

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Batna 2- Mostefa Ben Boulaïd

Faculté de Technologie

Département de Génie Mécanique

Cours 1

Les systèmes embarqués en automobile

1^{er} année Master en ingénierie automobile

Chargé du module

Dr : AMADJI Moussa

2020/2021

Les systèmes embarqués

1. Introduction

Les premières applications électroniques sont apparues pour la première fois dans les véhicules au cours des années 60 sous la forme d'un régulateur de tension ou d'un système de commande de l'allumage. La crise du pétrole des années 70 a, ensuite, poussé les constructeurs automobiles à faire des économies d'énergie en introduisant des composants électroniques dans les systèmes d'injection et de carburation des moteurs. Par la suite, dans les années 80 et 90, les contraintes anti-pollution puis la volonté de diminuer les accidents ont été des vecteurs importants de déploiement de l'électronique dans les voitures. Maintenant, l'électronique est présente dans la plupart des systèmes de l'automobile, depuis les fonctions de mobilité (contrôle moteur, suspension) jusqu'aux fonctions sécuritaires (ABS, AirBag, ...) sans oublier les fonctions de confort (téléphonie, internet, ...) (cf. Tableau 1). En 1993, les parties électriques et électroniques représentaient 12% du prix de fabrication d'une voiture et se composaient essentiellement de câblage. En 2005, cette proportion est estimée à 25%, et cette croissance est principalement liée à l'accroissement de la part des équipements électroniques dans l'automobile [1].

Tableau 1: Exemples de fonctions électroniques dans une automobile de nos jours.

Mobilité	Sécurité	Confort
<u>Traction</u> Contrôle moteur Transmission	<u>Passive</u> Système d'airbags Prétensionneurs	<u>Commande</u> Equipements véhicule
<u>Tenue de route</u> Suspension Contrôle de stabilité	<u>Active</u> Freinage Anticollision	<u>Communication</u> Instruments audio Téléphone Aide à la navigation
<u>Direction</u> Direction assistée	<u>Intrusion</u> Condamnation	<u>Environnement</u> Climatisation Bruit

Atitre d'exemple pour illustrer cette progression croissante et massive de l'électronique dans les automobiles, il faut savoir que le constructeur automobile, PSA Peugeot-Citroën, s'apprête à mettre dans ses futures voitures haut de gamme autant de logiciels embarqués que dans un Airbus A310.

Afin de mieux comprendre les besoins de l'industrie automobile en terme de génie système, il est important de préciser le mode de fonctionnement de cette industrie. La construction d'une automobile engage deux catégories d'intervenants (Figure 1) : le constructeur automobile et ses fournisseurs (ou équipementiers).

2. Définition

Un système embarqué est un ensemble d'éléments informatiques et électroniques interagissant entre eux de façon autonome et complémentaire. Ces systèmes sont conçus de manière à pouvoir répondre spécifiquement aux besoins de leur environnement respectif.

Le terme « système » désigne l'ensemble des éléments qui constituent le système embarqué, souvent ces systèmes sont composés de sous-systèmes étant donné leur complexité.

Le terme « embarqué » représente la mobilité et l'autonomie du système en interaction directe avec son environnement dans l'exécution de tâches précises, afin de répondre à la finalité de celui-ci.

Contrairement aux systèmes classiques, les systèmes embarqués sont conçus pour réaliser des tâches bien précises. Certains doivent répondre à des contraintes de temps réel pour des raisons de fiabilité et de sécurité, indispensables selon l'utilisation du système.

Un système embarqué regroupe à la fois la partie software (logicielle) et la partie hardware (matériaux) étroitement liées afin de produire les résultats escomptés.

Dans l'automobile, les premiers systèmes embarqués sont apparus au début des années 1970. Les sociétés automobiles surfèrent sur la vague de l'innovation technologique des systèmes embarqués afin d'en tirer profit et de pouvoir les utiliser dans leurs propres véhicules [2].

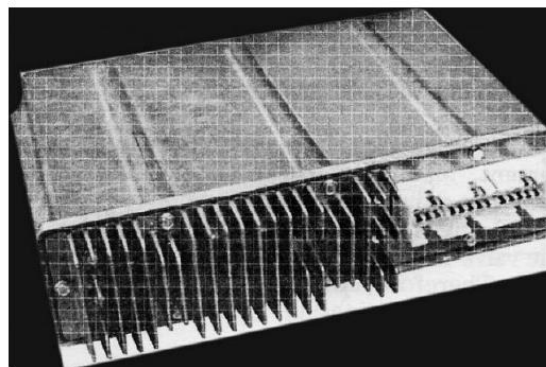


Figure 1 : Premier Electronic Control Unit (ECU)

L'Electronic Control Unit (Unité de Contrôle Electronique) représente tout système qui permet la gestion de fonctions dans un véhicule. L'un des premiers a été conçu par Chevrolet pour la Chevrolet Cosworth Vega en 1975, il permettait la gestion complète du moteur et notamment la transmission automatique du carburant aux cylindres. Une dizaine de capteurs lui transmettaient les informations nécessaires à la réalisation de cette tâche.

3. Contraintes

Du fait que ce type de système soit « embarqué » ou « enfoui », plusieurs contraintes lui sont imposées. Les systèmes embarqués se retrouvent aujourd'hui partout dans différents types d'environnements (téléphone, véhicule, avion...) et liés à différents types d'utilisations. C'est

le secteur d'activité dans lequel est utilisé le système qui va permettre de définir ses contraintes. Voici un aperçu général des principales contraintes des systèmes embarqués :

Tableau 1 : Tableau des contraintes de système embarqué selon secteur d'activité

Secteur d'activité	Contrainte
Equipements scientifiques	Performances, fiabilité, coût
Equipements militaires et aérospatiaux	Performances, fiabilité, pérennité, intégration
Transports	fiabilité, coût, interactivité
Informatique industrielle	fiabilité, coût, pérennité
Matériel de bureau	Performance, coût, standardisation
Réseau et télécommunications	Performances, fiabilité, intégration
Electronique grand public	Performance, coût, design / intégration

Toutes ces contraintes sont à respecter lors de la conception d'un système embarqué.

Certaines sont importantes comme le design ou le coût mais d'autres sont indispensables comme la fiabilité ou la performance, sans quoi le système ne peut être mis en production. La contrainte de la taille physique peut également s'ajouter, par exemple un téléphone portable à peu de place pour contenir un système embarqué.

L'enjeu est donc de pouvoir réaliser un système puissant répondant aux contraintes précitées, sous forme physique assez réduite pour être exploitable.

Etant autonome, ces systèmes nécessitent une alimentation en énergie régulière afin d'avoir un fonctionnement stable et sûr du produit. Il est donc indispensable de prévoir une alimentation adaptée, même si une consommation trop élevée du système aurait un impact sur son coût.

4. Caractéristiques

Les résultats produits par un système embarqué pourront être au profit d'un environnement externe, ou autrement dit, à un autre système plus général qui englobe le système embarqué, faisant appel à ses services dès que celui-ci les nécessite. Ainsi, un système embarqué serait inutile lorsqu'il est seul ou isolé, puisque son but est de fournir un service telle une action ou la transmission d'informations à un autre système plus volumineux. D'ailleurs, le terme de système « enfoui » fait référence à l'intégration et au rattachement dissimulé du système à celui qui l'englobe.

Les systèmes embarqués évoluent le plus souvent dans des environnements instables et non maîtrisés, les obligeant à anticiper tous événements particuliers pouvant les perturber. Notamment les chocs, les fortes températures, les vibrations, l'humidité ou encore d'autres circonstances pouvant porter atteinte à la fiabilité et à la performance du système.

Les systèmes embarqués en automobile 1

En plus de leurs évolutions technologiques, ces systèmes doivent évoluer au niveau de la qualité des matériaux utilisés afin d'éviter toute défaillance du système qui pourrait être critique dans le cas d'une application médicale, aéronautique ou encore automobile, pouvant aller jusqu'à la mise en danger de vies humaines.

Les systèmes embarqués ont été réalisés dans le but de produire des tâches simples dans un concept d'entrées et de sorties de données. Cependant, le traitement de ces tâches peut être aussi complexe que dans un ordinateur classique.

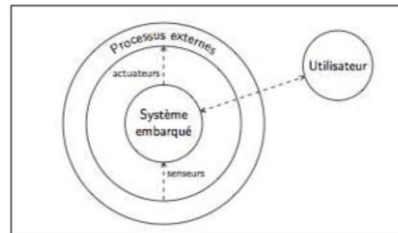


Figure 2 : Représentation de l'environnement général d'un système embarqué et de ses interactions

Les senseurs sont synonymes de capteurs. Ils représentent les entrées au processus du système afin d'effectuer les calculs et les traitements nécessaires. Les actionneurs, synonymes d'actuateurs, sont les déclencheurs des actions émises par le système une fois le traitement réalisé. Ils représentent les sorties.

Cette figure illustre l'image d'encapsulation d'un système embarqué par son environnement (ici les processus externes) qui interagit directement avec lui. Des moyens de communications existent en tant qu'intermédiaire propre à chaque environnement.

5. Dans l'automobile Contexte

Aujourd'hui, un véhicule contient une grande quantité d'électronique et d'informatique : on retrouve plus de 100 capteurs, 30 à 50 calculateurs selon le type de véhicule et parfois près d'un million de lignes de codes pour les véhicules de dernière génération. Cette évolution s'explique par les demandes exigeantes des consommateurs et l'envie de différenciation des concurrents sur le marché de l'automobile. S'ajoute à cela les contraintes économiques et écologiques où l'électronique embarquée répond à ces nouvelles attentes. De nouvelles fonctionnalités impliquent parfois une intégration électronique et informatique par le biais de systèmes embarqués. Voici une représentation des systèmes intégrés d'un véhicule moderne.

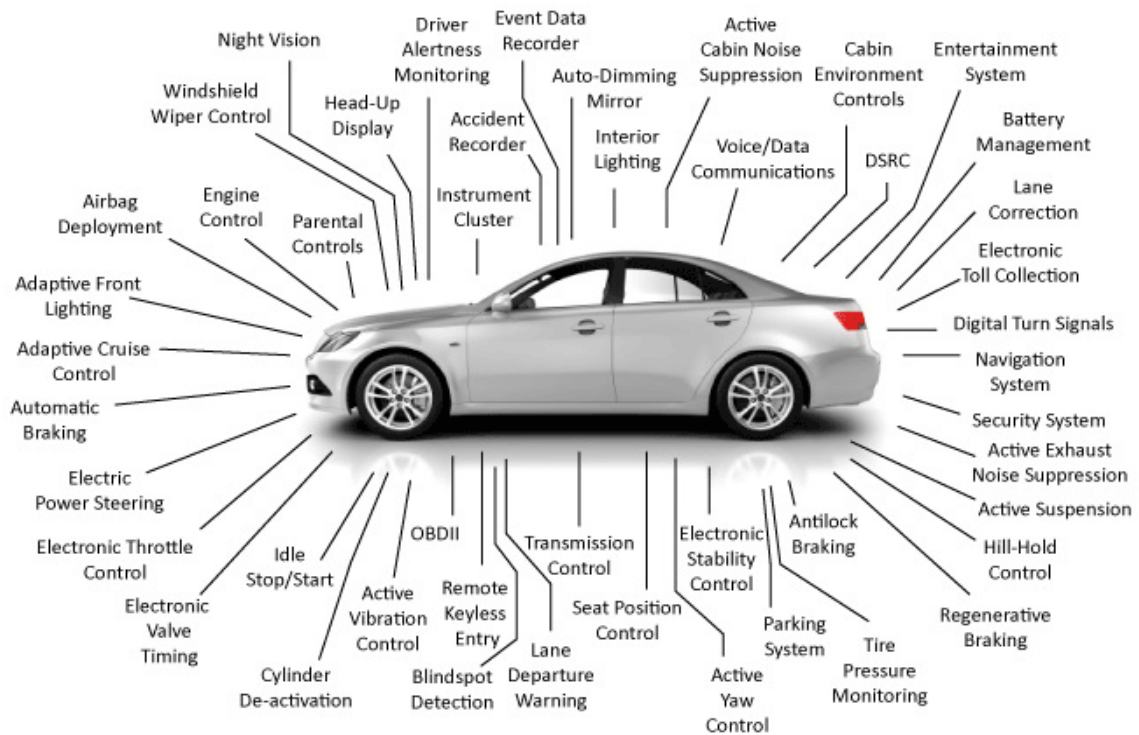


Figure 3 : Fonctions d'un véhicule moderne

Toutes ces fonctions se catégorisent selon leur domaine d'action :

- **Habitacle / Confort** (climatisation, siège chauffant, allumage automatique des feux...)



Figure 4 : Siège chauffant

- **Moteur / Transmission** (contrôle injection, commande boîte de vitesses...)



Figure 5 : Moteur avec une boîte de vitesse

- **Sécurité Active** (ABS, ESP, AFU)

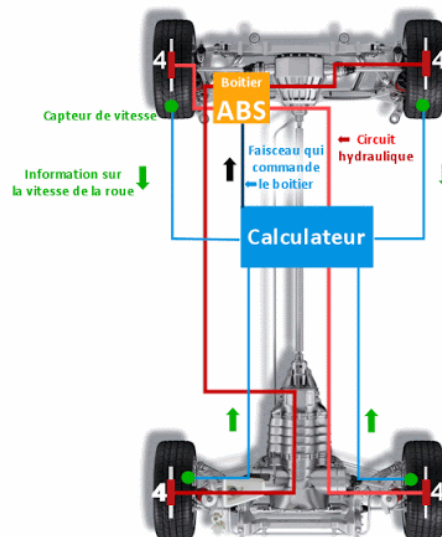


Figure 6 : Présentation de système ABS

- **Sécurité Passive** (airbags, ceintures, radars de recul)



Figure 7 : Présentation de l'airbag

- La vie à bord (ordinateur de bord, navigation)



Figure 7 : écran avec le système GPS (navigation)

Toutes ces fonctions sont gérées par des ECUs (Electronic Control Unit) qui représentent les calculateurs présents dans les véhicules. Ce sont de petits boîtiers noirs ayant chacun leurs spécificités et leurs rôles liés à des capteurs et des actionneurs.



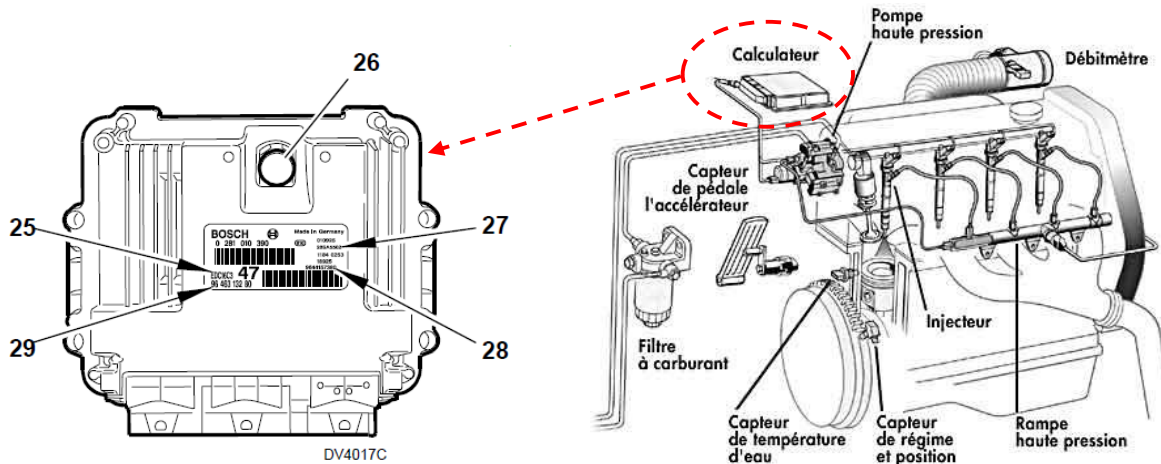
Figure 8 : Illustration d'un calculateur moteur

6. Présentation et implantation du calculateur moteur

Le Calculateur d'injection ou plus communément appelé Calculateur moteur se trouve dans le compartiment moteur.

6.1 Calculateur d'injection (1320)

6.2 Description



- 25 - Nom du système d'injection (BOSCH EDC 16 C3)
- 26- Capteur pression atmosphérique
- 27 - Date de fabrication codée
- 28 - Référence PSA matériel
- 29 - Référence PSA logiciel

C'est un petit boîtier en métal gris rempli d'électronique et de circuits imprimés. Il gère l'allumage et l'injection, grâce à des capteurs placés sur le moteur.
 Les fabricants : Bosch, Siemens, Magnetti-Marreli, Delphi.....

6.3. Rôle

Le calculateur gère l'ensemble du système d'injection, en exploitant les informations reçues par les différents capteurs et sondes, le calculateur et son logiciel intègre et assure les fonctions suivantes:

- les fonctionnalités de contrôle de l'injection et de dépollution,
- les stratégies d'agrément de conduite,
- la fonction antidémarrage (ADC),
- les stratégies de secours,
- la gestion de la commande des motoventilateurs et des voyants d'alerte (*),
- le diagnostic avec mémorisation des défauts,
- la fonction régulation de vitesse (*).

(*). Suivant version.

- Calcul du débit :

- processus de démarrage,
- régulation du régime de ralenti,
- régulation poste à poste.
- répartition du débit : injection pilote, injection principale,
- cartographie d'agrément de conduite/volonté conducteur,
- limitation du débit,
- limitation du régime,
- Interventions externes de débit (ESP...),

- Dosage du carburant :

- régulation de la pression rail,
- corrections dynamiques.
- Fonctions auxiliaires :
 - recyclage des gaz d'échappement (EGR),
- Diagnostic :
 - surveillance des capteurs,
 - diagnostic des sorties de puissance,
 - contrôle de plausibilité.

- Fonctions annexes suivant équipement ou véhicule :

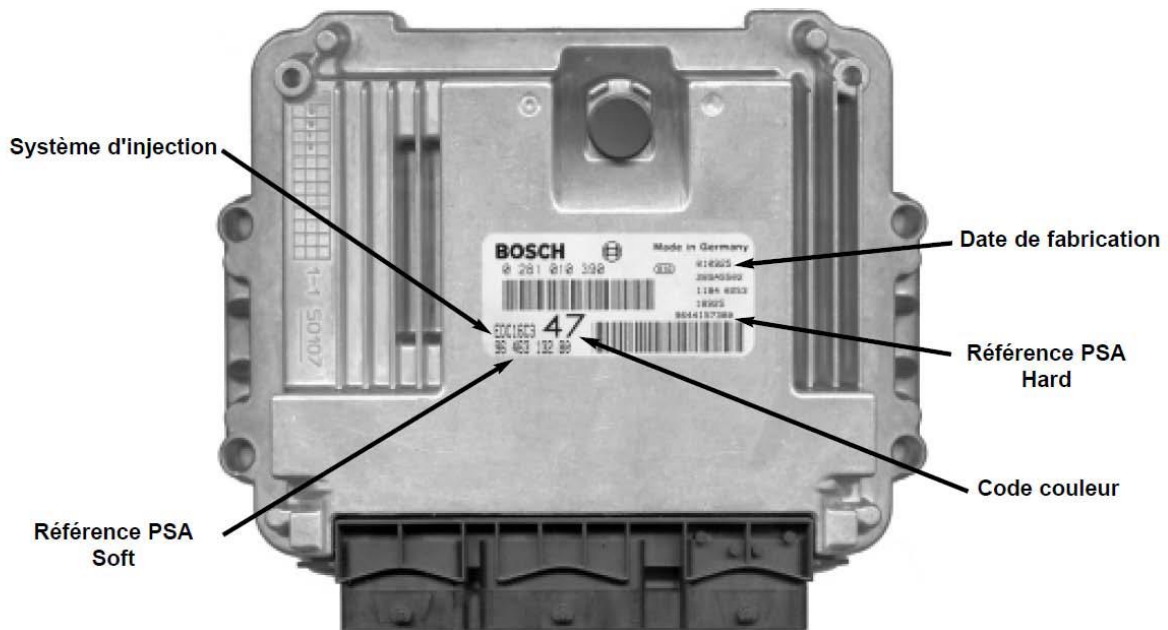
- limiteur de vitesse véhicule,
- régulation de vitesse véhicule,
- gestion BVA (émissions de signaux, estompage de couple),
- gestion air conditionné,
- gestion pré/post chauffage,
- commande des moto-ventilateurs et voyant alerte température moteur,(via BSI),
- chauffage additionnel de l'eau du circuit de refroidissement,
- information consommation vers l'ordinateur de bord.
- Le calculateur assure le contrôle électrique des éléments suivants :
 - injecteurs,
 - régulateur haute pression carburant,
 - actuateur régulateur de débit carburant (1208),
 - électrovanne de régulation de recyclage (EGR) (1253),
 - boîtier de préchauffage et postchauffage (coupure postchauffage),
- Le calculateur délivre les informations suivantes :
 - consommation instantanée : vers boîtier de servitude intelligent,
 - coupure réfrigération.

6.4. Composants nouveaux de la partie électrique (Le Système EDC 16 C3)

Les principales différences dans l'architecture du calculateur "EDC16C3" par rapport au calculateur d'ancienne génération le " Bosch EDC15C2 " sont :

- Nouveau calculateur moteur 32 bits avec stratégie 'antituning', mémoire interne plus importante, un seul banc d'injection pour les 4 injecteurs diesel.
- Gestion de l'injection carburant en fonction du couple moteur.
- Pression carburant dans la rampe commune haute pression pouvant atteindre 1600 bars.
- Pompe à carburant ZP 18 intégrée à la pompe haute pression carburant (circuit basse pression en dépression).
- Pompe haute pression de type CP3.2.

Le calculateur est équipé d'une connectique modulaire de 112 voies [4].



Il utilise la technologie de mémoire "FLASH EPROM». Cette technologie permet dans le cas d'une évolution de la calibration du calculateur de mettre "à jour" ce dernier sans le déposer. L'opération consiste à "télécharger" dans la mémoire du calculateur à partir de l'outil DIAG2000, les dernières cartographies d'injection adaptées au couple véhicule /moteur. Ce calculateur est compatible avec différents modèles de véhicules équipés du même dispositif d'injection. Afin d'activer des fonctions spécifiques à chaque véhicule et environnement moteur il est également télécodable.

Les systèmes embarqués en automobile 1

Lors d'un échange calculateur, il est nécessaire de procéder à un télécodage à l'aide d'un outil de diagnostic APV, afin d'adapter le calculateur au couple "véhicule /environnement ".

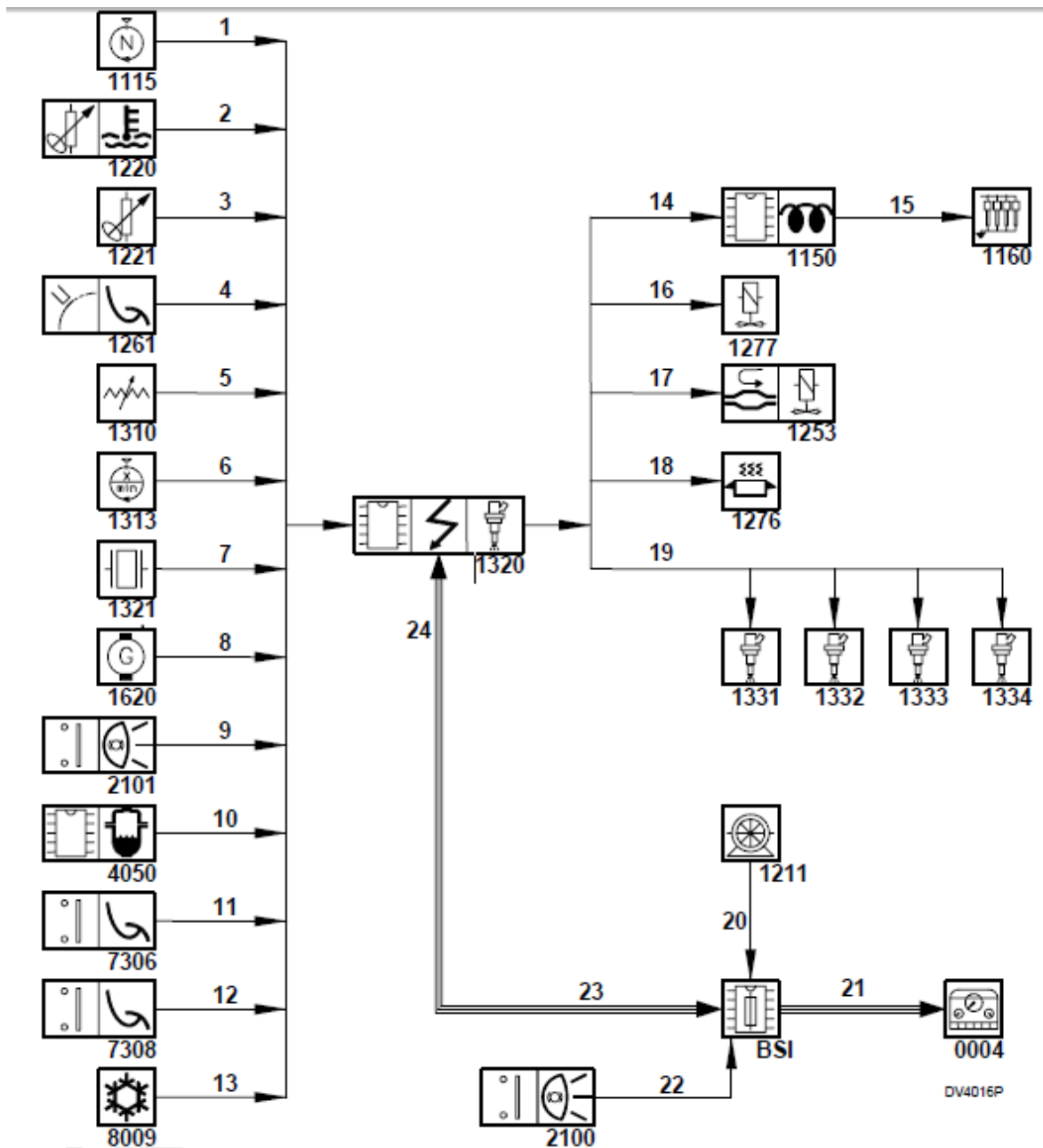
Sur le système EDC 16 C3 le calculateur moteur va déterminer le temps d'injection et la meilleure formule (Air/Carburant) par rapport au couple moteur demandé et/ou nécessaire.

Le calculateur moteur calcul le besoin en couple du moteur à partir de :

- la demande conducteur,
- le contrôle de stabilité (ESP),
- régulateur de vitesse,
- mode de fonctionnement (ralenti, pleine charge...),
- couple ponctionné (compresseur de climatisation, direction assistée, consommateur électrique).

Le calculateur moteur effectue tous les calculs en couple moteur et ce n'est qu'au moment de piloter les injecteurs que le calculateur moteur transforme le couple moteur en temps d'injection et ouverture des injecteurs [4].

7. Présentation : Calculateur d'injection direct diesel (BOSCH EDC 16 C3)-Synoptique



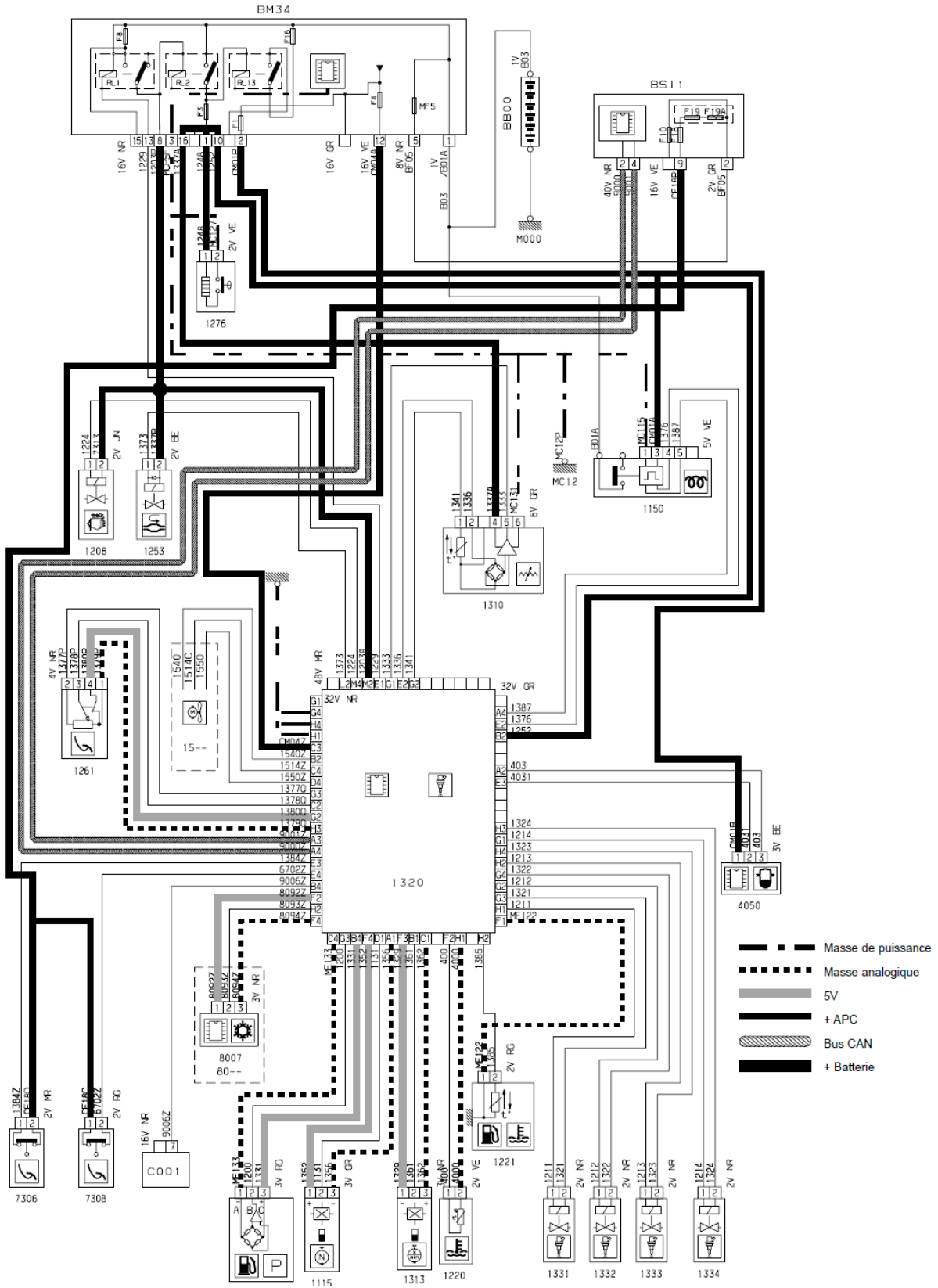
a) Organe

Numéro de pièce dans
les schémas électriques
BSI1 Boîtier de servitude intelligent
0004 Combiné
1115 Capteur référence cylindre ou capteur arbre à cames
1158 Boîtier de commande de pré-postchauffage
1160 Bougies de préchauffage
1208 Pompe d'injection diesel (régulateur de débit carburant)
1211 Jauge à carburant
1220 Sonde de température d'eau moteur
1221 Thermistance gazole
1233 Électrovanne de régulation de pression turbocompresseur
1261 Capteur position pédale accélérateur
1276 Réchauffeur de carburant
1313 Capteur de régime moteur
1310 Débitmètre air et température air
1312 Capteur de pression d'air d'admission
1297 Électrovanne EGR à commande électrique
1320 Calculateur de contrôle moteur
1321 Capteur haute pression gazole
1331 Injecteur cylindre N° 1
1332 Injecteur cylindre N° 2
1333 Injecteur cylindre N° 3
1334 Injecteur cylindre N° 4
1620 Capteur de vitesse véhicule (véhicule non équipé de l'ABS
ou de l'ESP)
4050 Sonde de présence d'eau dans le gazole
4120 Capteur de niveau d'huile moteur
8009 Capteur de pression linéaire du fluide réfrigérant

b) Les liaisons

1	Information sur la position de l'arbre à cames	Rapport cyclique d'ouverture (RCO)
2	Information de température d'eau moteur	Analogique
3	Information sur température gazole	Analogique
4	Information position pédale accélérateur	Analogique
5	Information sur la quantité d'air admise	Analogique
	Information sur la température d'air d'admission	Analogique
6	Information sur régime moteur	Rapport cyclique d'ouverture (RCO)
7	Information pression carburant.	Analogique
8	Information vitesse véhicule (véhicule non équipé de l'ABS ou l'ESP)	Rapport cyclique d'ouverture (RCO)
9	Information pédale de frein redondant (véhicule équipé de l'ESP)	Tout ou rien
10	Information présence d'eau dans le carburant	Tout ou rien
11	Information pédale d'embrayage	Tout ou rien
12	Information contact de frein secondaire (disponible uniquement avec l'option régulation de vitesse)	Tout ou rien
13	Information de pression du circuit de réfrigération	Analogique
14	commande du boîtier de préchauffage	Tout ou rien
15	Commande des bougies de préchauffage	TOUT OU RIEN
16	Commande d'actuateur de débit	Rapport cyclique d'ouverture (RCO)
17	Commande de l'électrovanne du recyclage des gaz d'échappement à l'admission (EGR)	Rapport cyclique d'ouverture (RCO)
18	Commande de la masse calculateur pour alimenter le réchauffeur carburant.	Tout ou rien
19	Commande des 4 injecteurs diesel (PULSE)	Rapport cyclique d'ouverture (RCO)
20	Information niveau de carburant	Analogique
21	Information niveau de carburant	Signal multiplexé (Van Confort)
22	Information freins	Tout ou rien
23	Demande d'allumage des voyants au combiné	Signal Multiplexé (CAN)
24	Information jauge à carburant	Signal Multiplexé (CAN)

c) Implantation des organes (Schématique filaire sur le Calculateur)



d) Présentation du système d'injection

Actuellement l'injection directe à très haute pression est la réponse la plus satisfaisante aux exigences des motorisations diesel rapides. Tant en regard de la puissance de la consommation et de l'agrément de conduite que du respect des normes antipollution.

Dans cette optique, un nouveau système d'injection HDi (Haute pression Diesel Injection) Bosch de deuxième génération " EDC16C3 " est venu équiper les motorisations " DV4TD " (il peut aussi équiper d'autres motorisations adaptées à différents véhicules de la gamme).

Le système HDi Bosch EDC16C3, est un système " HDi " de deuxième génération.

Il se caractérise par :

- Un circuit basse pression en "dépression",
 - une pompe à carburant intégré à la pompe haute pression,
 - un dispositif de dosage de carburant intégré à la pompe haute pression il permet de doser le carburant avant de le comprimer,
 - l'optimisation de délais sur l'injection pilote et l'injection principale,
 - une pression carburant pouvant atteindre 1350 bars,
 - des électro-injecteurs optimisés.
 - un calculateur de nouvelle génération : architecture 32 bits, mémoire supérieure,
 - une gestion de l'injection en couple et non plus en temps d'injection,
 - une fonction d'anti-démarrage de niveau II (ADC II).
- Comme le système HDi Bosch EDC15C2, le dispositif HDi EDC16C3 permet de :
- Générer et réguler la pression d'injection indépendamment du régime moteur (elle peut être choisie librement dans des limites déterminées).
 - Choisir librement le début et la durée de l'injection.
 - Commander pour chaque injecteur, plusieurs injections sur un même cycle moteur :

- une ou deux injections "pilotes"(réduction des bruits),

- une injection principale,

- une post-injection (si dépollution sévère, actuellement elle n'est pas utilisée).

- Alimentation du Calculateur

Le calculateur d'injection est alimenté :

- directement par la batterie ; en plus permanent (via BM34),
- par le boîtier servitude moteur (BM34) ; en plus après contact.

- Niveau de charge de la batterie

Le fonctionnement du système d'injection HDi BOSCH nécessite un niveau de la batterie suffisamment important.

Lorsque la tension d'alimentation est supérieure à 7 volts le calculateur est capable de faire du diagnostic.

- Power latch

Le power latch est un maintien de l'alimentation du calculateur moteur pour lui permettre de terminer ses calculs ou actions après coupure du contact.

Il faut donc attendre minimum 30 secondes après coupure du contact avant de démonter le calculateur moteur et ses périphéries (si le ventilateur moteur tourne, attendre son arrêt (environ 6 minutes) pour obtenir la coupure power latch).

Pour débrancher la batterie il faut attendre la mise en veille de la BSI (3 minutes après coupure contact) et attendre la coupure du power latch [4].

Celui-ci est dédié uniquement au contrôle moteur, mais de nombreux autres calculateurs (ou ECU) sont présents dans le véhicule pouvant ainsi gérer d'autres fonctions. Voici une liste non exhaustive de différents types d'ECU :

Tableau 3 : Les différents types d'ECU

Abréviation	Désignation	Utilité
ECU ou ECM	Engine Control Unit	Système permettant la gestion du bloc moteur
SCU	Speed Control Unit	Système de régulation de vitesse, permet de rouler à une vitesse constante
TCU	Telematic Control Unit	Permet de connaître le positionnement du véhicule et les coordonnées GPS en temps réel
BCM	Brake Control Module	Système représentant l'ABS, permettant l'aide au freinage lors des freinages d'urgences
BMS	Battery Management System	Système permettant de réguler la batterie du véhicule

Tous ces ECUs sont reliés à des capteurs et des actionneurs leur permettant d'envoyer et de traiter les informations. Une communication est donc présente entre tous ces composants électroniques via des bus de communication. Toute cette composition forme l'électronique embarquée du véhicule.

6. Le temps réel

Comme déjà spécifié, les systèmes embarqués sont soumis à des contraintes différentes selon leur domaine d'utilisation. Et bien, le temps réel est l'une des contraintes primordiales dans le secteur de l'automobile au niveau de la performance mais surtout au niveau de la sécurité. Devant un ordinateur classique, quelques minutes de latence ne pourront affecter que l'humeur de l'utilisateur, sur un système embarqué d'automobile seules quelques secondes de latence suffisent à provoquer un accident avec des conséquences terribles.

Le temps réel est le fait d'être constamment en adéquation temporelle avec la réalité.

Un système en temps réel est un système qui doit, non seulement, produire un résultat juste mais dans une durée limitée, sans quoi ce résultat deviendrait erroné. Ainsi, le système en temps réel doit fournir un résultat avec une contrainte de temps.

Les systèmes embarqués en automobile 1

Le temps est déterminé par l'environnement dans lequel se trouve le système, celui-ci doit avoir l'image la plus réaliste de celle de son environnement externe qui évolue lui-même avec le temps.

-Un véhicule renferme aujourd'hui plus de lignes de code qu'un avion Airbus de première génération, soit près d'un million de lignes pour les véhicules haut de gamme. (Institut Universitaire de Belford-Montbéliard, 2013)

-On compte de nos jours jusqu'à 80 calculateurs par voiture, un constat flagrant sur l'évolution des systèmes embarqués dans l'automobile. (Marc Alias, Ingénieur automobile, 2014)

-Ainsi, la part de l'électronique des véhicules a connu un essor de grande envergure comme en témoigne ce graphique.

-En 2015, l'électronique représentera environ 40 % de la valeur d'une automobile (30 % en 2010) [3].

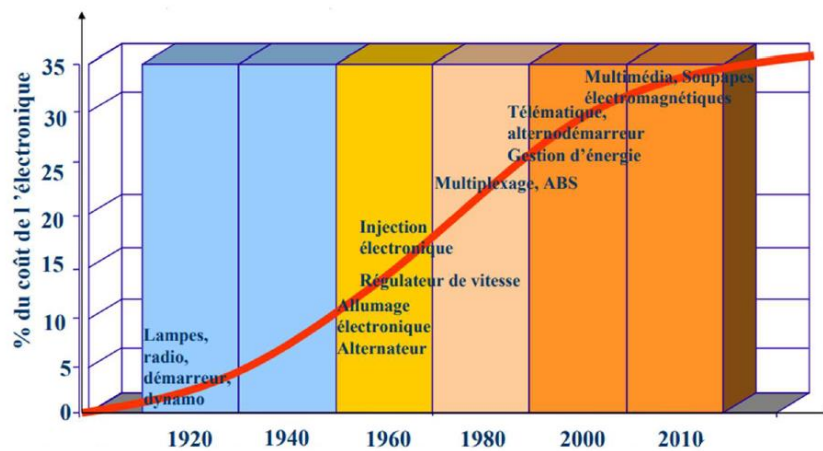


Figure 9 : Evolution du coût de l'électronique dans l'automobile

7. Composition d'un système embarqué

7.1 Calculateur

Le calculateur est l'élément principal d'un système embarqué automobile où régit la mémoire, la carte-mère ou encore le traitement logiciel. Chacun des calculateurs automobiles sont dédiés au pilotage d'une ou certaines tâches bien précises, ainsi de nombreux calculateurs sont présents dans les véhicules formant son système électronique.

Le calculateur correspond à un boîtier contenant des broches électriques dotées de nombreux ports d'entrées et de sorties afin de permettre à la gestion des instruments de bord. Une carte

programmable composée de circuits imprimés contient tout le traitement informatique du système, principalement codé en langage C++ ou Java, et s'accompagne d'autres éléments formant le calculateur.

Nous pouvons les qualifier de systèmes « intelligents » due à leur capacité de prise de décision en fonction des paramètres d'entrées via des capteurs (ou sondes).

Dans le cas d'un calculateur moteur, son but précis sera d'assurer les fonctions de pilotage d'un moteur en ajustant en temps réel les besoins du moteur. En recevant des signaux électriques de la part des capteurs (sonde de température, capteur de pression...), le calculateur peut traiter ces informations pour les transformer en actions par l'intermédiaire d'actionneurs (injecteur, vanne EGR...).

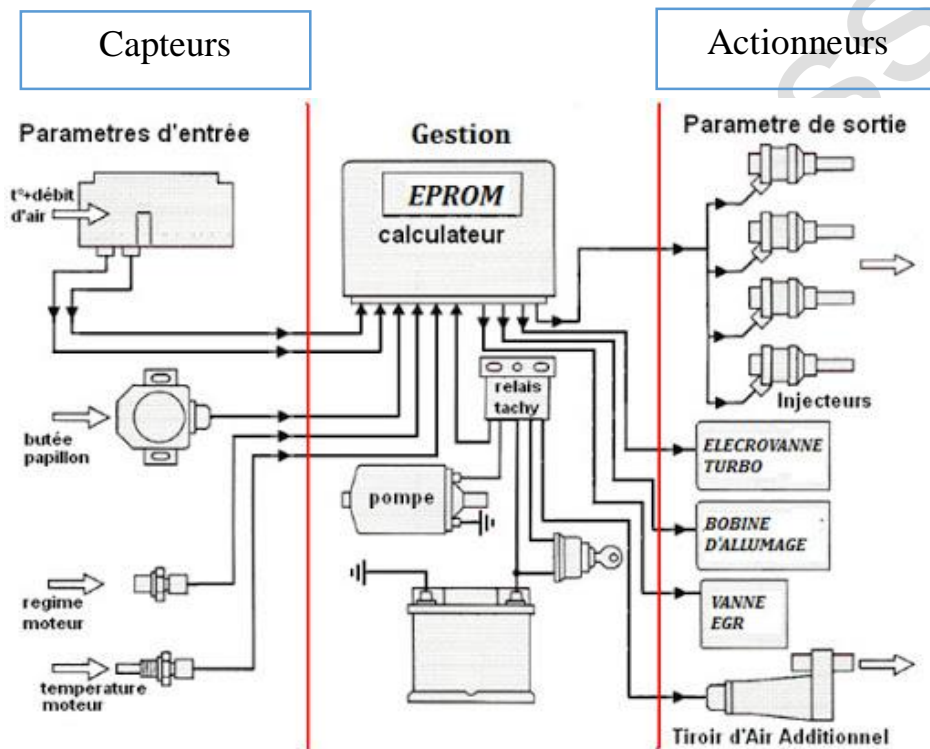


Figure 10 : Représentation d'un calculateur moteur et ses interactions

7.2 Actionneurs

Lorsque le traitement est réalisé par le calculateur, un signal électrique est transmis aux actionneurs permettant une action physique sur le véhicule.

Tableau 4 : Exemples d'actionneurs

Paramètre	Actionneurs
Temps d'injection	Injecteur
Étincelle de combustion	Bobine d'allumage
Suppression NOx (oxyde d'azote)	Vanne EGR

Pression turbo	Electrovanne turbo
Production de froid	Compresseur climatisation
Verrouillage des portières	Actionneur de porte
Mouvement des vitres	Moteur lève-vitre

Ces actionneurs (ou actuateurs) transforment le signal électrique reçu en énergie mécanique. Cette transformation d'énergie peut être réalisée par moteur, de façon magnétique, hydraulique ou optique.

7.3 Capteurs

Les capteurs sont des éléments essentiels au fonctionnement des calculateurs puisque ce sont ces composants qui sont en charge de transmettre l'information afin d'être traitée de manière optimale.

Leur principal objectif est donc de renseigner le calculateur qui va pouvoir agir en temps réel avec l'environnement, c'est pourquoi, ces capteurs envoient de façon constante des informations en continu au calculateur relié. De plus en plus de capteurs sont élaborés due à la sophistication des nouveaux véhicules.

Précisément, leurs tâches consistent à pouvoir transformer une grandeur physique (température, pression...) en un signal électrique afin de le transmettre au calculateur.

En effet, des interrupteurs peuvent être considérés comme des capteurs puisque les informations qui résultent de l'action émise par l'utilisateur sont directement transmises au calculateur.

Tableau 5 : Exemples de capteurs

Information de grandeur physique	Signaux électrique
Température	Sonde de température
Position/ Vitesse	Capteur PMH
Débit d'air	Débitmètre
Pression	Capteur pression
Vibration	Capteur cliquetis
Angle	Capteur gyroscopique
Taux d'oxygène	Sonde lambda
Taux d'humidité	Capteur de pluie
Lumière	Capteur luminosité

8. Communication

Tous ces composants échangent entre eux par l'intermédiaire de faisceaux, ils correspondent à de petits câbles permettant la transmission des signaux électriques contenant les informations recueillies et à transmettre.

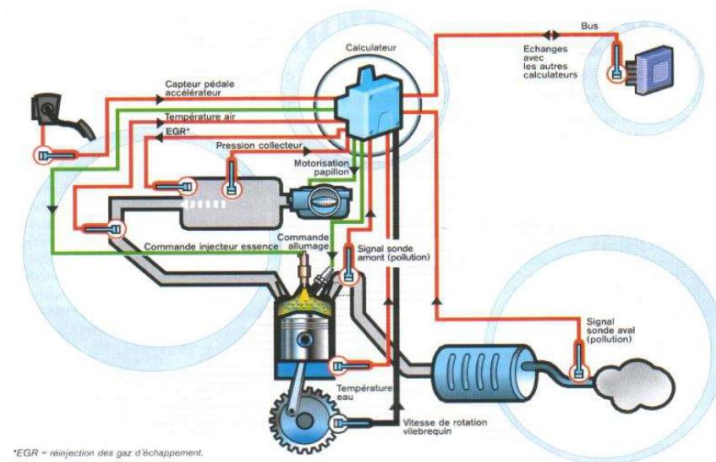


Figure 11 : Communication capteur – calculateur – actionneur

Cette figure illustre la communication et les échanges entre le calculateur et ses actionneurs et capteurs. En vert, les interactions avec les actionneurs comme la commande d'allumage et en rouge, les interactions avec les capteurs, correspondant tous à des faisceaux électriques.

9. Bibliographie

- [1] Sébastien GERARD. Modélisation UML exécutable pour les systèmes embarqués de l'automobile. UNIVERSITE D'EVRY. N° d'ordre : 00EVRY0013. P 12
- [2] Amin BENKHELIFA. Les systèmes embarqués dans l'automobile. Haute École de Gestion de Genève (HEG-GE)
- [3] www.iut-bm.univ-fcomte.fr
- [4] FALI JUGURTHA. Etude D'un Système Electronique Embarque Et Réalisation D'une Simulation D'injection Electronique De Carburant. UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI, TIZI-OUZOU. P 37- 45