] |
|--|---|--|---|
| Argent (Ag)                            | -0.85   | 0.75   | 0.59                                      |
| Or (Au)                                | -0.72   | 0.87   | 0.48                                      |
| Bismuth (Bi)                           | -5400.0   | $1.2 \times 10^{-4}$                                   | 0.28                                      |
| Cuivre (Cu)                            | -0.540  | 1.1  | 0.85                                      |
| Fer (Fe)                               | +0.228  | 0.06   | 0.84                                      |
| Zinc (Zn)                              | +0.33   | 1.9  | 0.64                                      |
| Si (dopé au l'arsenic (As) typiquement | à temp. ambiante<br>$6 \times 10^7$ à $6 \times 10^4$ (*) | $10^{-8}$ à $10^{-5}$                                  | 0.50                                      |

Dans les métaux, le signe de  $R_H$  montre que le courant électrique résulte soit du mouvement d'électrons ( $R_H < 0$ ), soit du mouvement de trous ( $R_H > 0$ ). On appelle "trous" des charges apparemment positives. Ce dernier cas ne peut être élucidé qu'au moyen de la mécanique ondulatoire. (\*) Dans les semi-conducteurs, la valeur et le signe de  $R_H$  dépendent fortement de la densité des dopants ("impuretés"),  $R_H$  peut même être nul si  $N_p \mu_p^2 = N_e \mu_e^2$ .

# Chapitre 6

## COMPARAISON ENTRE LES CAPTEURS EFFET HALL ET INDUCTIF

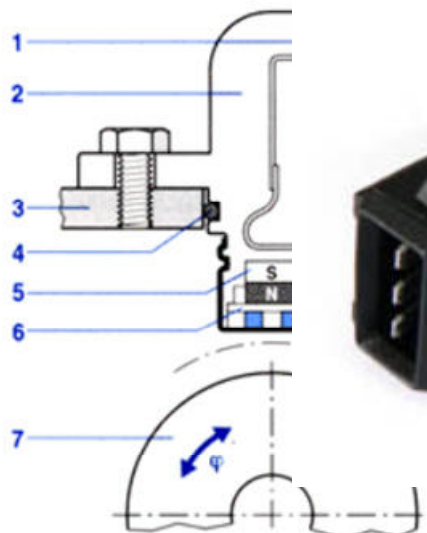
## 1- COMPARAISON ENTRE LES CAPTEURS EFFET HALL ET INDUCTIF



### I-1) Les capteurs effet hall

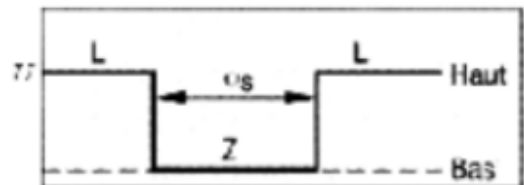
Dans les moteurs diesel, le capteur à effet hall permet de mesurer un champ magnétique, et il est plus élaboré. Il est muni d'une plaquette de Hall, d'un circuit électronique et d'un aimant permanent.

Cette plaquette alimentée par le circuit est traversée perpendiculairement par le champ magnétique de l'aimant. Lorsqu'une dent se présente devant la plaquette, les électrons le parcourant sont déviés par la variation du champ magnétique, et créent une tension de l'ordre de quelques millivolts





Le circuit amplifie et transforme ce signal en un signal « carré » directement exploitable par le calculateur. L'amplitude de la tension de sortie est constante à tout régime, ce qui lui permet de fonctionner avec de faible vitesse de rotation, et d'être plus précis que le capteur inductif.



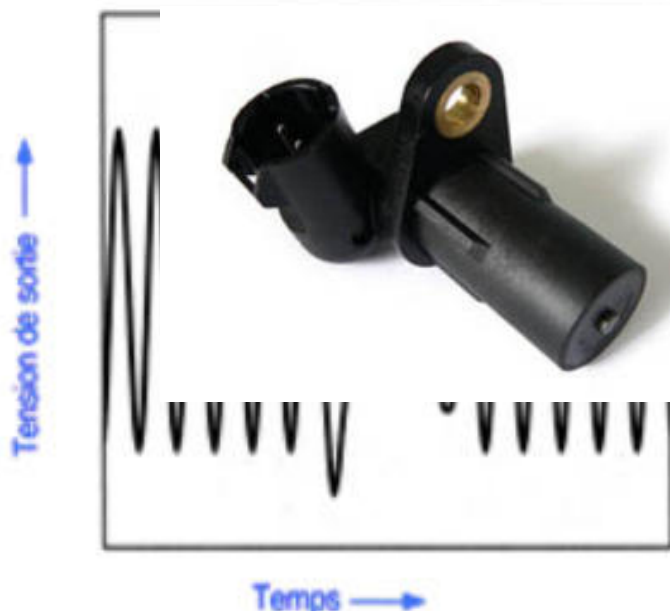
De plus, il est plus moins sensible aux parasites. Ce type de capteur nécessite une alimentation externe, 5 volts en général, et dispose donc d'une connexion de trois fils (5 volts, signal et 0 volt). Il est plus coûteux que le capteur inductif. Sur ce capteur a effet hall on trouve trois fils en générale : le premier est pour le signal carré, le deuxième est pour la masse e le troisième pour l'alimentation du capteur.

### I-2) Le capteur inductif

Son rôle est de produire un champ magnétique qui permette de détecter n'importe quel objet.

Il est constitué d'une bobine enroulée autour d'un aimant. Ce capteur est placé devant une cible, placée généralement sur la couronne du volant moteur, constituée de dents et de trous.

Le PMH est repéré sur cette



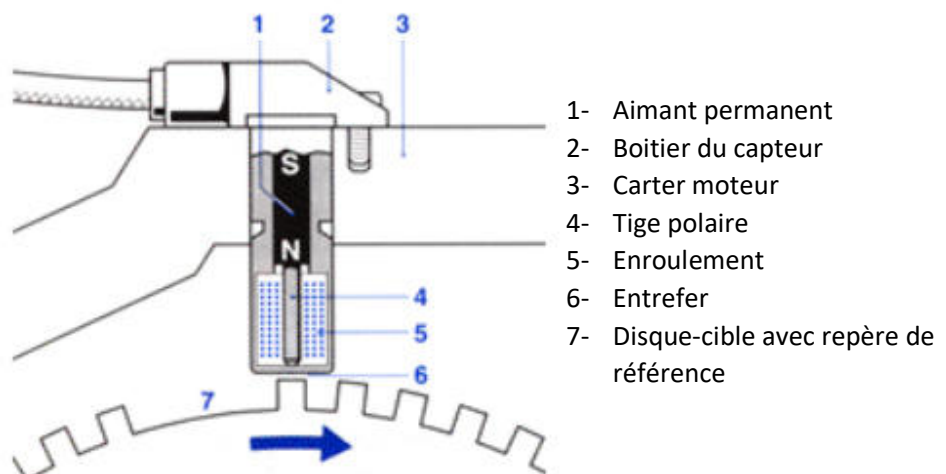
## Chapitre 6 : COMPARAISON ENTRE LES CAPTEURS EFFET HALL ET INDUCTIF

couronne par l'absence de deux dents. Par l'effet d'induction, l'apparition de dents et de trous face à l'aimant produit dans le bobinage du capteur une tension alternative sinusoïdale. Lorsque le point de PHM de la cible passe devant l'aimant, le signal crée une vague particulière.

Les avantages de ce type de capteur sont qu'il est peu coûteux, et ne nécessite pas d'alimentation.

Les inconvénients sont la présence de parasites importants sur le signal et le manque de précision à faible vitesse, puisque l'amplitude de tension augmente avec le régime. Malgré tout, il convient encore parfaitement pour délivrer le signal PMH, puisqu'un moteur démarré ne tourne jamais au-dessous de 500 tr/min, et que les parasites n'empêchent pas la détection des pics.

Le capteur PMH dispose de deux fils véhiculant le signal, parfois trois lorsqu'il est équipé d'une ligne antiparasite.



# Chapitre 7

## **LECTURE ET ANALYSE DES SIGNAUX DU CAPTEUR PMH EN UTILISANT L'OSCILLOSCOPE**

**ANALYSE DES SIGNAUX D'UN CAS REAL :**

La partie expérimentale de ce projet a été faite dans le nouvelatelier GENERAL MECHATRONICS à Lebchache, Biskra, on a étudié le signal du capteur de régime moteur (PMH) avec différents signaux qui ont une relation directe avec lui, on a utilisé un oscilloscope de marque Hantek PP200B avec un rapport d'atténuation 1X & 10X et une fréquence de 200MHz et un temps de réponse de 1.75ns.

Les signaux sont pris sur deux types de moteur :

Le premier c'est un moteur 2 litre CRDI de voiture Kia Carens

Le deuxième c'est un moteur 1,6 litre HDI d'un véhicule Berlingo

On a essayé de résoudre un problème technique sur la Berlingo, d'après le client, son problème est relié à la consommation abusive du carburant avec une fumée noire après la modification du fichier source du calculateur moteur pour but de la suppression de quelques systèmes (suppression du catalyseur, filtre à particules et la vanne de recyclage des gaz d'échappement)

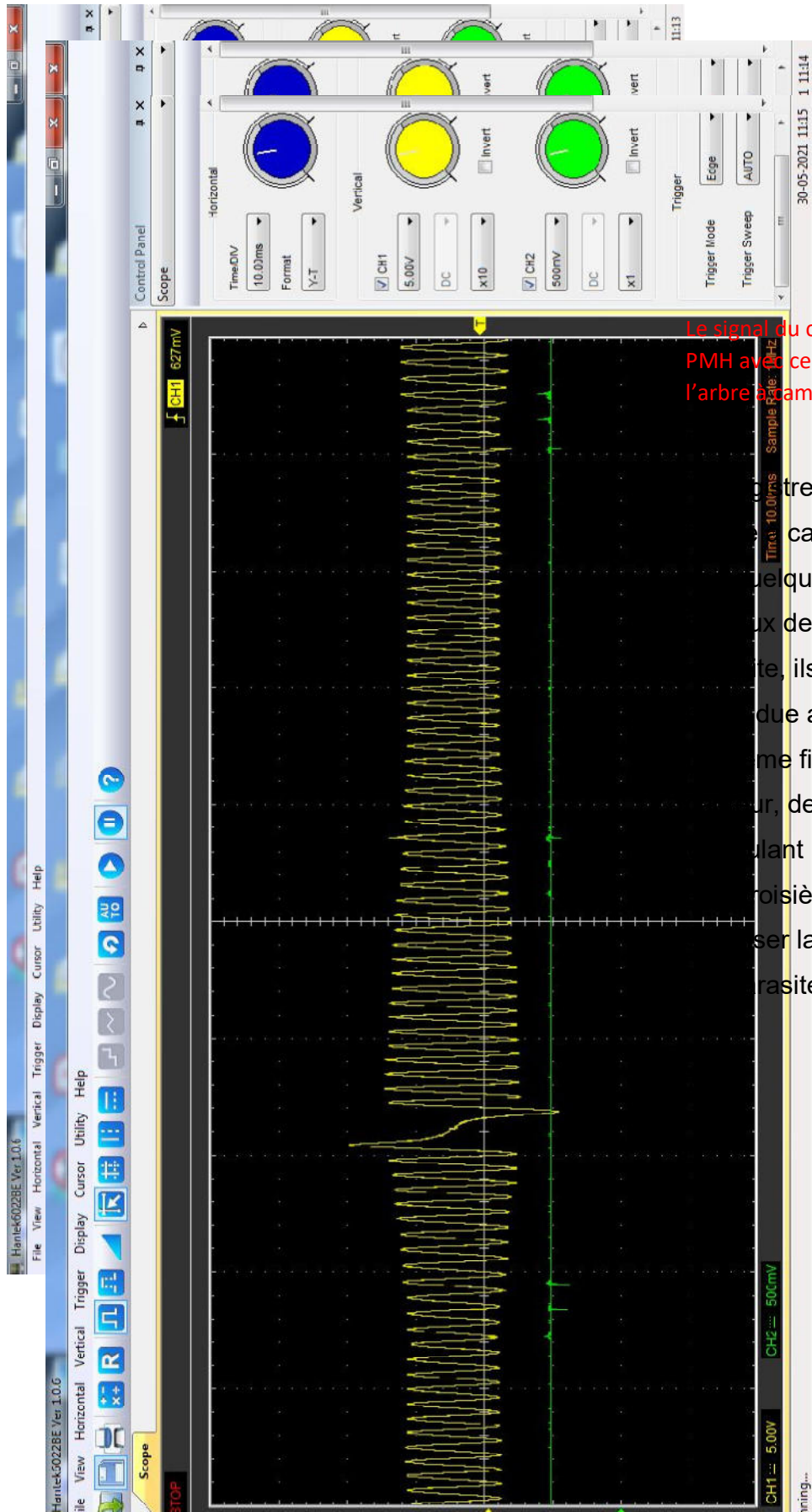
D'après le client aussi, il a fait quelques vérifications dans d'autres ateliers et il a fourni une somme d'argent très importante sans résoudre son problème, il a changé étape par étape, les injecteurs diesel, le régulateur de pression du carburant plus son temps perdu et les frais de maintenance qui sont excessivement chers.

En ce qui suit on prend les signaux de la voiture KIA Carens comme référence tend qu'elle n'a aucune anomalie on traite les signaux de la voiture Berlingo pour détecter le problème.

## Chapitre 7 : LECTURE ET ANALYSE DES SIGNAUX DU CAPTEUR PMH EN UTILISANT L'OSCILLOSCOPE

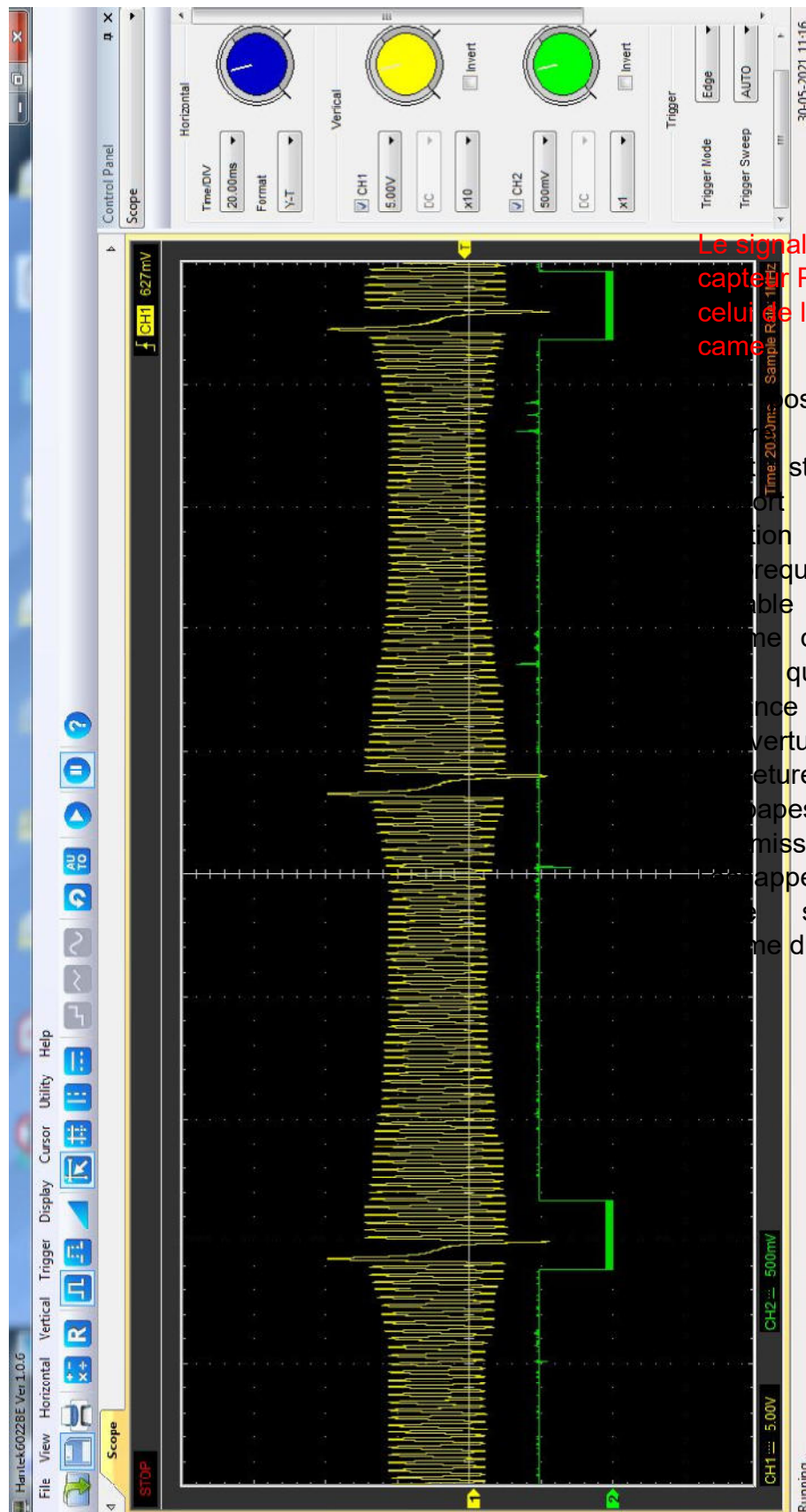
Les signaux de la Kia Carens sont comme suit :

Remarque : toute les analyses des signaux est basée sur la référence du fabricant sur l'application de diagnostic GDS



du  
MH avec  
Le signal du capteur  
à l'arbre à  
PMH avec celui de  
l'arbre à  
à l'arbre à  
ve que le  
g tremer de  
à mes  
à 60  
de ques  
is 2  
ux desés.  
ue fait  
ite, ils s'ont N°  
nt  
du à l'au  
r 6  
me fin de  
ur, de on, les  
ulant le signal  
on  
roisièmes pour  
dans cet  
ser la ligne  
ment  
parasite par  
rture  
amé  
n se  
ec une  
ance par  
ouverture  
s et la  
ape  
on quand  
ment se  
ie trouve  
rd par 6  
la fin  
ement 50

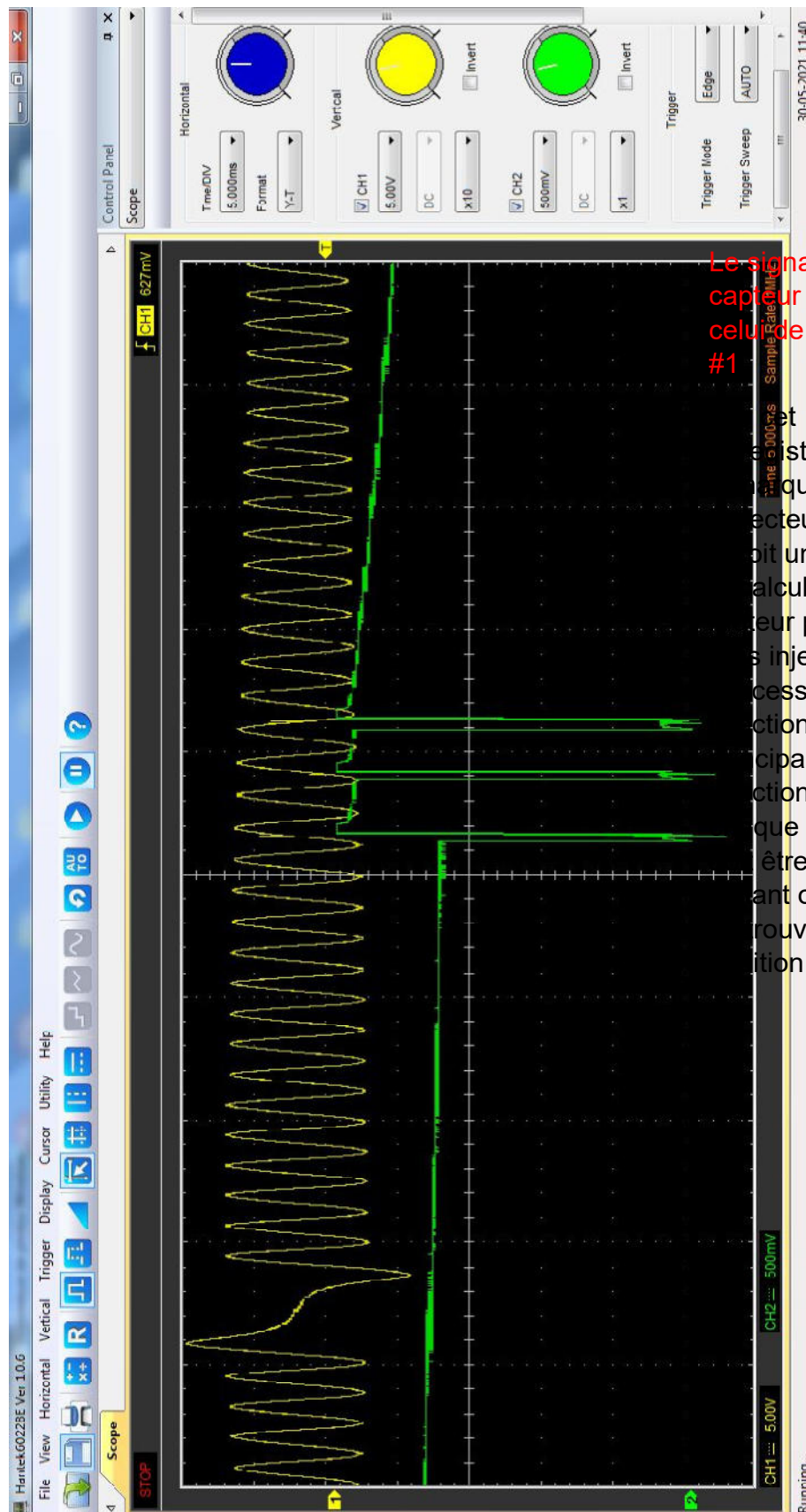
Chapitre 7 : LECTURE ET ANALYSE DES SIGNAUX DU CAPTEUR PMH EN UTILISANT L'OSCILLOSCOPE



Le signal du capteur PMH avec celui de l'arbre à came

position de à came stable par rapport à la position du requin, elle est stable suivant le régime du moteur que fais l'ouverture ou de fermeture des vannes admission et de l'appagement selon le régime du moteur.

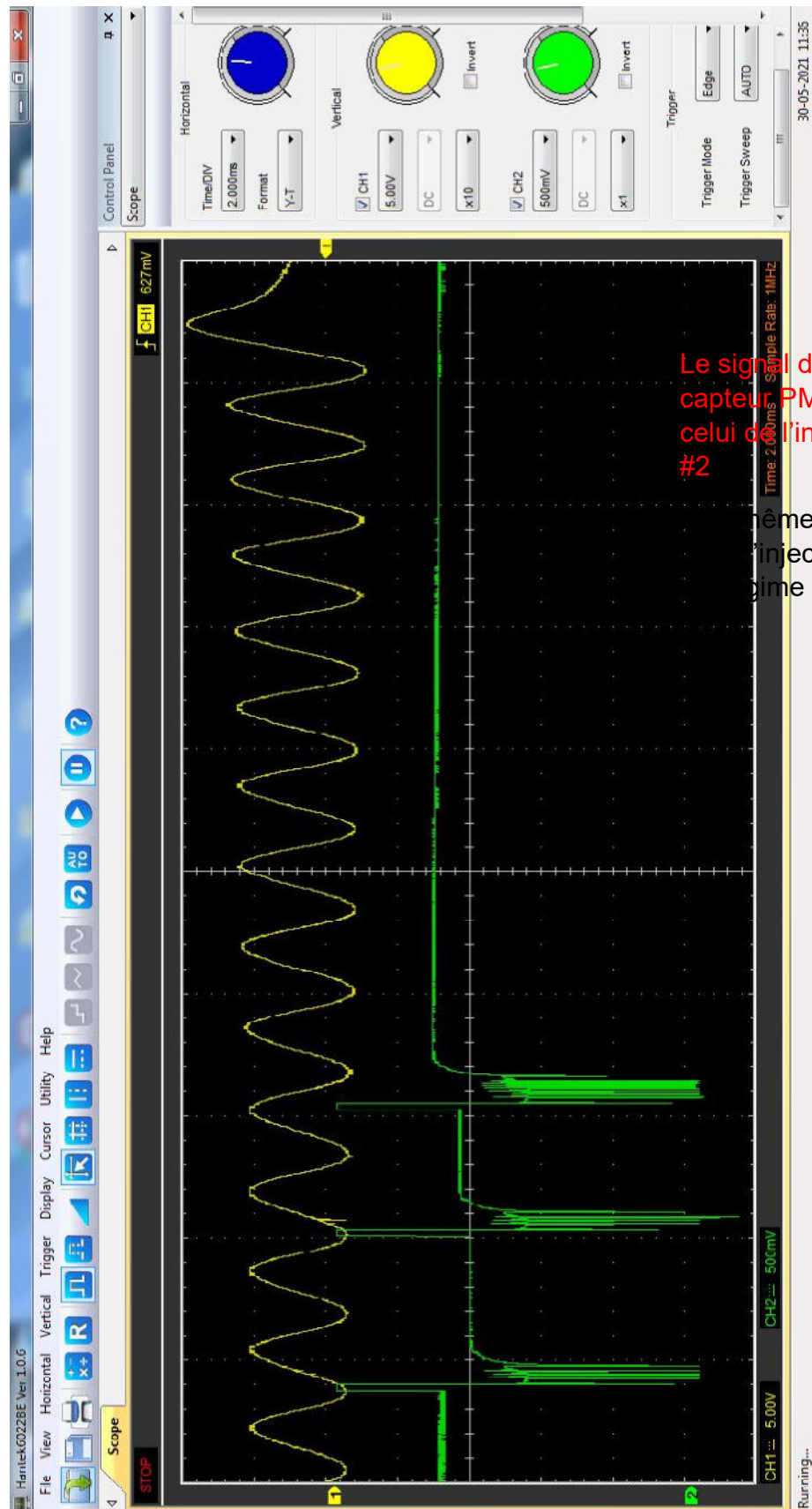
Chapitre 7 : LECTURE ET ANALYSE DES SIGNAUX DU CAPTEUR PMH EN UTILISANT L'OSCILLOSCOPE



Le signal du capteur PMH avec celui de l'injecteur #1

et  
 le pistement, on  
 que que  
 l'injecteur N° 1  
 doit un signal par  
 le calculateur  
 l'injecteur pour faire  
 les injections  
 successives (pré  
 injection, injection  
 principale et poste  
 injection) et  
 que l'injection  
 doit être à un  
 moment où le piston  
 se trouve dans une  
 position bien précis

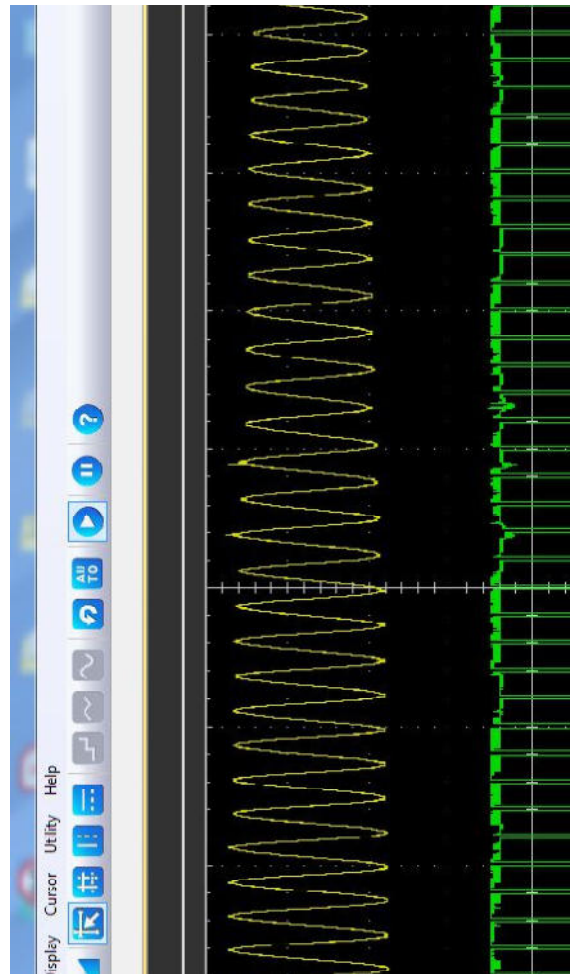
## Chapitre 7 : LECTURE ET ANALYSE DES SIGNAUX DU CAPTEUR PMH EN UTILISANT L'OSCILLOSCOPE



Le signal du capteur PMH avec celui de l'injecteur #2

la même chose pour l'injecteur N° 2 en régime de 3000

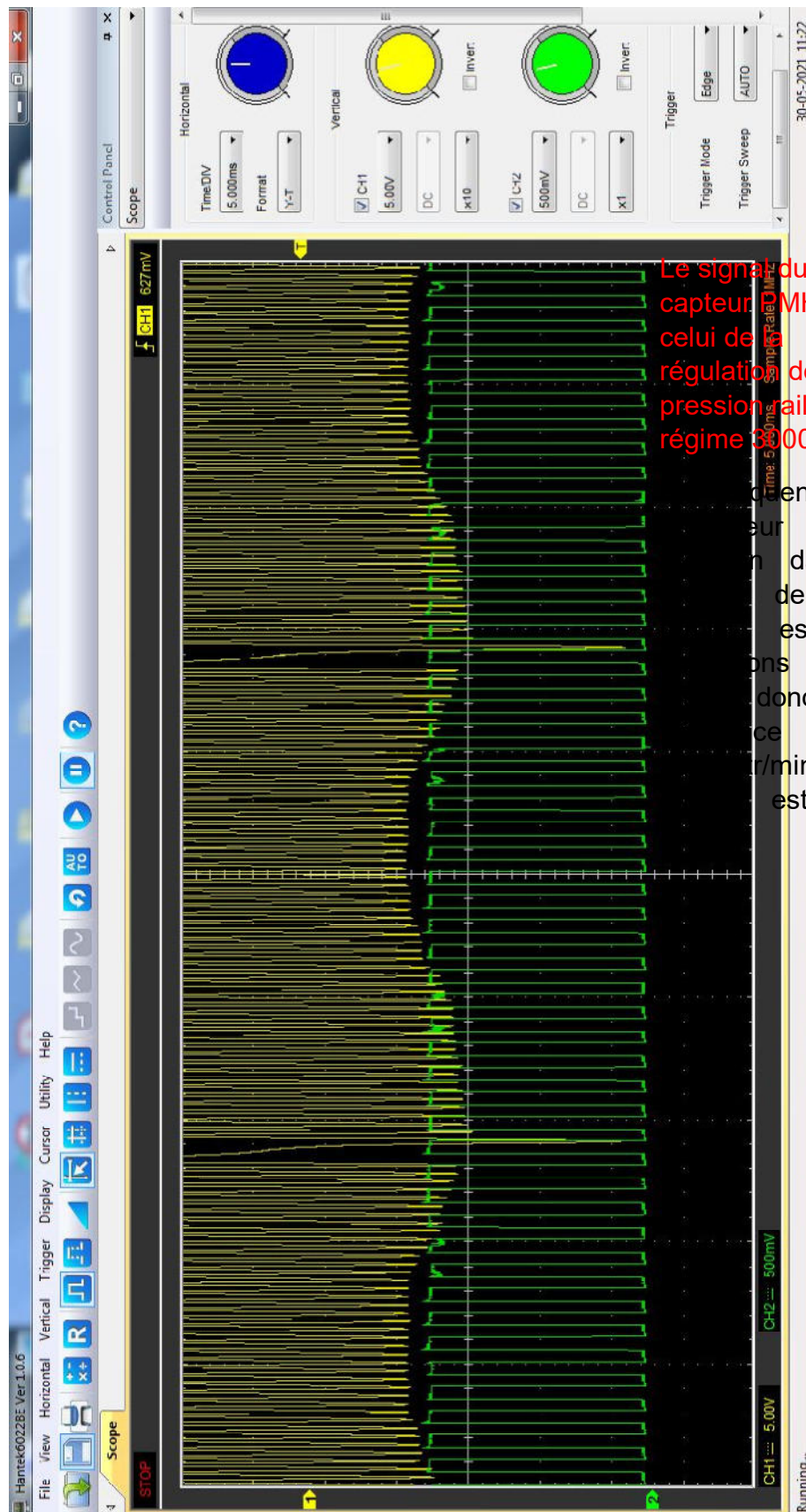




Le signal du capteur PMH avec celui de la régulation de pression rail re ralentie

Le signal de régulation de pression de carburant aussi a une relation directe avec le régime du moteur, on remarque que dans l'instant de l'injection de l'injecteur N° 1, le régulateur de pression essaie de maintenir la pression, sa fréquence généralement est de 14000 Hz, en ralentie (cet enregistrement) est 49 impulsions dans un délai de 5 ms, donc sa fréquence en ralentie est 9800 Hz (> 14000 → normal)

Chapitre 7 : LECTURE ET ANALYSE DES SIGNAUX DU CAPTEUR PMH EN UTILISANT L'OSCILLOSCOPE



Le signal du capteur PMH avec celui de la régulation de pression rail re au régime 3000 tr/min

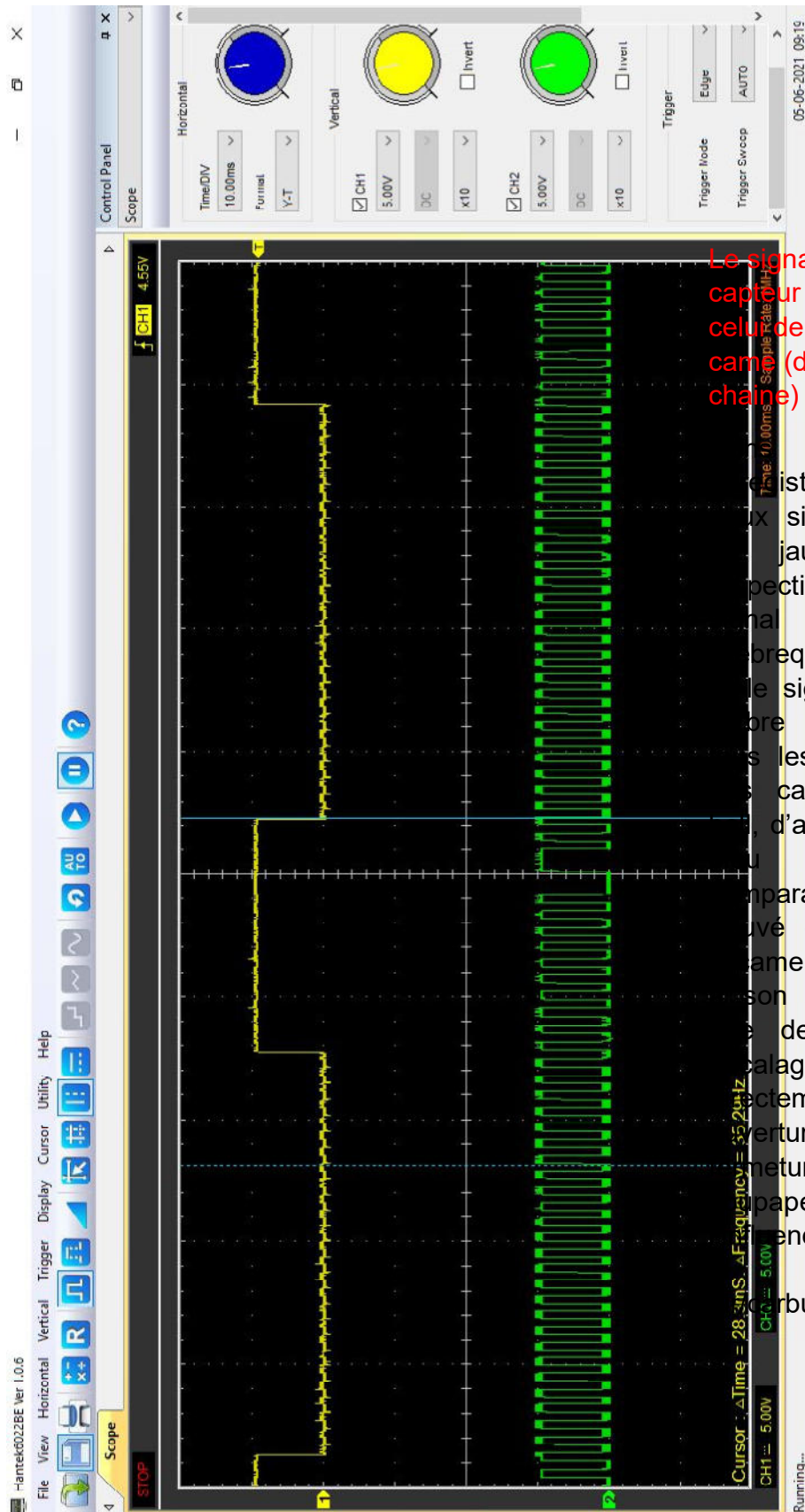
La fréquence du signal du capteur de position dans le régime de 3000 tr/min est de 50 Hz. Il y a donc 50 impulsions par 500 ns, donc sa fréquence est de 1000 Hz.

## Chapitre 7 : LECTURE ET ANALYSE DES SIGNAUX DU CAPTEUR PMH EN UTILISANT L'OSCILLOSCOPE

Les signaux de la voiture Berlingo sont comme suit :

Remarque : *toute les analyses des signaux est basée sur la référence du fabricant sur l'application de diagnostic DIAG BOX*

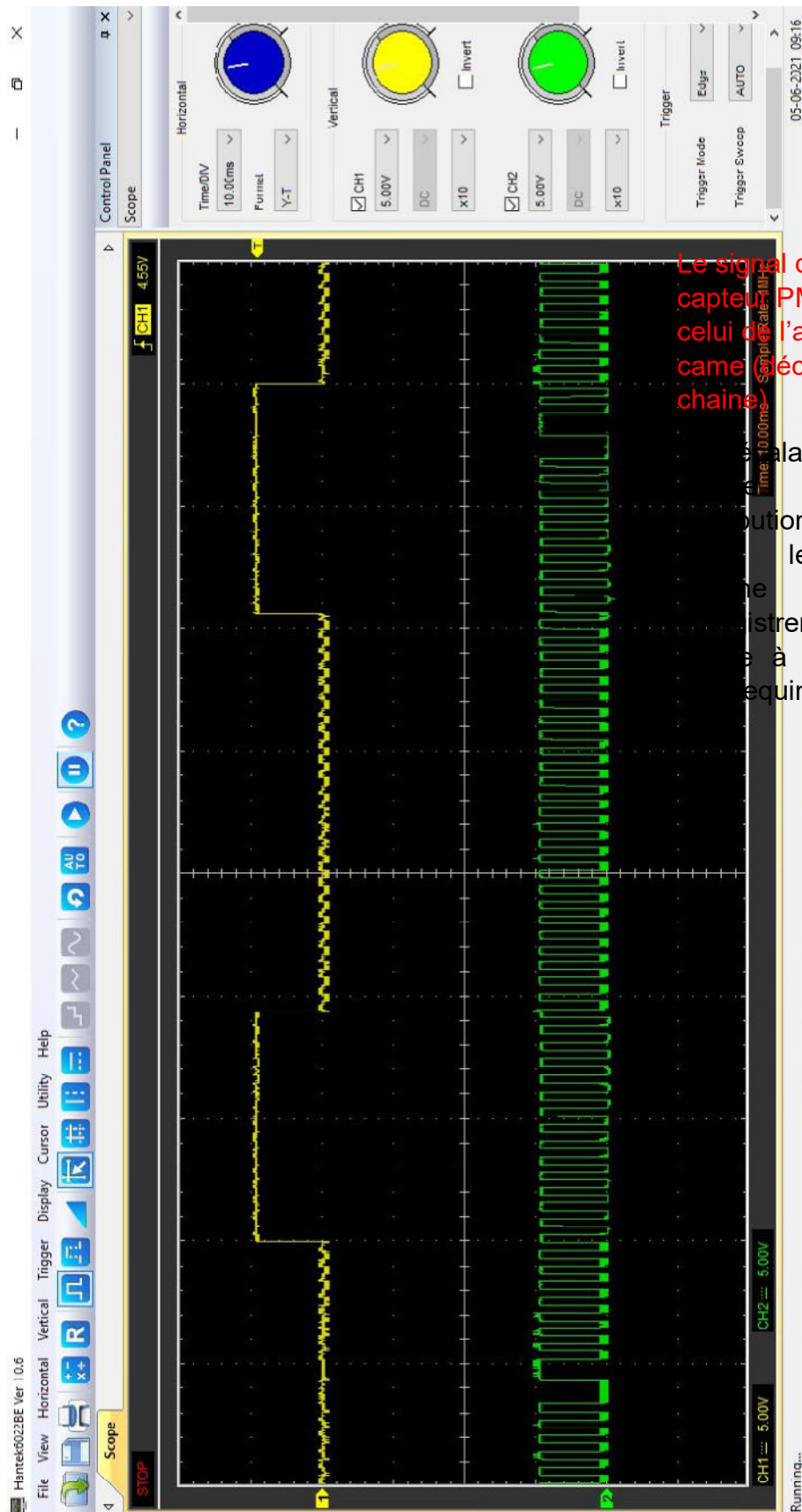
Chapitre 7 : LECTURE ET ANALYSE DES SIGNAUX DU CAPTEUR PMH EN UTILISANT L'OSCILLOSCOPE



Le signal du capteur PMH avec celui de l'arbre à came (décalage chaîne)

cet enregistrement, les deux signaux vert et jaune sont respectivement le signal du capteur PMH et le signal de l'arbre à came, les deux ont été captés en même temps, d'après la ligne de comparaison, on a remarqué que l'arbre à came est décalé par rapport au dent, et ce décalage influence directement sur les performances et la durée de vie des soupapes, donc l'ajustement est sur le mélange carburant

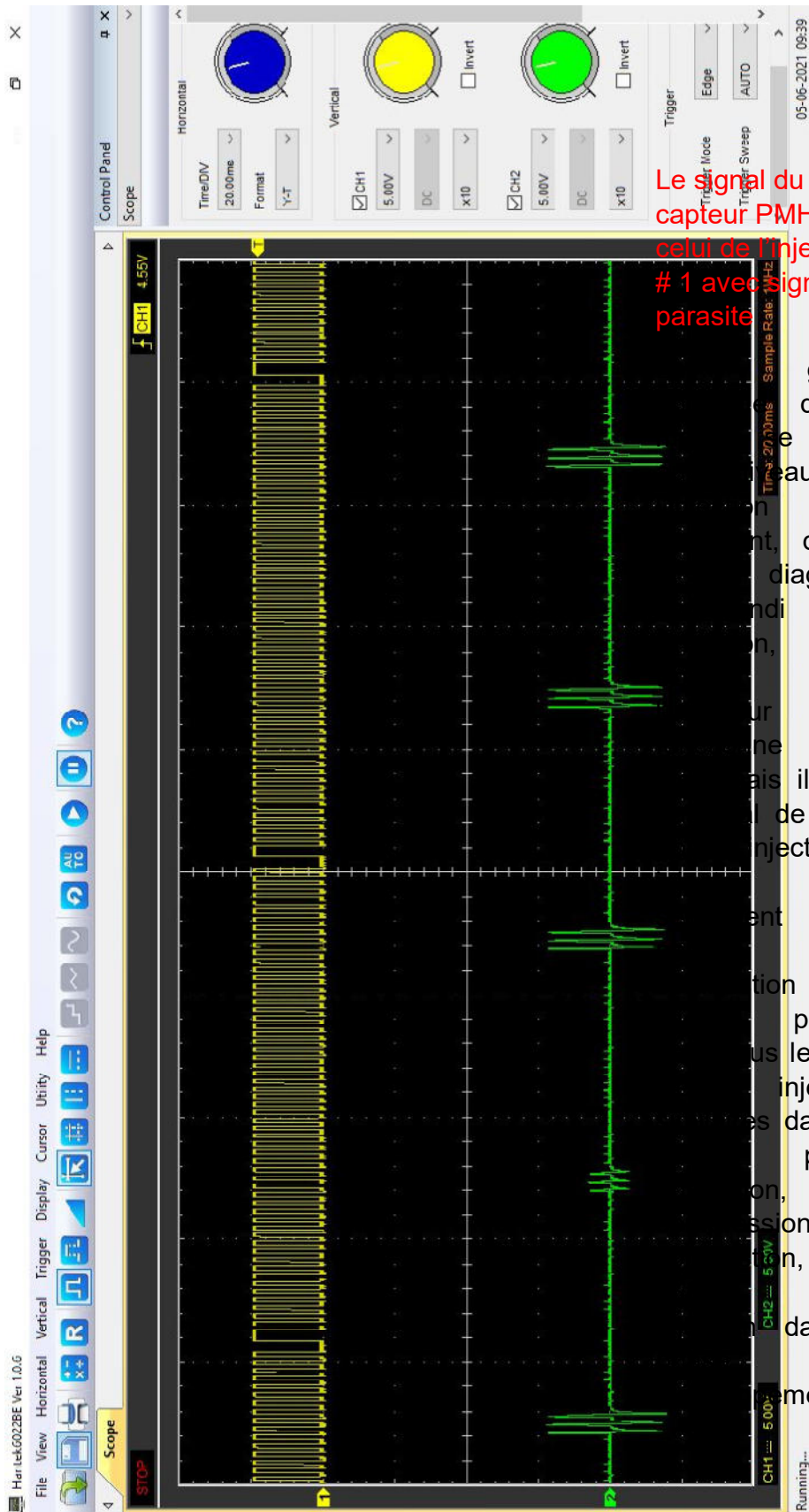
Chapitre 7 : LECTURE ET ANALYSE DES SIGNAUX DU CAPTEUR PMH EN UTILISANT L'OSCILLOSCOPE



Le signal du capteur PMH avec celui de l'arbre à came (décalage chaîne)

Le décalage de la chaîne de distribution est clair sur le côté gauche de cet histogramme de mesure de la chaîne à came et de l'arbre à came.

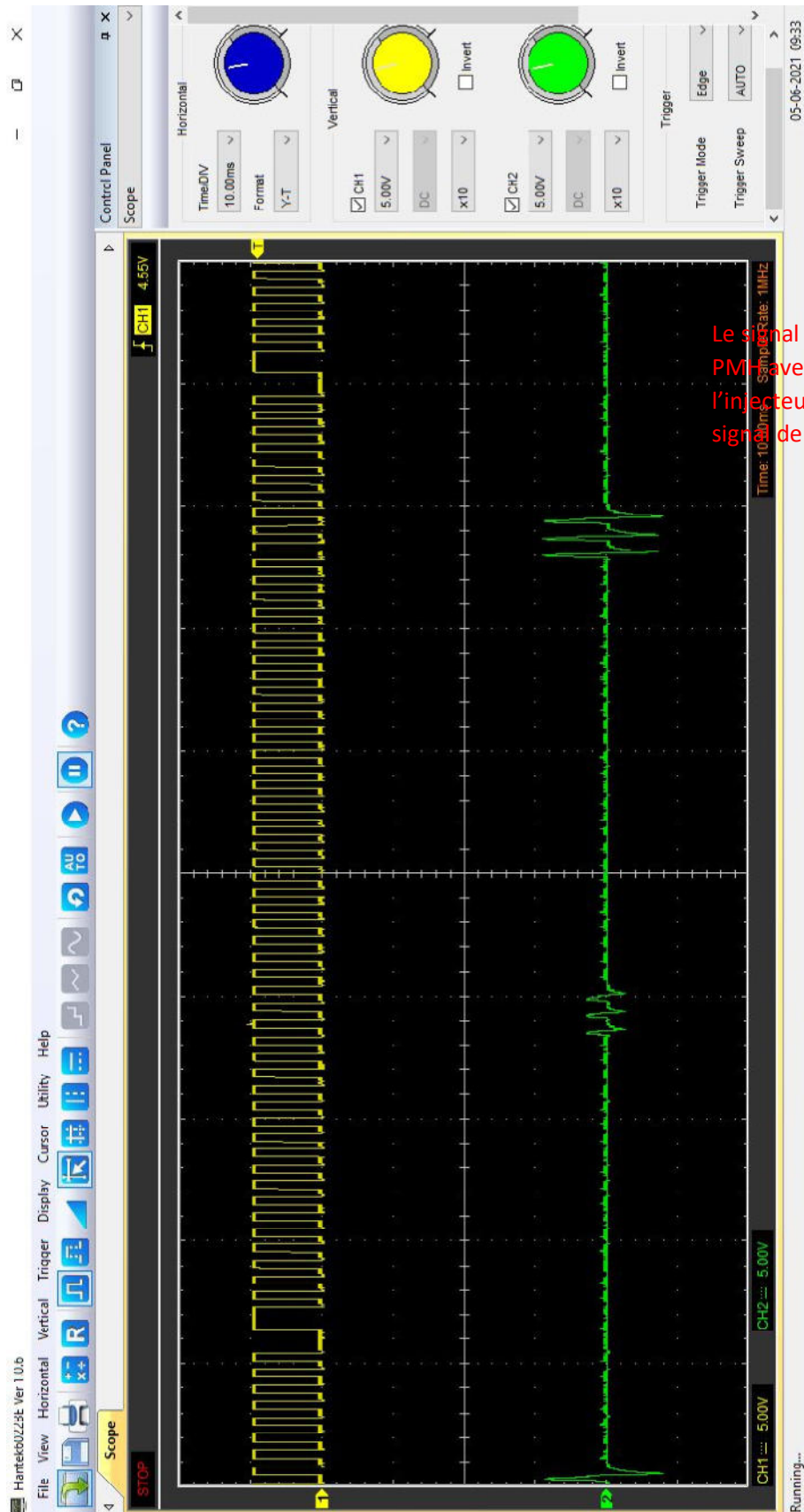
Chapitre 7 : LECTURE ET ANALYSE DES SIGNAUX DU CAPTEUR PMH EN UTILISANT L'OSCILLOSCOPE



Le signal du capteur PMH avec celui de l'injecteur # 1 avec signal de parasite

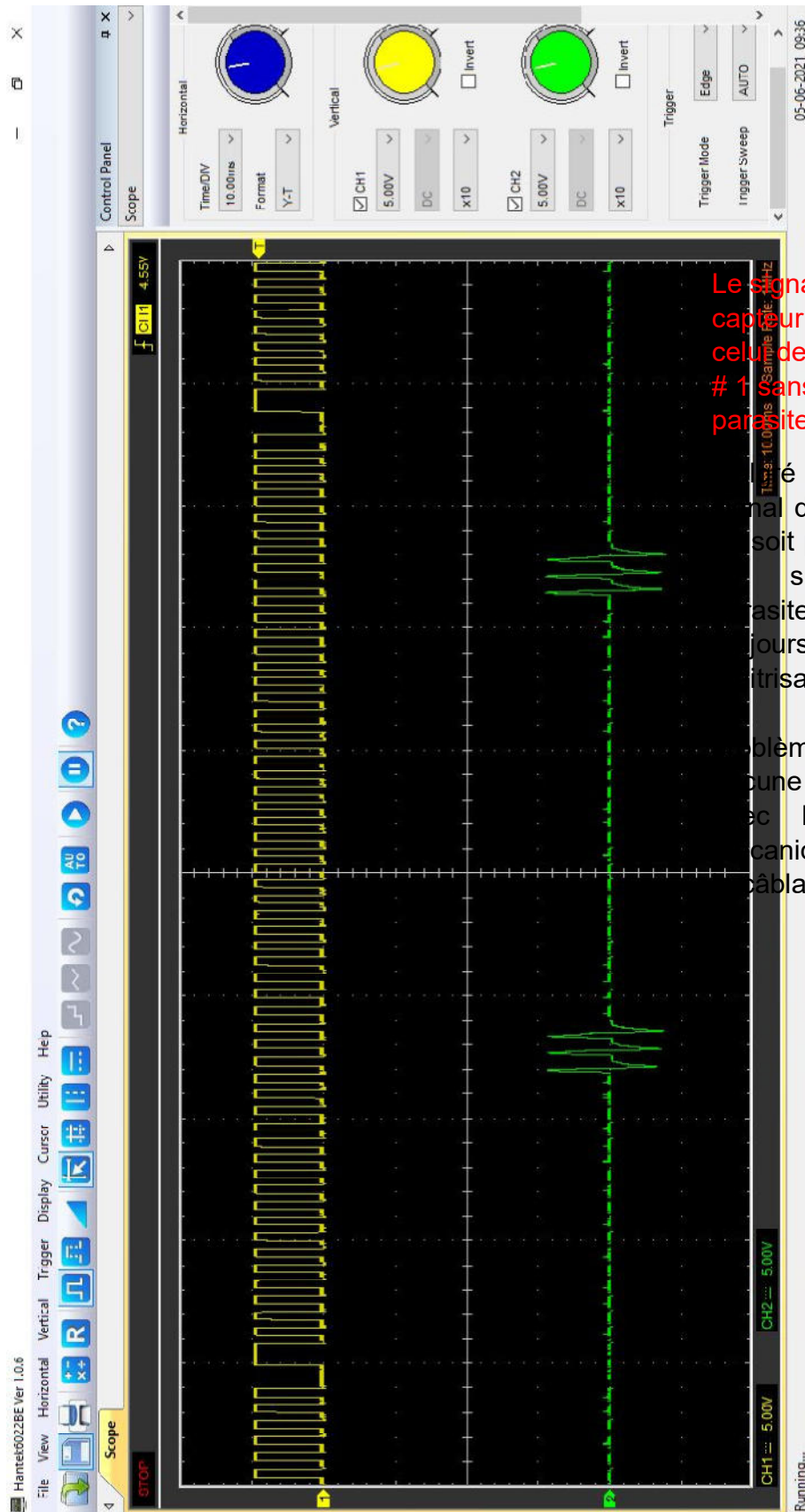
grande de ce e trouve eau de on du nt, d'après diagnostic sur on, on a que ur N° 1 ne très ais il reçoit de signal injecter, il non ent à la de tion mais il presque us le cycle. injections es dans les phases on, sion et on, et une faible dans la ement.

# Chapitre 7 : LECTURE ET ANALYSE DES SIGNAUX DU CAPTEUR PMH EN UTILISANT L'OSCILLOSCOPE



Le signal du capteur PMH avec celui de l'injecteur # 1 avec signal de parasite

Chapitre 7 : LECTURE ET ANALYSE DES SIGNAUX DU CAPTEUR PMH EN UTILISANT L'OSCILLOSCOPE



Le signal du capteur PMH avec celui de l'injecteur # 1 sans signal de parasite

é que le signal de l'injection soit pas correct, le signal du parasite est toujours visible ce que signifie que le problème n'a aucune relation avec les pièces mécaniques ou bien le câblage



# CONCLUSION

## CONCLUSION

### **CONCLUSION :**

Après une analyse très approfondie sur les deux moteurs diesel à combustion interne (le 2.0 litre CRDI de la Kia Carens et le 1.6 litre HDI de la Citroën Berlingo) on a conclu que le capteur du régime moteur (ou le capteur PMH) a un rôle très important dans le diagnostic d'automobile quel que soit son type, inductif ou à effet hall, surtout dans un problème vicieux, dans notre cas où la consommation de carburant a été abusive, malgré que tous les injecteurs ont été testés sur un banc d'essai et ils nous ont donné un bon résultat ainsi que la pompe d'injection à haute pression nous a donné la pression nécessaire demandée du gasoil par rapport à plusieurs régimes.

Avec le logiciel de diagnostic de la Citroën Berlingo DIAG BOX, il ne nous a donné rien excepté qu'on a une mauvaise combustion et on était obligé d'utiliser un oscilloscope pour trouver le problème et minimiser les dépenses du client.

Après l'utilisation de l'oscilloscope on a confirmé que le problème est lié au fichier du calculateur moteur qui a été modifié après la suppression du système d'antipollution, et non lié à aucune pièce mécanique ou capteur, toutes les dépenses qui ont été fournies par le client sont considérées comme argent perdu.

Dans le domaine d'automobile avec la nouvelle technologie, le diagnostic doit être fait sur des bases scientifiques suivant les consignes du fabricant et ses procédures.

Dans n'importe quel type de maintenance ou réparation des systèmes mécaniques, pour satisfaire les clients il faut maîtriser la philosophie du système et l'utilisation des outils disponibles pour avoir un bon résultat.