



DE LA MESURE DE PARAMÈTRES AU DIAGNOSTIC MÉCANIQUE

Mr Schaeffer

Professeur au Lycée CFA Émile Mathis de Schiltigheim
– Académie de Strasbourg

Mr Makoudi

Inspecteur de l'Éducation Nationale – Enseignement Technique
– Sciences et Techniques Industrielles – Académie de Strasbourg

Comment un relevé de données à l'oscilloscope peut-il aider à rendre plus efficace une opération de diagnostic sur système mécanique ?

Une étude qui illustre la dynamique du partenariat
Chauvin Arnoux – Académie de Strasbourg

Avant-propos :

Cet article prend appui sur le travail de partenariat Éducation Nationale – Chauvin Arnoux mené depuis 2014 par un groupe d'enseignants et d'inspecteurs de l'académie de Strasbourg et intervenant dans les disciplines de sciences et techniques industrielles STI et de mathématiques sciences physiques chimiques dans le cadre de la rénovation des diplômes de la filière maintenance des véhicules : cela pour aider à la mise en place et au développement des EGLS dans ces filières de formation. (EGLS : Enseignements Généraux Liés à la Spécialité).

Cette publication fait suite à l'article intitulé : « Comment aborder le mesurage (Mesures & Contrôles) dans les enseignements de la filière Maintenance des Véhicules ? » publié dans la revue « Les cahiers de l'instrumentation n° 14 de Novembre 2014 ». Son contenu vient corroborer l'état d'esprit qui anime le groupe de travail, piloté par Arnaud MAKOUDI et Laurent Michel, respectivement IEN ET STI et IEN EG MPSC dont les travaux de recherche en didactique aboutissent aujourd'hui à la mise en place dans les établissements de l'académie de Strasbourg préparant aux métiers de la maintenance des véhicules et des matériels, de scénarios pédagogiques « co conçus » et « co animés » par des enseignants de pratique professionnelle (maintenance), d'AFS et de Mathématiques sciences physiques et chimiques autour de thématiques qui mettent en évidence l'intérêt de la mesure et de l'exploitation des données dans la réalisation de diagnostics fiables. (AFS : Analyse Fonctionnelle et Structurelle).

Le contenu de cet article est le fruit de la réflexion menée, par Arnaud SCHAEFFER et Florent FOLLET, tous deux enseignants de maintenance des véhicules au CFA Emile Mathis de Schiltigheim (Académie de Strasbourg), sur proposition d'Arnaud MAKOUDI, Inspecteur de l'Éducation nationale et en collaboration avec Laurent GAGNARD, Ingénieur technico-commercial, Chauvin-Arnoux.

L'**objectif principal** de ce travail collaboratif est de démontrer que la démarche de diagnostic préconisée par le constructeur peut, dans certains cas avoir des limites et se retrouver en complémentarité par rapport à la démarche à proprement réalisée, en atelier de maintenance. L'outil de diagnostic multimarques ne permet pas d'assurer le test fonctionnel de certains éléments qui assurent la gestion moteur. Le recours à la mesure traditionnelle à l'oscilloscope permet de mieux interpréter à travers le relevé de signaux le comportement de certaines fonctions.

Les **objectifs pédagogiques** visés sont en adéquation avec le référentiel du BAC PRO et du BTS maintenance des véhicules : réaliser des mesures, émettre des hypothèses, déterminer l'origine du dysfonctionnement.

De ce fait, cette étude pourrait être traitée sous forme de séance de travaux pratiques soit avec des étudiants de BTS maintenance des véhicules ou plus particulièrement avec des élèves de BAC PRO maintenance des véhicules dans le cadre d'activité de projet à visée préparatoire pour faciliter la transition BAC PRO - BTS.

Le dysfonctionnement qui pourrait être constaté sur un déphaseur d'arbre à came (élément mécanique) offrirait une excellente illustration de ce thème dans le cadre de l'épreuve E32 du Bac Professionnel : communication technique et diagnostic sur système mécanique.

Pour les élèves de BAC PRO, ce travail serait guidé en indiquant les étapes à réaliser. L'étudiant de BTS irait plus loin dans l'investigation en faisant preuve de plus d'autonomie notamment dans la mise en œuvre de la trame proposée.

Mise en situation

Un véhicule est mis à disposition, le client se plaint de l'allumage permanent d'un voyant indiquant « défaut moteur » et d'un manque de performances associé à un ralenti instable.

Identification du véhicule

Véhicule de marque Peugeot 308 1.6 l 16v, moteur 5FW, EP6, BOSCH MEV17.4
(5FW : dénomination Peugeot/Citroën du moteur 1.6 litres 4 cylindres),

L'étude reprendra une partie de la trame proposée en annexe, U62, Projet de Mesure et d'analyse.
Dans le projet réel, il sera demandé aux étudiants de contrôler le calage de la distribution.

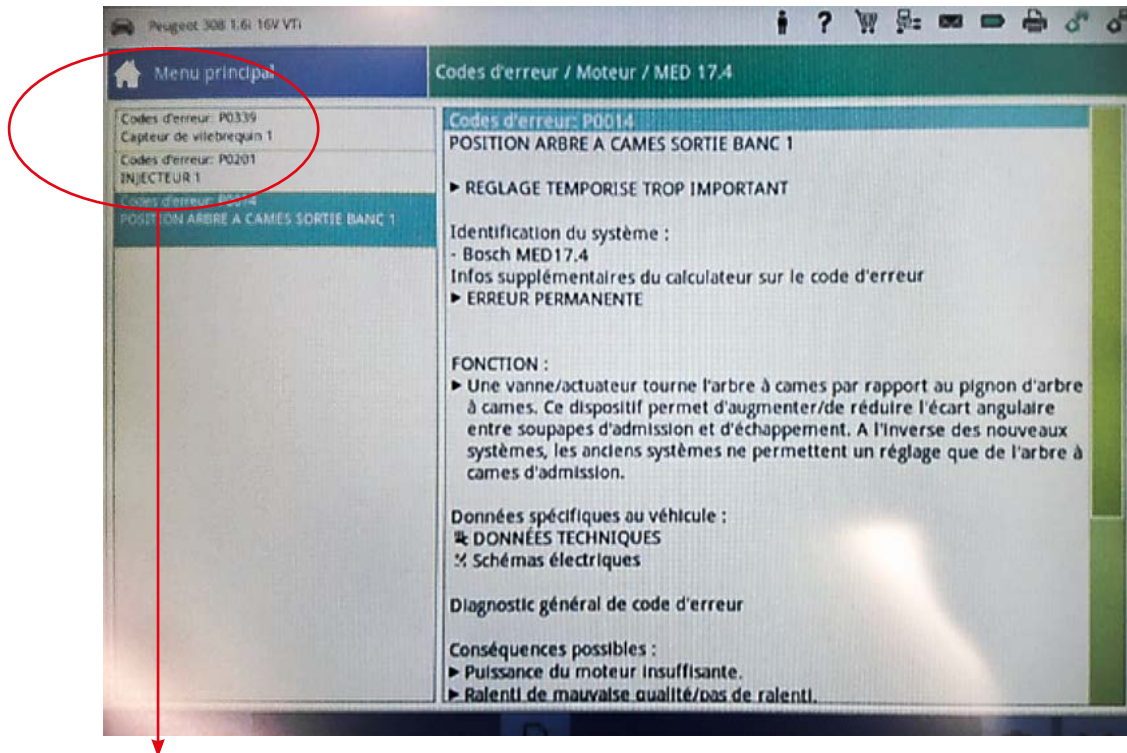




Analyse du dysfonctionnement

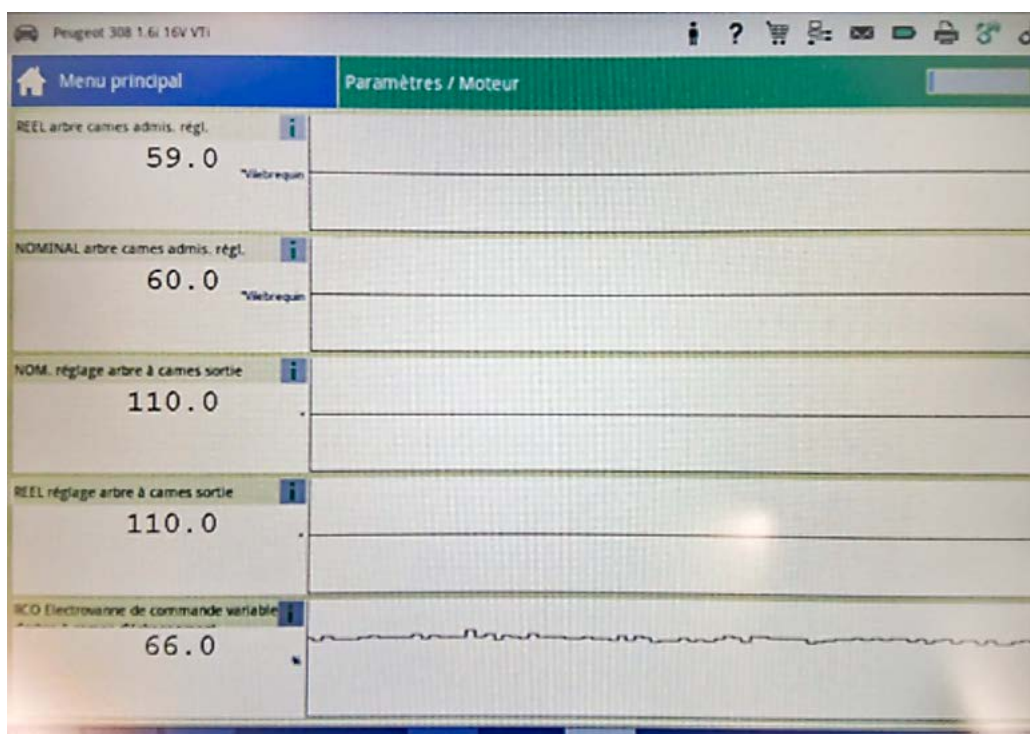
La 1^{ère} étape consiste à réaliser un essai sur route du véhicule pour confirmer le ressenti du client qui a conduit à l'ouverture de l'ordre de réparation.

La 2^{ème} étape consiste à effectuer une lecture des codes défauts avec un appareil multimarque, Gutmann Mega mac 66. Ci-dessous, une copie de l'écran de l'appareil :



On constate l'apparition de plusieurs défauts, caractéristiques de la panne rencontrée. On note l'apparition du défaut « injecteur 1 », mais le véhicule fonctionne sur l'intégralité des cylindres.

La 3^{ème} étape porte sur la lecture des paramètres de la gestion moteur.



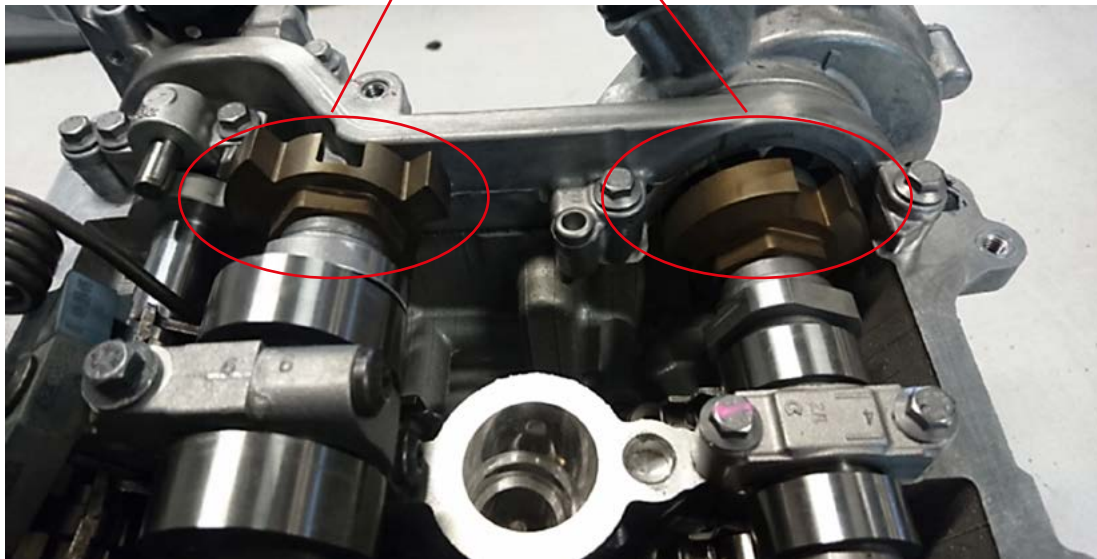
La visualisation des paramètres mis en cause à travers la lecture des défauts, ne permet pas d'identifier clairement les défauts, la consigne de calage des arbres à cames correspond à la position réelle.



Analyse du fonctionnement du système de distribution variable

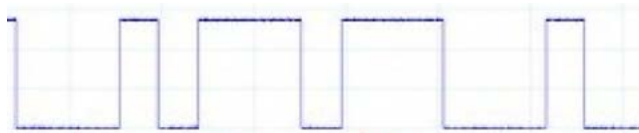
Le moteur utilisé dans le véhicule est constitué de deux arbres à cames possédant chacun une cible associée à un capteur à effet hall, un déphaseur variable par arbre à cames et un capteur de régime moteur utilisant la même technologie que celles des capteurs d'arbre à cames.

On aperçoit à gauche l'arbre à cames d'admission ainsi que sa cible et à droite celui d'échappement équipé de la même cible.

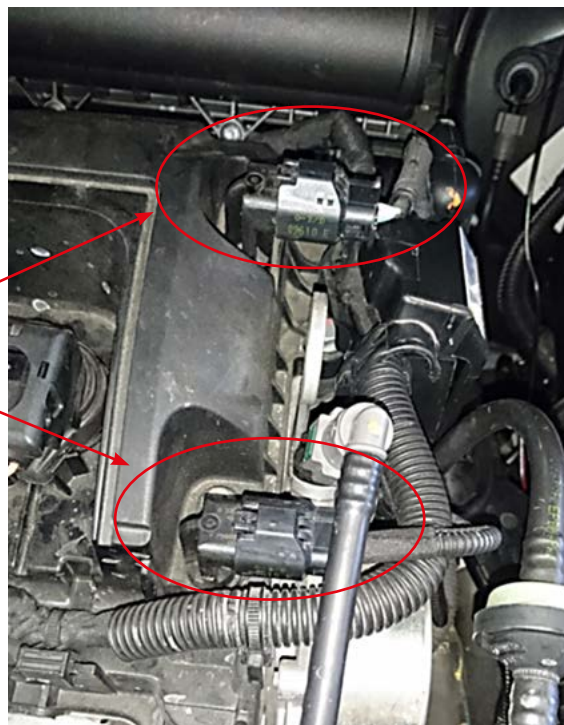


Les cibles sont constituées de 2 pôles courts et de 2 pôles longs qui permettent d'identifier la position de l'arbre à cames.

Ci-dessous le signal de référence :

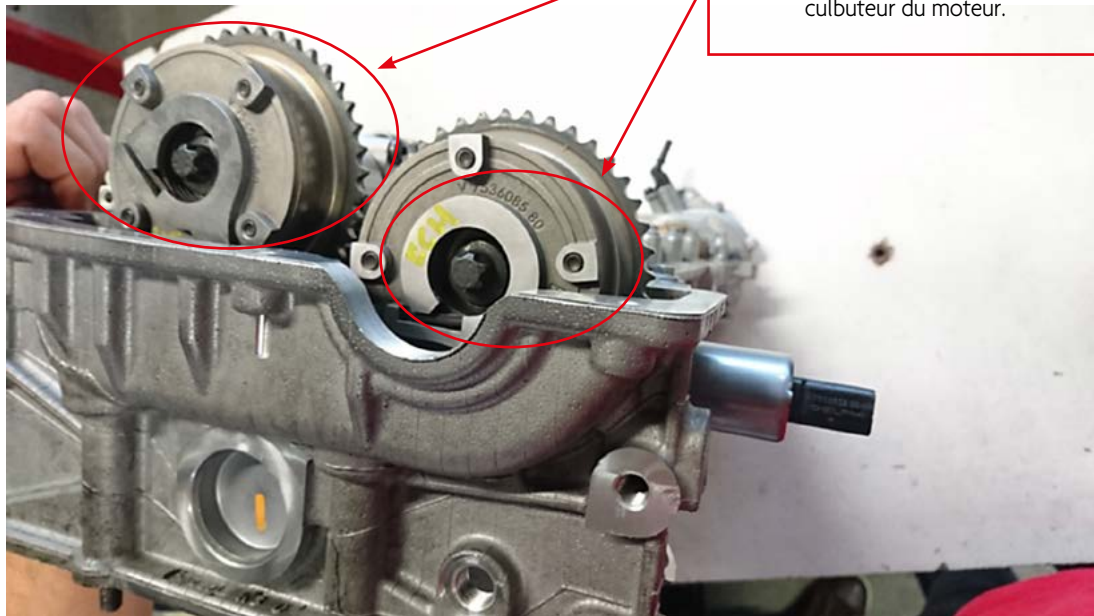
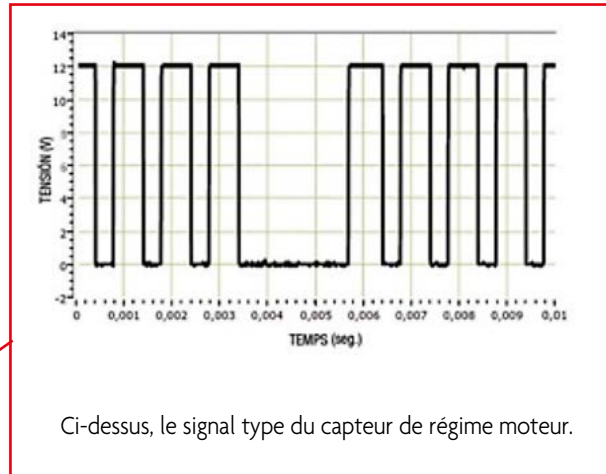
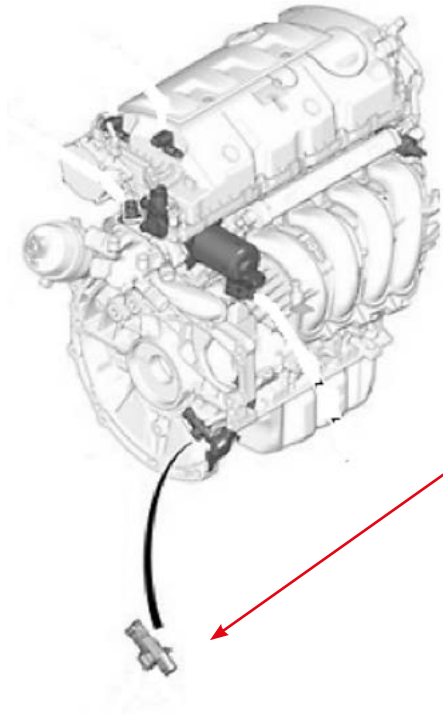


Sont visibles ici les 2 capteurs de position des arbres à cames situés sur le cache culbuteur du moteur.





Ci-dessous, le capteur de régime moteur, en face du vilebrequin, constitué d'une cible de 60 dents, dont 2 ont été retirées afin de réaliser un repère qui correspondra à une position de « Point mort haut » sur le cylindre 1 et 4, situé à 120° en amont du vilebrequin.



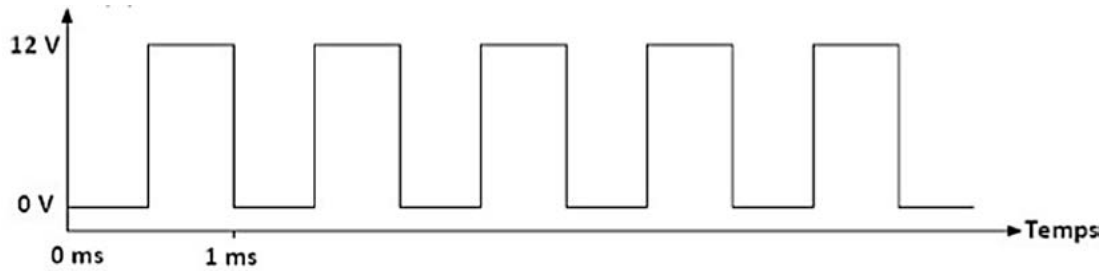
On aperçoit les 2 capteurs de position des arbres à cames situés sur le cache culbuteur du moteur.

Ci-dessus, on aperçoit les pignons de distribution équipés des déphaseurs, sur chaque côté de la culasse on retrouvera les électrovannes de pilotage.

En utilisant le circuit de lubrification, les électrovannes piloteront les déphaseurs afin d'atteindre les épures de distribution correspondant aux cartographies de remplissage. (Cartographie d'objectif de remplissage)



Signal de référence de pilotage de l'électrovanne de déphaseur (exemple pour pilotage de 50 %)



Procédure de contrôle et de diagnostic

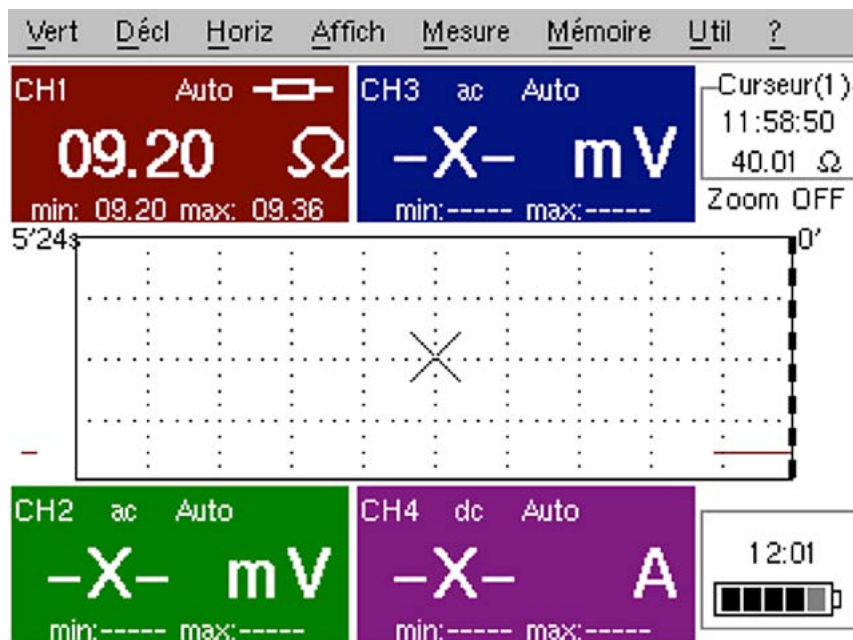
Dans un premier temps, les hypothèses seront les suivantes :

- Capteur arbre à cames défaillant
- Décalage de la distribution (moteur connu pour avoir un tendeur de chaîne peu fiable)
- Électrovanne de déphaseur défaillante
- Circuit de lubrification obstrué
- Déphaseur grippé

En l'absence de bruit suspect au démarrage ou lors de l'essai routier, on peut affirmer que le dysfonctionnement du véhicule ne provient pas d'un décalage de la distribution.

Contrôle de l'électrovanne du déphaseur

Contrôle à l'ohmmètre de la résistance (fonction ohmmètre du Scopix)



L'état électrique de l'électrovanne est conforme, malheureusement l'outil de diagnostic multimarques ne permet pas d'assurer le test-actionneur de celle-ci.

On dépose cette électrovanne (très accessible) afin d'effectuer un contrôle visuel :





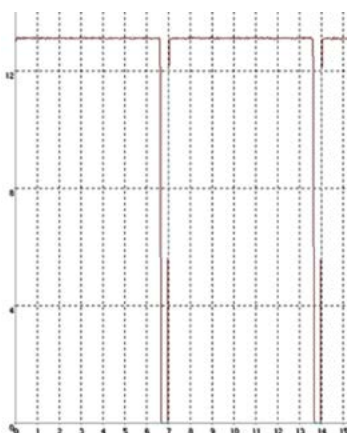
On constate qu'il n'y a pas de résidu au niveau du tamis qui empêcherait la circulation de l'huile



Contrôle du pilotage RCO de l'électrovanne

Le RCO relevé sur les bornes de l'électrovanne est conforme.

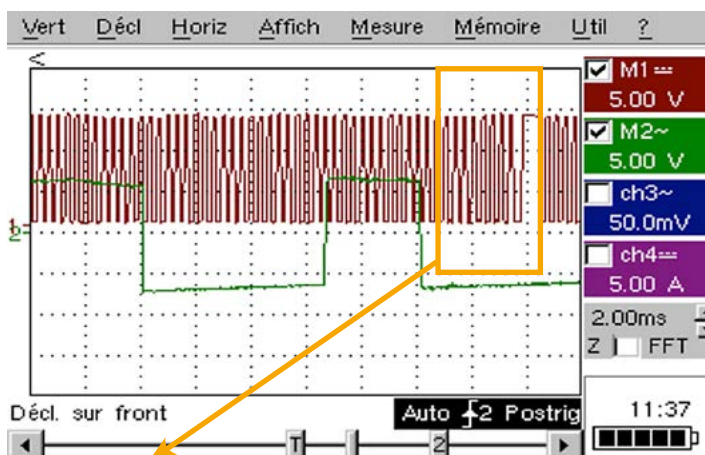
Contrôle des signaux Capteur arbre à cames et régime moteur au ralenti :



Le signal relevé est conforme, on constate un **déphasage** de 11 dents.

Le même relevé est réalisé en charge, on ne constatera pas de différence avec le relevé ci-dessus.

Relevé au Scopix, en rouge capteur régime moteur, en vert capteur arbre à cames.



Validations des hypothèses

- ⇒ Décalage de la distribution → invalidé.
- ⇒ Électrovanne de déphasage : un essai d'alimentation, électrovanne déposée a permis de vérifier son état mécanique → invalidé.
- ⇒ Circuit de lubrification : l'historique client a permis d'affirmer que le véhicule a été bien entretenu, il n'y a pas de dépôt de type calamine sur le tamis de l'électrovanne → invalidé.
- ⇒ État des capteurs d'arbres à cames et de régime moteur : les signaux sont conformes → invalidé. → Le seul élément susceptible de causer ce dysfonctionnement est le déphaseur d'arbre à cames.

Celui-ci nécessitera la dépose de la distribution pour effectuer son remplacement.

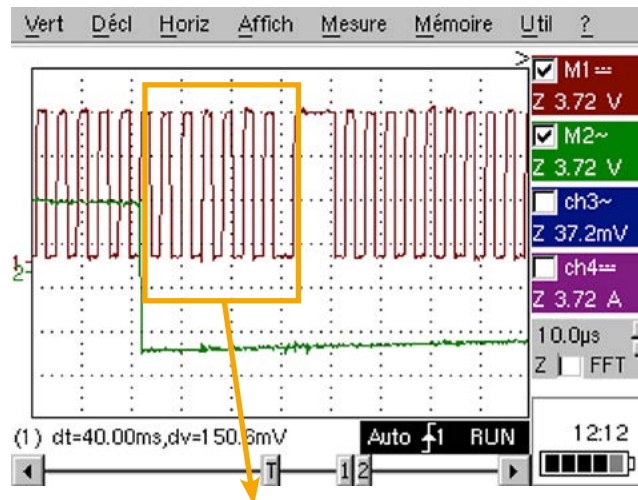


Cette décision est toujours assez difficile à prendre car le véhicule n'est plus sous garantie. L'opération est coûteuse et peu répandue sur ce type de moteur.

La proposition de réparation est validée par le client (signature du devis avec mention « bon pour accord »).

Une fois le véhicule remis en conformité (remplacement de la chaîne de distribution, du déphaseur, des différents joints d'étanchéité), un test dynamique s'impose afin de vérifier le fonctionnement du nouveau déphaseur. Les DTC (Diagnostic Trouble Code, code défaut moteur) ont été effacés avant l'essai dynamique.

On constate cette fois que lors de la **montée en régime**, l'intervalle est de 7 dents vilebrequin, le déphaseur fonctionne et modifie l'épure de distribution.



En conclusion et en synthèse du travail réalisé :

Dans le protocole de diagnostic du constructeur, un test actionneur est demandé pour réaliser le contrôle mécanique de l'électrovanne de VVT (Variable Valve Timing, distribution variable). Avec l'outil de diagnostic multimarques, ce contrôle n'a pas été possible. Le résultat du diagnostic en suivant la procédure constructeur à l'aide de l'outil de diagnostic aurait pu déboucher sur un défaut hydraulique du système (canalisation du circuit d'huile obstruée), ce qui ne correspond pas à la cause réelle de dysfonctionnement.

Le contrôle du déphasage, à travers l'observation des signaux relevés à l'oscilloscope, n'est préconisé dans aucune démarche de diagnostic-constructeur. Ce contrôle a pourtant été décisif dans la méthode de diagnostic pour repérer l'élément défectueux.

Cette étude met l'accent sur la nécessité de prendre également en considération dans une démarche de diagnostic, l'apport et l'exploitation des mesures de certains paramètres physiques avec visualisation à l'oscilloscope pour mieux comprendre le comportement d'un organe ou d'une fonction. On démontre ainsi comment des outils de mesure et l'interprétation des données de mesures participent de manière efficace à la pertinence des démarches de diagnostic sur systèmes mécaniques.

Pour aller plus loin et en partant des résultats de cette expérimentation, le travail collaboratif pourra être étendu à d'autres problématiques de diagnostic pour développer en commun des ressources et expérimentations pédagogiques visant à enrichir les pratiques pédagogiques notamment dans le cadre des activités de projets et des Enseignements Généraux Liés à la Spécialité.

Ces travaux pourraient se poursuivre dans le cadre du Groupe Recherche Formation mis en place et piloté par les inspecteurs territoriaux. Ce groupe est constitué d'enseignants (Maintenance + AFS + Mathématiques Sciences) + Ingénieurs ou techniciens de Chauvin Arnoux.

Parmi les **pistes d'exploration possibles**, on peut distinguer :

Piste 1 : Des **misés en œuvre de compétences en mathématiques et sciences physiques chimiques** pour mieux caractériser et situer certaines grandeurs physiques déployées dans le fonctionnement des véhicules automobiles. A titre d'exemples :

- **Le signal du capteur de régime moteur :** La dérivée mathématique de l'équation caractéristique de la courbe permet de déterminer une équation affine mettant en avant la capacité à déterminer le régime moteur. La fréquence du signal est porteuse d'une information image de la vitesse du moteur.
- **Pilotage de l'électrovanne de déphasage :** Déterminer le Rapport cyclique d'ouverture





Mise en situation Scopix

Piste 2 : Application orientée recherche appliquée avec test et mises en œuvre sur banc de puissance moteur

L'étude menée a montré que le déphasage des arbres à cames n'est en action que lors des phases de modifications de la charge du moteur (accélération franche). L'utilisation d'un banc de puissance freiné permettrait de faire apparaître un plus net déphasage du système, voir l'élaboration des points de cartographie moteur. Cette démarche faciliterait les apprentissages à travers la compréhension par l'expérimentation de phénomènes et de comportements difficiles à appréhender à travers un outil de diagnostic normal.

Piste 3 : Mises en œuvre en thermodynamique pour faciliter les apprentissages

En analysant la masse d'air entrante au niveau du débitmètre d'air du moteur, on pourrait avoir un regard critique sur le fonctionnement du système de distribution variable. La masse d'air entrant restant bien entendu à l'image des performances du moteur, il deviendrait ainsi aisé de définir un pourcentage de manquement aux performances du véhicule, (essais en association avec un banc de puissance moteur).

Piste 4 : Exploitation de l'étude menée en analyse fonctionnelle et structurelle

Exemples d'explorations possibles :

- Analyser le fonctionnement du circuit hydraulique de commande du déphaseur d'arbre à cames.
- Déterminer le débit d'huile pour garantir une vitesse de commande conforme.

En résumé, la démarche entreprise dans le cadre de cette étude peut encore trouver d'autres applications et exploitations pédagogiques d'ordre pluridisciplinaire. Leur mise en œuvre n'aurait de sens que si elles prennent appui sur des problématiques réelles de diagnostic qui caractérisent le cœur du métier du technicien intervenant sur les véhicules automobiles. Le travail d'équipe et l'utilisation d'outillages et équipements adaptés restent la clef de voûte de l'aboutissement de ces travaux de recherche appliquée.

Lexique

CFA : Centre de formation pour apprenti

DTC : Diagnostic trouble code, code défaut moteur

VVT : Variable Valve Timing, distribution variable

5FW : dénomination Peugeot/Citroën du moteur 1.6 litres 4 cylindres

MEV 17.4 : Calculateur moteur Bosch (version du software)

EGLS : Enseignements Généraux Liés à la Spécialité

AFS : Analyse Fonctionnelle et Structurelle