

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOD MAMMERI, TIZI-OUZOU

FACULTE DU GENIE ELECTRIQUE ET DE L'INFORMATIQUE

DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE



Mémoire de fin d'études

Présenté en vue de l'obtention du diplôme

D'ingénieur d'Etat en électronique

Option : Contrôle

Thème :

*Etude D'un Système Electronique Embarque
Et Réalisation D'une Simulation D'injection
Electronique De Carburant*

Proposé et dirigé par :

M^r. AIT BACHIR.YOUCHEF

Présenté par :

M^r. FALI JUGURTHA

Année universitaire 2009/2010

REMERCIEMENTS

A M^r AIT BACHIR YUCEF Enseignant en télécommunication à la faculté de génie électrique et informatique / UMMTO

Je le remercie d'avoir accepté d'être mon promoteur, pour son dévouement, sa gentillesse et sa spontanéité.

A M^r BOUMAZAA MEHDI chef d'atelier et ingénieur-en-chef chez CITROEN Tizi-Ouzou, qui a accepté de m'encadrer et de m'avoir intégré au sein de l'équipe d'atelier CITROEN.

Je lui présente ma profonde gratitude et mes hommages les plus respectueux.

Aux membres du jury, je vous suis reconnaissant et vous témoigne ma gratitude.

A tout les enseignants du département d'électronique et d'automatique en particulier monsieur HADOUCHE et Mme BOUDJEMAA qui m'ont aidé à maîtriser le logiciel de simulation (STEP 7) et pour tous leurs précieux conseils.

Je remercie toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

❖ *Je dédie ce travail à mes très chers parents, mon père en particulier, qui ne cessent de m'encourager et de me pousser vers l'avant, qui se sont donnés et sacrifiés durant tout mon cursus scolaire pour me voir réussir.*

❖ *A mes sœurs Je vous témoigne toute mon affection.*

❖ *A tous mes amis qui ont fait un bout de chemin avec moi dans mon cursus scolaire qui m'ont aidé et avec qui j'ai passé d'inoubliables moments. Je vous remercie.*

❖ *A tous les enseignants de la faculté de génie électrique et d'informatique, qui m'ont aidé et orienté avec leurs précieux conseils, à tout le personnel de BMKS MOTORS (CITROEN Tizi-Ouzou) qui m'ont accueilli bras ouverts.*

❖ *A tous ceux qui ont croisé mon chemin et qui ont participé de prêt ou de loin à la réalisation de ce travail.*

FALI Jugurtha

SOMMAIRE

Introduction	6
Chapitre 1 : Le multiplexage dans la voiture	
I. Le multiplexage embarqué et son évolution dans l'automobile	7
II. Les besoins.....	7
III. Classes du multiplexage	8
III.1 Architecture VAN et CAN	8
III.2 Le déploiement des architectures dans les véhicules Citroën	12
IV. Réseaux constituant les architectures du groupe PSA	12
IV.1 Les architectures BI VAN/CAN	12
IV.1.1 Réseau VAN Confort débit moyen	12
IV.1.2 Deux réseaux Carrosserie 1&2 bas débits / bas coût, orienté sûreté de fonctionnement	13
IV.1.3 Diagnostic	13
IV.2 Les Architectures Full CAN.....	13
IV.2.1 Réseau CAN intersystèmes haut débit avec des messages courts	13
IV.2.2 Réseaux CAN-LS Carrosserie / Confort : Moyen débit	13
IV.2.3 Diagnostic.....	14
IV.3 Comparaison des réseaux intersystèmes, Carrosserie, Confort et Diagnostic ..	14
V. L'organe central le BSI	15
V.1 Historique de l'évolution du BSI	15
V.2 Synthèse des fonctions regroupées dans le BSI	16
VI. Le protocole VAN généralité et concept	16
VI.1 Principales caractéristiques	17
VI.1.1 Topologie.....	17
VI.1.2 Milieu de transmission	18
VI.1.3 Structure d'un nœud	18
VI.1.4 Structure d'une trame	19
VI.1.5 Codage VAN.....	19
VI.1.6 Modes de transmission	21
VI.1.7 Accès au médium de transmission	21
VI.1.8 Services	22
VI.1.9 Acquiescement VAN.....	22
VII. Le protocole CAN : généralités et concept	22
VII.1 Principales caractéristiques	23

VII.1.1	Topologie	23
VII.1.2	Milieu de transmission	24
VII.1.3	Structure d'un nœud.....	24
VII.1.4	Structure d'une trame	25
VII.1.5	Codage CAN	25
VII.1.6	Modes de transmission.....	26
VII.1.7	Accès au médium de transmission.....	26
VII.1.8	Services	27
VII.1.9	Acquittement CAN	27
VIII.	Caractéristiques des protocoles VAN et CAN	27
IX.	Résumé et comparaison des protocoles VAN et CAN	29
X.	Raisons du passage au FULL CAN : abandon du VAN	30
XI.	Types de défauts liés au multiplexage.....	30
XII.	Le protocole LIN	31
XII.1	Historique et concept du protocole LIN	31
XII.2	Raisons de l'utilisation d'un sous réseau LIN(en complément du CAN).....	32
XII.3	Architectures actuelles	32
XII.4	Architecture avec l'apport du protocole LIN.....	33
XII.5	Principales caractéristiques du protocole LIN	33
XII.5.1	Médium de transmission.....	33
XII.5.2	Structure d'un nœud	33
XII.5.3	Structure d'une trame	34
XII.5.4	Codage LIN	35
XII.5.5	Modes de transmission	35
XII.5.6	Accès au médium de transmission	35
XII.5.7	Services	36
XII.5.8	Acquittement LIN	36
XIII	Conclusion	36
 Chapitre 2 : Carte d'acquisition à base du calculateur (1320)		
I.	Présentation et implantation du calculateur moteur	37
I.1	Calculateur d'injection (1320)	37
I.1.1	Description	37
I.1.2	Rôle	38
I.1.3	Composants nouveaux de la partie électrique (Le Système EDC 16 C3). ..	39
I.2	Présentation: Calculateur d'injection direct diesel (BOSCH EDC 16 C3) Synoptique.....	41

I.2.1	Organe	42
I.2.2	Les liaisons	43
I.2.3	Implantation des organes (Schématique filaire sur le Calculateur)	44
II.	Présentation du système d'injection	45
III.	Les principaux capteurs	46
III.1	Capteur de température interne du calculateur	46
III.2	Capteur de pression atmosphérique	46
III.3	Le capteur de régime.....	47
III.4	Le capteur de phase.....	48
III.5	Le capteur de température du moteur.....	48
III.6	Le capteur de pression de rampe.....	48
III.7	Le capteur de température de carburant	49
III.8	Le capteur de pression d'air d'admission.....	49
III.9	Le débitmètre d'air à film chaud et le capteur de température d'air d'admission.....	49
III.10	Le transducteur d'accélérateur	50
III.11	Le capteur de vitesse du véhicule.....	50
III.12	Capteur de pédale accélérateur.....	51
IV.	Conclusion	53

Chapitre 3 : Etude du système d'injection électronique

	Réalisation d'une injection	54
I.1	Injection	55
I.2	Chaîne de commande électrique	55
I.3	Fonctionnement.....	56
I.4	Notions de carburation	58
I.4.1	Qualité d'un mélange.....	58
I.4.2	Définition du dosage	58
I.4.3	Définition de la Richesse	58
I.4.4	Définition du coefficient d'air ou rapport lambda (L)	58
I.4.5	Comment est contrôlée la richesse du mélange?.....	59
I.4.6	Principe de l'injection	60
	Simulation de fonctionnement	63
	Conclusion	65

Chapitre 4 : Application : simulation sous Step7

I.	Utilisation de Step 7	66
I.1	Introduction.....	66

I.2 Le matériel	67
I.3 Le programme	69
I.4 Le langage CONT	69
I.5 Le langage LOG.....	70
I.6 Le langage LIST.....	71
I.7 Transfert vers l'automate	71
I.8 Logiciel de simulation PLCSIM	71
II. Simulation Sous Step7	72
II.1 Graf cet	72
III. Grafcet de simulation des différents régimes moteur	73
IV. Programme réalisé sous Step7	74
IV.1 Table des mnémoniques	74
IV.2 Programme générale	75
V. Conclusion	82



Introduction

Introduction

Depuis la création de la première automobile fin XIX^{ème} siècle l'industrie automobile a évolué rapidement et pour cause plusieurs facteurs :

- Progrès technologiques.
- Pression des contraintes réglementaires.
- Pression des attentes clients : individuelles et collectives.

L'avènement de l'électronique, l'informatique embarquée et l'automatique moderne a dans ce contexte un rôle majeur à jouer. Il permet de remplacer les principaux composants mécaniques et hydrauliques (direction, freinage, suspension...). Tous les modules de la voiture sont devenus plus intelligents, le couplage des fonctions par l'électronique devient alors possible, la voiture devient communicante et les services associés se développent. En 1985, une voiture embarquait un calculateur d'injection réalisant 10 fonctions. Aujourd'hui, une voiture embarque 25 calculateurs électroniques sur lesquels se répartissent 90 fonctions. Ces chiffres parlent d'eux-mêmes. L'électronique est devenue incontournable dans l'automobile. Impossible de s'en passer. Elle est d'ailleurs la principale source d'innovations. 80 à 90 % des innovations dans une voiture viennent de l'électronique. Alors que les calculateurs se sont multipliés à bord, leurs fonctionnalités et leurs interactions sont devenues plus complexes. Aussi, au fil des ans, les constructeurs se sont dotés de compétences techniques et d'outils de test de plus en plus spécifiques pour valider le fonctionnement des systèmes électroniques et électrotechniques embarqués.

De plus, il est actuellement difficile de considérer une fonction indépendamment des autres ; par exemple, la vitesse véhicule qui est élaborée notamment par le système de contrôle du moteur est nécessaire à la réalisation d'autres fonctions comme le contrôle de la suspension.

C'est ainsi que, actuellement, sur un véhicule il peut y avoir jusqu'à 2500 informations, ou signaux, échangés entre des fonctions réparties sur environ 70 ECUs. Dès lors, pour des raisons de coût, de poids d'encombrement, de complexité de câblage, il est devenu rapidement impossible de supporter ces échanges par des connexions point à point et l'utilisation de réseaux locaux embarqués est apparue comme une solution incontournable qui a donné naissance au multiplexage de données (**CAN** et **VAN**) et par la suite, le **LIN** a été introduit pour encore simplifier l'échange d'informations entre les différents ECUs.

Le travail qui nous a été demandé rentre dans cette optique. Nous avons organisé ce mémoire comme suit :

Dans le **1^{er} Chapitre**, nous introduisons les différents moyens de communication dans le véhicule entre les différents organes (Calculateurs) et l'évolution de ceux-ci afin de satisfaire une clientèle et des normes plus exigeantes. Un exemple de calculateur (Moteur HDI BOSCH EDC 16C3) appelé aussi calculateur d'injection ainsi que toutes les connexions à cet organe

Les différents capteurs) sont présentés dans le **2^{ème} Chapitre**. Dans le **3^{ème} Chapitre** on définit le principe d'injection proprement dit, son fonctionnement ainsi que la notion de richesse carburant.

Dans le **4^{ème} Chapitre**, on procède à une simulation des différents régimes moteur et une application sous le logiciel Step7. On finit par une conclusion générale.

Chapitre 1 :

*Le multiplexage dans la
voiture*

I. Le multiplexage embarqué et son évolution dans l'automobile

Depuis le début des années quatre-vingt, de nombreux systèmes électroniques ont fait leur apparition dans le domaine de l'automobile, selon trois grandes étapes successives :

- L'époque où chaque système était totalement indépendant des autres.
- La seconde période, pendant laquelle quelques systèmes commençaient à communiquer entre eux.
- Enfin, la dernière époque où tout le monde doit communiquer avec tout le monde, et ce en temps réel.

Ce fut alors l'arrivée de nombreux bus de communication, soit aux USA, soit au Japon, soit en France (bus VAN -supporté par un GIE composé principalement de PSA et Renault).

Et donc le multiplexage est l'architecture électrique et électronique qui permet de communiquer et d'échanger les informations sur un ou plusieurs Bus.

Dans le même temps Citroën, à expérimenté depuis 1994 sur quelques 1500 XM séries livrées en clientèle, un réseau multiplexant les fonctions de carrosserie (éclairage, lave vitres, combiné fermeture centralisée...). Ces XM ont permis de valider l'intérêt du système, et sa faisabilité.

II. Les besoins

Le multiplexage électronique a pris naissance chez CITROËN vers la fin des années 70. Déjà, il avait été identifié un besoin de proposer une alternative aux architectures électriques filaires dites classiques à cause du nombre de fils et de points d'interconnexion croissants dans un véhicule (Figure II.1).

Le nombre sans cesse croissant de fonctions demandées par le client, avait de plus conduit à augmenter de façon significative, le nombre de boîtiers électriques électroniques. Devant faire face à de sérieux problèmes de fiabilité électrique et rencontrant des problèmes industriels de production de certaines parties du véhicule (passages de portes, faisceaux et torons situés derrière la planche de bord, ...), CITROËN a donc été conduit à réfléchir à une autre forme d'acquisition des informations (notion de partage de capteurs) et une autre forme de pilotage des actionneurs (notion de partage des ressources). Une autre idée a été également mise en avant : le regroupement de boîtiers.

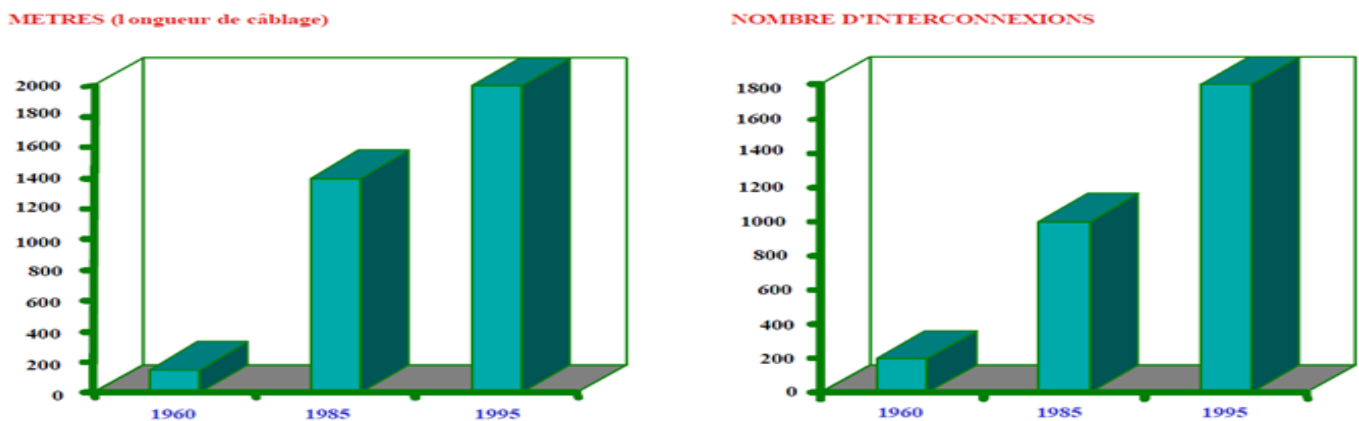


Figure II.1 : Evolution du nombre de fils et de points de connexion

III. Les classes de multiplexage

Le multiplexage électronique consiste à faire circuler plusieurs informations entre divers équipements en utilisant un seul canal de transmission. Les informations sont présentées sous forme série. En fonction du débit de transmission, du niveau de sécurité envisagé, le multiplexage se décline en plusieurs classes :

- Classe **A** Multiplexage maître / esclave bas débits bas coût
- Classe **B** Multiplexage multi-mâtres moyens débits
- Classe **C** Multiplexage multi-mâtres hauts débits (applications sécuritaires)
- Classe **D** Pour les liens optiques de données (Applications télématiques et multimédia nécessitant le transport de la voix et de l'image).

On distingue deux sortes de Multiplexage dans les véhicules :

- **VAN : (Véhicule Area Network)**
- **CAN : (Controller Area Network)**, à l'heure actuelle, c'est le réseau le plus employé.

III.1 Architectures VAN et CAN

Le découpage des architectures répond à des critères précis tels que :

- La localisation géographique des calculateurs ;
- La nécessité de découper les faisceaux ;
- La nécessité de protéger les calculateurs ;
- La sûreté de fonctionnement recherchée ;
- La recherche d'économies par la réduction du nombre de connexions et du nombre de boîtiers, et par l'utilisation d'une « banque d'organes communs » reconductibles sur un même segment de véhicules. Les architectures VAN/CAN ont évolué dans le temps, vers des architectures Full CAN. En effet, les premiers véhicules produits en grande série (après l'ère CITROËN XM en 1994) ayant bénéficié d'une architecture multiplexée, ont été la CITROËN Xsara (projet N6) et la Xsara Picasso (Projet N68) et Berlingo (M49) en 1999. Un seul bus était présent : le réseau VAN confort, comprenant jusqu'à 7 calculateurs :

- Le BSI ;
- La radio ;
- Le Changeur CD ;
- La navigation (en option) ;
- L'écran multi-fonctions ;
- Le combiné ;
- La climatisation ;

Le débit utilisé sur le réseau VAN Confort est de 125 Kbits/s.

Chapitre 1 : Le multiplexage embarqué

La figure III.1 ci-dessous illustre l'architecture VAN Confort de la CITROËN Xsara (projet N6) :

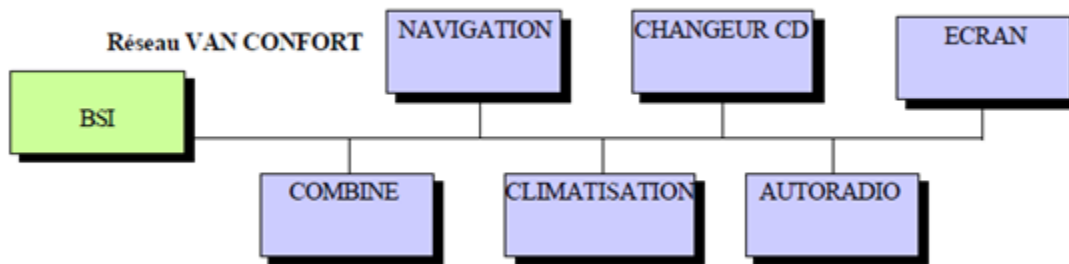


Figure III.1: Architecture VAN Xsara

Une politique de «banque d'organes communs » est mise en place afin de déployer cette architecture sur d'autres véhicules du Groupe PSA PEUGEOT CITROËN.

A partir du projet X4 (CITROËN C5), une nouvelle architecture bi-VAN/CAN est conçue pour répondre aux besoins d'un véhicule haut de gamme qui nécessite un plus grand nombre de fonctions et de grandes qualités de confort de conduite :

- Un réseau CAN Intersystèmes est créé pour répondre aux fonctions moteur.
- Le réseau VAN Confort s'étoffe à nouveau pour intégrer des fonctions comme : la navigation couleur, des radios haut de gamme, une climatisation haut de gamme, etc....
- Deux réseaux VAN Carrosserie 1 et 2 sont créés pour répondre aux fonctions habitacle et aux fonctions « sécuritaires ». On cite comme exemple : l'airbag frontal, le Com2000, les blocs optiques, les platines de portes, le Toit Ouvrant, le capteur de pluie, le boîtier de mémorisation de la position des sièges, etc.... Ils utilisent tous deux un débit de 62,5 Kbits/s.

En effet, si un choc survenait au niveau des portes ayant pour conséquence de court-circuiter ou couper les fils de communication, toutes les fonctions d'éclairage et d'essuyage seraient également perdues.

- C'est également l'apparition du diagnostic des calculateurs avec une liaison ISO 9141 (Lignes K&L) entre le BSI et l'outil de diagnostic pour l'ensemble des calculateurs VAN. Cette liaison de diagnostic utilise un débit de 10,4 Kbits/s. Les lignes K de tous les calculateurs VAN ont été supprimées car le BSI a été choisi comme passerelle des données de diagnostic (Figure III.1). Ceci ne s'est pas produit pour les calculateurs CAN Intersystèmes.
- Le boîtier de servitude moteur (BSM) qui permet une optimisation des faisceaux entre l'habitacle (BSI) et le compartiment moteur où se situent les fonctions pilotées par ce boîtier (lanternes, codes, phares, antibrouillards AV, avertisseur sonore, ...) (Figure III.2).

Chapitre 1 : Le multiplexage embarqué

La figure III.2 ci-dessous illustre l'architecture bi VAN/CAN de la CITROËN C5 (projet X4) :

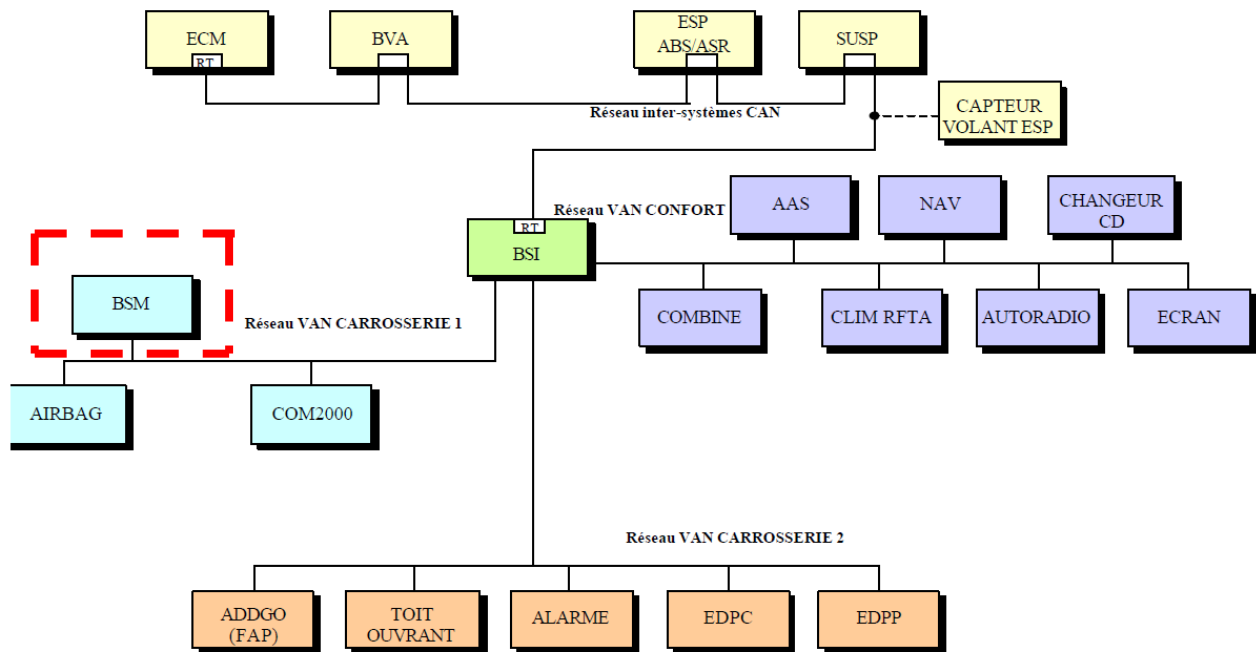


Figure III.2: Architecture bi VAN CAN C5

Une nouvelle architecture logicielle a également été mise en place au niveau du BSI : la structure d'accueil du BSI.

Cette structure d'accueil a repris l'idée d'intégration de pilotes de périphériques connue dans le monde informatique (PC). Cette politique logicielle était guidée par les motivations suivantes :

- Pouvoir standardiser les transferts de données entre les différents pilotes de périphériques au sein du BSI, de manière à améliorer les temps de traitement des fonctions.
- Pouvoir standardiser les interfaces logicielles avec le cœur logiciel du BSI, de façon à pouvoir interchanger facilement les pilotes de périphériques. Cela signifie que CITROËN voulait se donner la possibilité de changer de fournisseur d'équipement (1ère source, 2ème source, ...) en cas de problème de production rencontré par un des fournisseurs dudit équipement. C'est cette architecture bi VAN/CAN optimisée qui est ensuite adoptée par les projets suivants comme A8/A6/A42 (CITROËN C2, C3, C3 PLURIEL) et V (CITROËN C8).

A partir des projets X3/B5 (nouvelle C5 et, C4 la remplaçante de la Xsara), une nouvelle architecture Full CAN est proposée. Cela répond à un besoin de standardisation par rapport aux autres constructeurs automobiles mondiaux. Le contexte automobile mondial a conduit le Groupe PSA à abandonner la technologie VAN, pas assez diffusée et pouvant présenter des risques industriels en terme de pérennité de production, au profit de la technologie CAN, largement diffusée et adoptée par l'ensemble des constructeurs automobiles mondiaux.

Chapitre 1 : Le multiplexage embarqué

Cette nouvelle architecture Full CAN, illustrée par la figure III.3 ci-dessous, est constituée des éléments suivants :

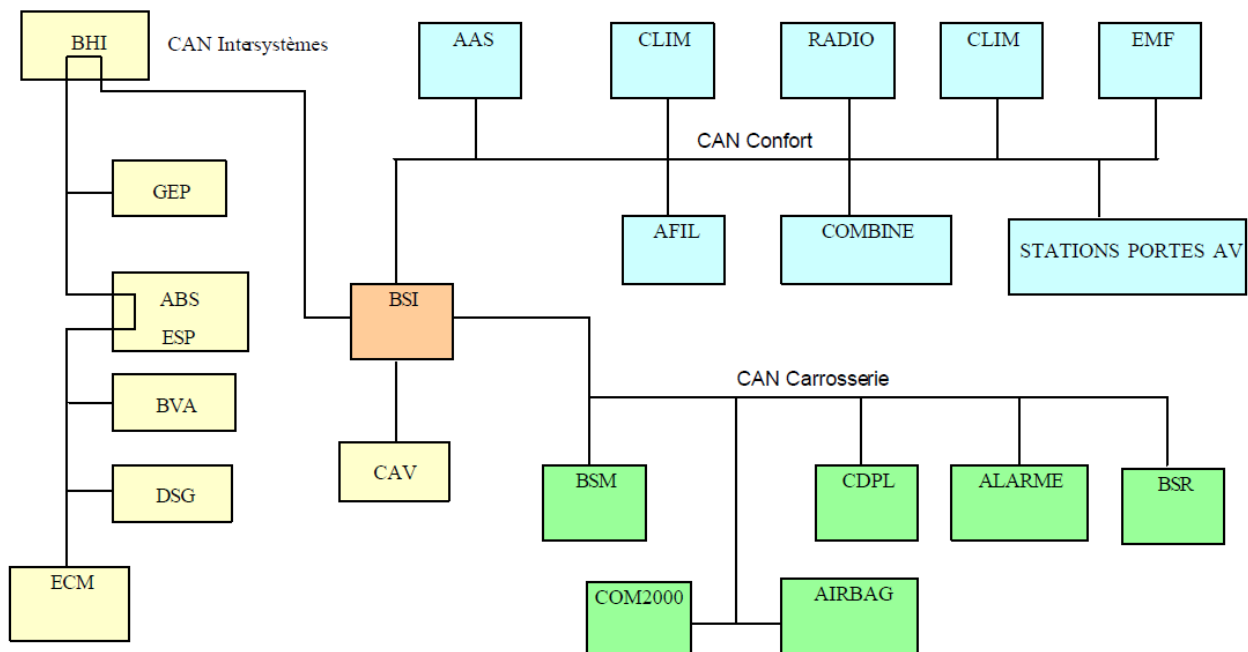


Figure III.3: Architectures Full CAN X3 ET B5

- Le réseau CAN Intersystèmes passe d'un débit de 250 Kbits/s à 500 Kbits/s.
- Le réseau VAN Confort est remplacé par un réseau CAN Confort utilisant aussi un débit de 125 Kbits/s
- Les deux réseaux VAN Carrosserie 1 et 2 sont remplacés par un seul réseau CAN Carrosserie. La raison de sûreté de fonctionnement ayant conduit le Groupe PSA à séparer les deux réseaux de Carrosserie a été contournée en déplaçant les calculateurs d'électronique des portes vers le réseau CAN Confort. Le débit utilisé passe de 62,5 Kbits/s à 125 Kbits/s.
- C'est également la disparition du diagnostic des calculateurs par la liaison ISO 9141 (Ligne K) entre le BSI et l'outil de diagnostic pour l'ensemble des calculateurs CAN. Ceci signifie que la ligne K située entre le BSI et l'outil de diagnostic est remplacée par une liaison CAN utilisant un débit de 500 Kbits/s. Une des motivations de ce choix est de pouvoir diminuer considérablement la durée de téléchargement des calculateurs comme le BSI ou encore l'ECM.

III.2 Le déploiement des architectures dans les véhicules CITROËN

Une politique de déploiement des architectures Bi-VAN/CAN et Full CAN a été mise en place très tôt dans la marque CITROËN grâce à une stratégie de « banque d'organes ». Ce déploiement est illustré par la figure ci-dessous (Figure III.2) :

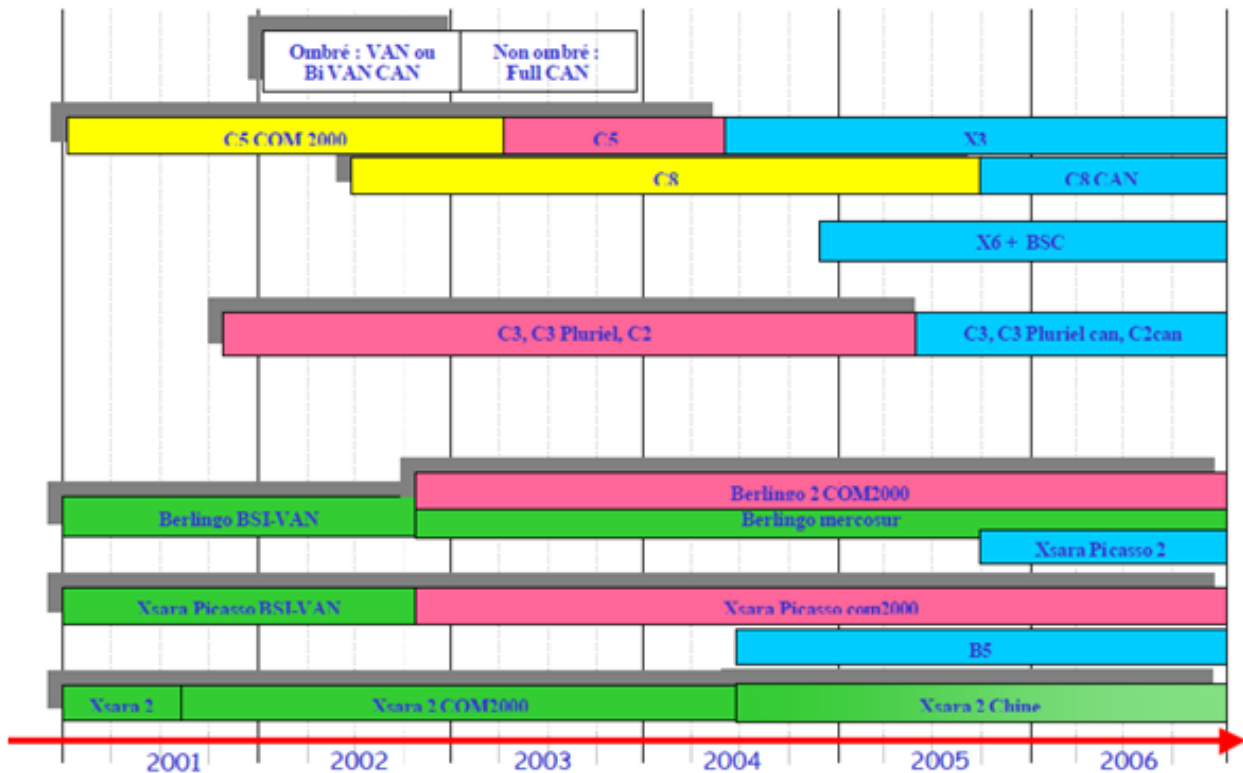


Figure III.2 : Déploiement des architectures CITROËN

IV. Réseaux constituant les architectures du Groupe PSA

IV.1 les architectures bi VAN/CAN

IV.1.1 Réseaux VAN Confort débit moyen

- Pour les fonctions d'affichage (partage d'un système d'affichage), d'instrumentation, de radio, de contrôle de climatisation, de navigation, ...
- Réseau multi-maîtres pour les échanges fonctionnels.
- Maître système : BSI (Management système : Phase de vie active /Diag système/ JDD /Passerelle Diag).
- Débit typique de 125 kbits /s.
- Longueur des messages de 28 octets maximum bien adaptée aux équipements de confort.

IV.1.2 Deux réseaux VAN Carrosserie 1 et 2 bas débits / bas coût, orientés sûreté de fonctionnement

On trouve aussi deux réseaux VAN Carrosserie pour les fonctions sécuritaires et châssi.

- Pour les fonctions airbag, allumage des feux AV, portes, lève-vitres, sièges, filtre à particules, etc....
- Réseau maître – esclaves moins sophistiqué mais plus déterministe.
- Maître système : BSI.
- Débit typique de 62,5 kbits /s.
- Longueur des messages de 28 octets maximum.

IV.1.3 Diagnostic

- Liaison K à 10,4 Kbits/s pour le diagnostic constructeur et le diagnostic réglementaire des calculateurs intersystèmes.
- Liaison K 10,4 Kbits/s vers le BSI jouant le rôle de passerelle de données de diagnostic vers les calculateurs Carrosserie et Confort (Diag-on-VAN à 125 Kbits/s sur le réseau Confort, Diag-on-VAN à 62,5 Kbits/s sur les réseaux Carrosserie).

IV.2 - les architectures full CAN

IV.2.1 Réseau CAN intersystèmes haut débit avec des messages courts

Le réseau CAN intersystème haut débit est destiné aux fonctions moteur (mécaniques) et les liaisons au sol.

C'est un réseau multimaîtres (Tous les calculateurs ont le privilège d'émettre des trames sur décision locale).

- Débit = 500 Kbits/s (Débit élevé, nécessité par la vitesse de variation de certains paramètres dont l'état est à transférer).
- Longueur des messages de 8 octets de données maximum.

IV.2.2 Réseaux CAN-LS Carrosserie / Confort : Moyen débit

Le réseau carrosserie/Confort gère toutes les fonctions du système à l'intérieur de l'habitacle

- Pour les fonctions habitacle et carrosserie (Transposition des architectures VAN).
- Réseau multimaîtres pour les échanges fonctionnels.
- Maître système : BSI (Management système : Phase de vie active / Diag système/ JDD / Passerelle Diag).
- Débit typique de 125 kbits /s.
- Longueur des messages de 8 octets / 7 octets de données maximum.

IV.2.3 Diagnostic

Une unité de diagnostic peut être reliée aux différents calculateurs pour situer et diagnostiquer les différents problèmes de fonctionnement de la voiture.

- Liaison K à 10,4 Kbits/s pour le diagnostic réglementaire de quelques calculateurs intersystèmes,
- Liaison Diag-on-CAN à 500 Kbits/s vers le BSI jouant le rôle de passerelle de données de diagnostic vers quelques calculateurs.
- Liaison Diag-on-CAN à 500 Kbits/s vers le BSI jouant le rôle de passerelle de données de diagnostic vers les calculateurs CAN Carrosserie et CAN Confort (Diag-on-CAN à 125 Kbits/s sur les réseaux CAN Confort et CAN Carrosserie).

IV.3 Comparaison des réseaux intersystèmes, Carrosserie, Confort et Diagnostic

La figure IV.3.1 ci-dessous illustre la comparaison des différents réseaux constituant les architectures bi VAN/CAN :

	CAN Inter-Systèmes	VAN Confort	VAN Carrosserie 1&2 1 et 2	Diagnostic ISO 9141
Type de dialogue	Multi-Maitres	Multi-Maitres	Maître / Esclaves	Maître / Esclave
Débit (kbits/s)	250	125	62,5	10,4
Quantité d'informations	Modérée	Modérée	Modérée à faible	Importante
Temps de Réponse	10 ms	100 ms	100 ms	250 ms

Figure IV.3.1 : Comparaison des différents réseaux constituant les architectures bi VAN CAN

Suite au basculement des architectures bi VAN/CAN vers les architectures Full CAN, les caractéristiques des réseaux sont résumées dans le tableau suivant :

	CAN Inter-Systèmes	CAN Confort	CAN Carrosserie 1 et 2	Diagnostic ISO 9141	Diagnostic ON CAN
Type de dialogue	Multi-Maitres	Multi-Maitres	Maître / Esclaves	Maître / Esclave	Maître / Esclave
Débit (kbits/s)	500	125	125	10,4	500
Quantité d'informations	Modérée	Modérée	Modérée	Importante	Importante
Temps de Réponse	10 ms	100 ms	100 ms	250 ms	250 ms

Figure IV.3.2 : Comparaison des différents réseaux constituant les architectures Full CAN

V. L'organe centrale : le BSI

V.1 Historique de l'évolution du BSI

Le BSI, boîtier de servitude intelligent, a constamment évolué depuis les lancements des CITROËN Xsara, Xsara Picasso et Berlingo. La version de BSI alors utilisée était une version Basic 99, et pilotait un réseau VAN Confort. Cette version a été enrichie d'un réseau VAN Carrosserie et d'un réseau CAN Intersystèmes (Basic 2000) et a encore évolué en introduisant les calculateurs Com2000 et BSM sur le réseau VAN Carrosserie (Basic 2001).

Concernant les véhicules Haut de Gamme de CITROËN (C5 et C8), le BSI Basic a évolué vers le BSI Top 99 dont les caractéristiques sont :

- La gestion d'un réseau VAN Confort, deux réseaux VAN Carrosserie, un réseau CAN Intersystèmes.
- Le développement logiciel est assuré par PSA.
- Le BSI intègre le BFH (Boîtier Fusible Habitacle).
- Les fonctions de téléchargement sont possibles grâce à l'intégration de la technologie Flash dans le microcontrôleur. Le BSI Top 99 a ensuite évolué vers le BSI Top 2000 prévoyant la gestion du Com2000 et du BSM sur le réseau VAN Carrosserie 1 et non plus de façon filaire.

La figure ci-dessous résume l'évolution et le déploiement du BSI :

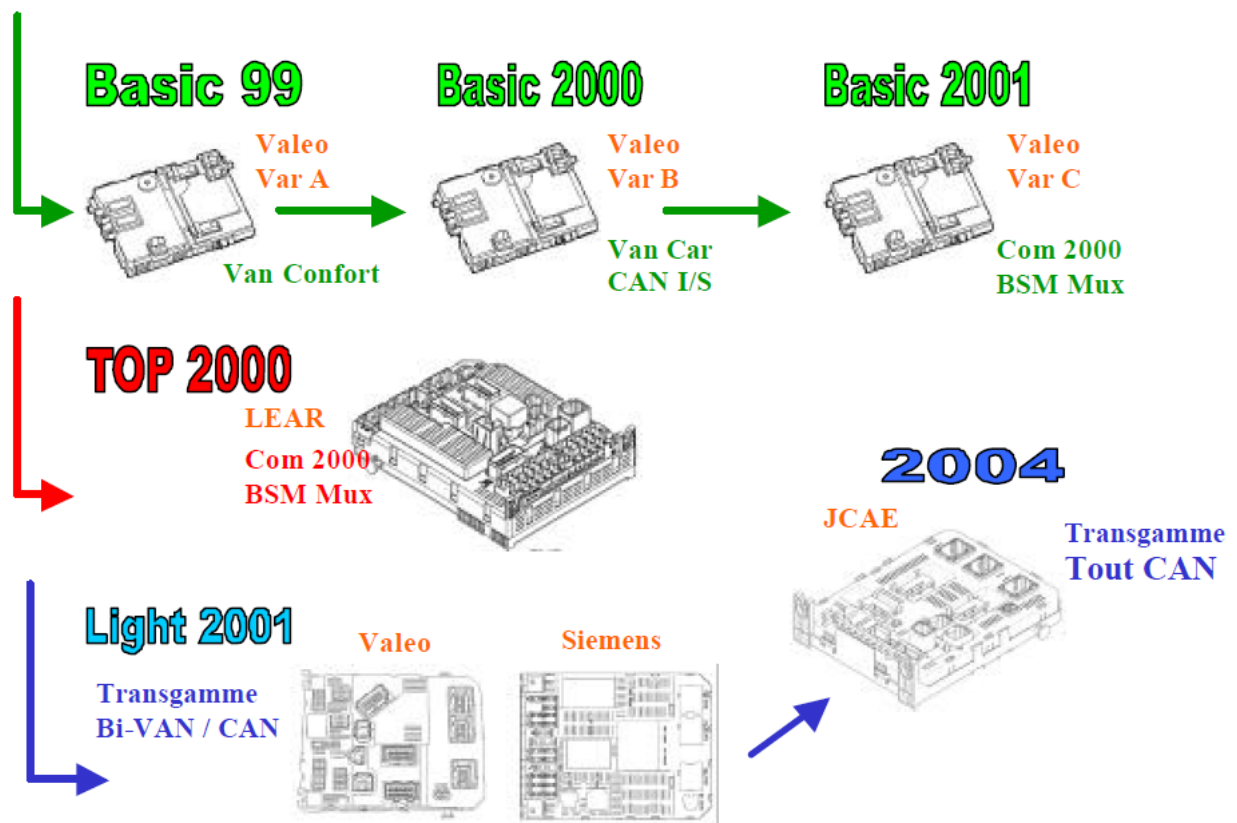


Figure V.1 : Table de déploiement et des évolutions du BSI

V.2 Synthèse des fonctions regroupées dans le BSI

De plus, comme la puissance de calcul du BSI a constamment été augmentée du fait des microcontrôleurs utilisés, le nombre de fonctions intégrées dans ce boîtier en vue de simplifier les autres calculateurs périphériques et de réduire leur coût, a également augmenté, comme illustré dans la figure V.2 ci-dessous.

Par exemple, l'algorithme de régulation de la climatisation a été intégré dans le calculateur BSI qui fournit les ordres de pilotage à la climatisation.

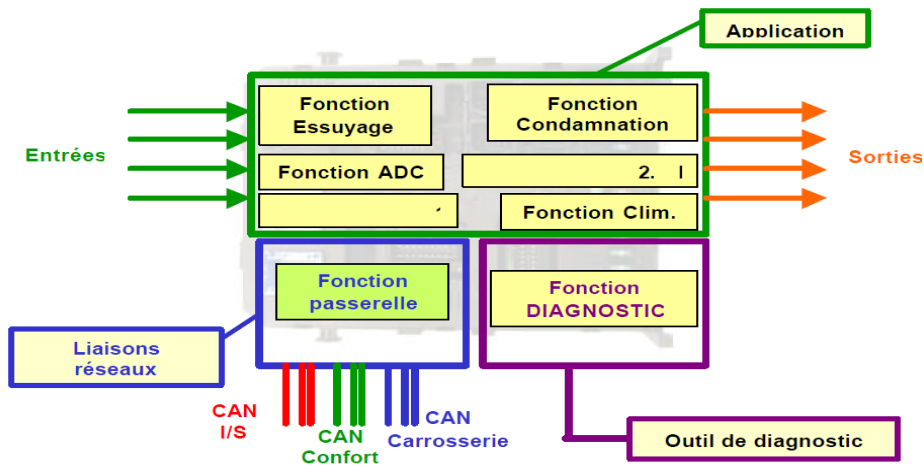


Figure V.2 : Evolution du BSI et intégration de fonctions de carrosserie et de confort

VI. Le protocole VAN : généralités et concept

Le protocole VAN est un protocole de communication utilisant des débits de communication moyens, bien adapté notamment pour la gestion des fonctions de carrosserie et de confort. En effet, ces fonctions nécessitant, pour la plupart d'entre elles, des temps de réaction, entre une commande et une action, de l'ordre de 100 millisecondes (100 ms), ce type de protocole est bien adapté. Le protocole VAN est découpé en couches selon le modèle OSI de l'ISO de la manière suivante (Figure VI.) :

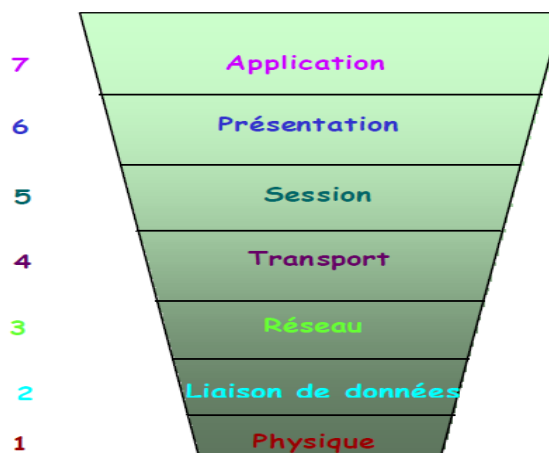


Figure VI : Couche OSI du protocole VAN

Le protocole VAN a été inventé dans le but de mettre en relation des systèmes communicants complexes entre eux mais aussi (et peut être surtout) pour faire communiquer des éléments simples et esclaves avec un maître qui assurera le cadencement du réseau.

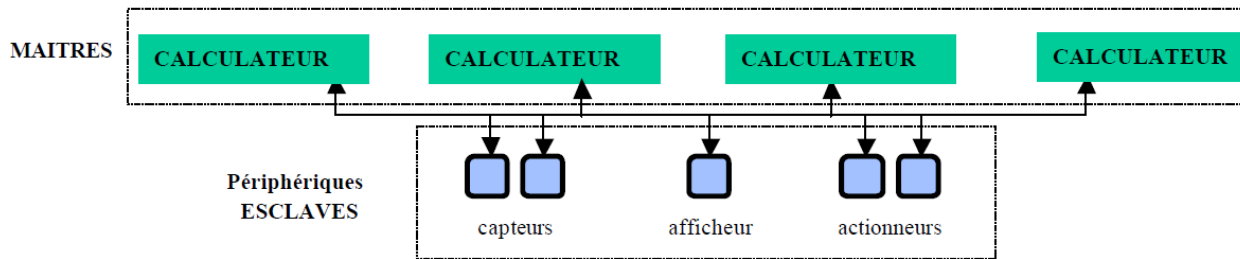


Figure VI.2 : Concept VAN

VI.1 Principales caractéristiques

VI.1.1 Topologie

Les topologies, c'est-à-dire l'arrangement des calculateurs, permis par le protocole VAN, sont à peu près libres. Les calculateurs sont cependant le plus souvent connectés en obéissant à une topologie de type arbre-bus ou étoile-arbre-bus comme le montre la figure d'une architecture bi VAN/CAN ci-dessous :

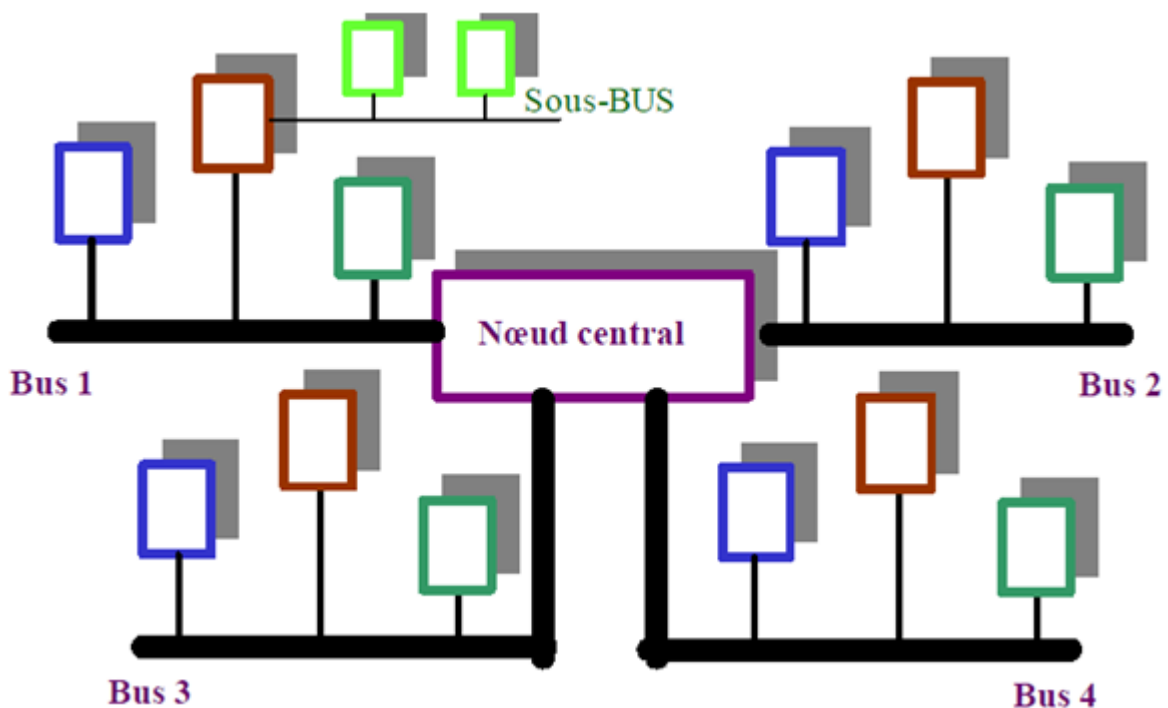


Figure VI.1.1 : Topologie d'un réseau VAN

Chapitre 1 : Le multiplexage embarqué

Le nombre maximum de nœuds VAN sur le même bus est 16 et la longueur maximale autorisée entre 2 calculateurs est 40 mètres.

VI.1.2 Milieu de transmission



Le médium de transmission c'est à dire le support matériel ou immatériel de transmission des signaux VAN n'est pas imposé par la norme VAN. Cependant les seuls calculs qui y sont présentés ne correspondent qu'à un médium de transmission de type filaire (cuivre) en paire torsadée ou non. Dans ce cas, les signaux sont nommés Data et DataB. Cependant, rien n'interdit de transmettre des messages VAN sur un médium optique ou encore radio.

VI.1.3 Structure d'un nœud

Un ordinateur VAN dispose d'une interface standardisée (standard VAN) lui permettant d'interopérer avec d'autres ordinateurs VAN. Cette interface électronique standardisée répond toujours au schéma synoptique suivant (lorsqu'un médium de type filaire est utilisé) :

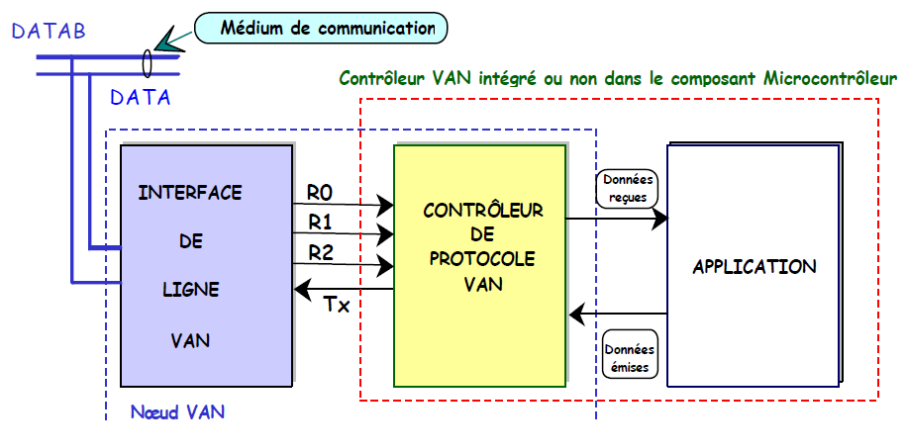


Figure VI.1.3 : Structure d'un nœud VAN

Cette structure est constituée de 2 éléments majeurs :

- Le contrôleur de protocole (CP VAN) qui a la charge de gérer le protocole VAN c'est à dire les fonctions principales suivantes :
 - Codage / décodage des messages VAN entrants et sortants
 - Accès au bus après détection de bus libre
 - Gestion des collisions Gestion des erreurs
 - Interface avec le microprocesseur (ou microcontrôleur) réalisant les tâches fonctionnelle
- Etc...
- L'interface de ligne qui a la charge de traduire les signaux du bus VAN, Data et DataB, en signaux R0, R1 et R2 dépourvus de parasites vers le CP VAN et inversement, le signal TX issu du CP VAN, en signaux Data et DataB vers le bus VAN. Ce composant a donc 2 rôles majeurs, de traduction et de protection.

VI.1.4 Structure d'une trame :

Une trame VAN est constituée de 9 champs :

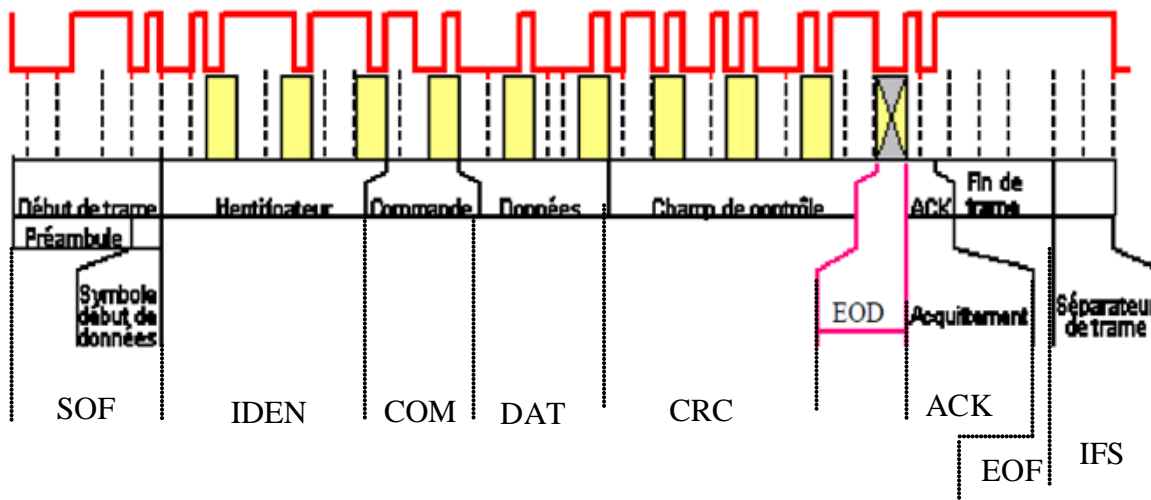


Figure VI.1.4 : Structure d'une trame

- Champ SOF (Start Of Frame) marquant le début de la trame VAN et permettant aux périphériques esclaves VAN de s'adapter automatiquement à la vitesse du bus VAN.
- Champ IDEN indiquant la nature ou le destinataire des données.
- Champ COM indiquant le type de la trame (lecture ou écriture) et spécifiant le mode de transmission (Point à Point ou Diffusion de données, c'est à dire, avec ou sans demande d'acquiescement).
- Champ DAT contenant les informations utiles.
- Champ CRC vérifiant l'intégrité du contenu de la trame VAN.
- Champ EOD marquant la fin du champ de données et la fin du CRC.
- Champ ACK réservé pour l'acquiescement du destinataire des données.
- Champ EOF indiquant la fin de la trame VAN et constituant une première partie du bus libre.
- Champ IFS garantissant un espace inter-trame minimal et constituant la deuxième partie du bus libre.

VI.1.5 Codage VAN

Le codage utilisé pour un bit VAN fait appel soit au codage NRZ (Figure VI.1.5), soit au codage Manchester (figure VI.1.5') selon la position de ce bit.

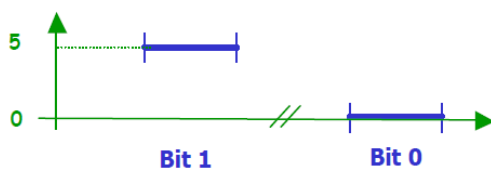


Figure VI.1.5 : Codage NRZ

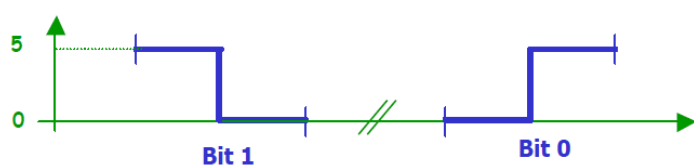


Figure VI.1.5' : Codage Manchester

Chapitre 1 : Le multiplexage embarqué

En utilisant le codage NRZ, un bit '0' est codé avec un état électrique 0V appelé par convention, 'bit dominant' et un bit '1' est codé avec un état électrique 5V appelé 'bit récessif'.

En utilisant le codage Manchester, un bit '0' est codé avec deux états électriques 0V suivi de 5V appelé par convention, 'bit dominant' et un bit '1' est codé avec deux états électriques 5V suivi de 0V appelé, 'bit récessif'.

Le codage obtenu pour un octet VAN (8 bits) se nomme le Manchester comprimé. C'est une combinaison du codage NRZ et du codage Manchester comme l'indique la figure (VI.1.5.2) ci dessous :

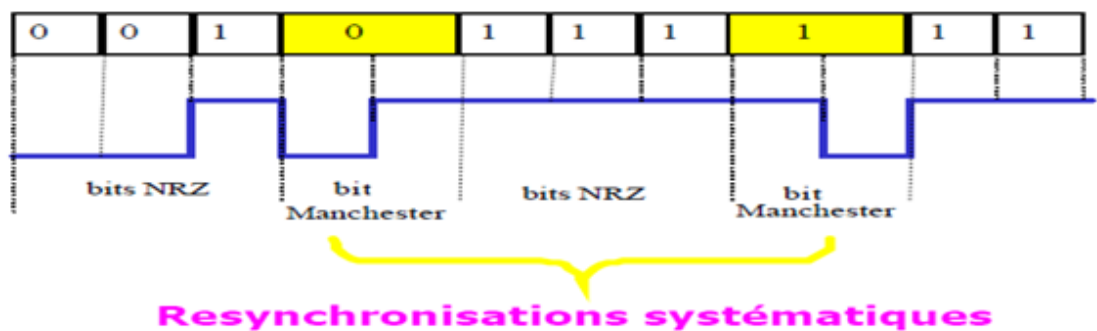


Figure VI.1.5.2 : Codage Manchester comprimé

Les 3 premiers bits utilisent le codage NRZ, le quatrième bit utilise le codage Manchester, les 3 bits suivants utilisent le codage NRZ et le dernier bit utilise le codage Manchester.

Le but de ce codage est d'obtenir au moins 2 transitions Récessif- Dominant ou Dominant Récessif dans un octet VAN (8 bits) de manière à assurer une resynchronisation systématique des horloges des calculateurs. En effet, quelle que soit la valeur de cet octet (même 00 ou FF comme figurant ci-dessous), des transitions sont bien assurées.

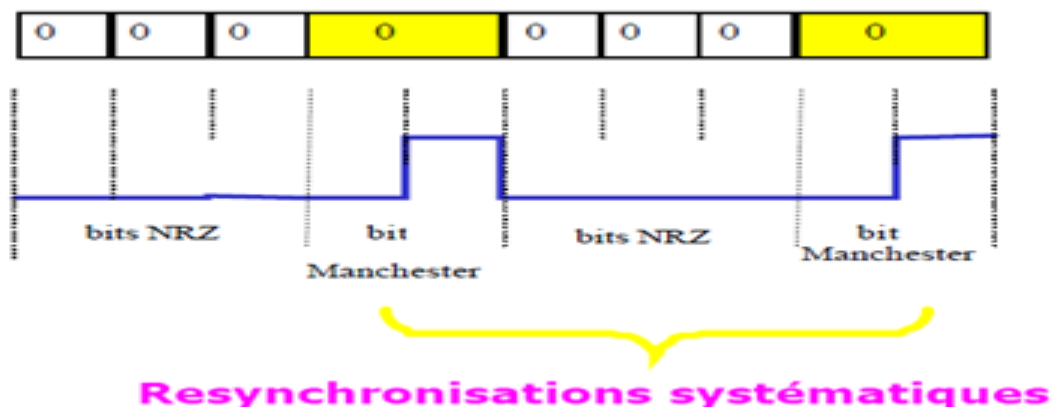


Figure VI.1.5.3 : Exemple de codage d'un octet VAN de valeur 00

VI.1.6 Modes de transmission

Un calculateur VAN dispose de 3 modes de transmissions possibles :

- Le mode de transmission périodique : Le message VAN est émis périodiquement sur le réseau. Il faut cependant garantir que la période ne soit pas trop petite afin de garantir au destinataire de ce message un temps nécessaire à la prise en compte de chaque message envoyé.
- Le mode événementiel conditionné par un changement dans les données du message VAN à transmettre (exemple : suite à une action de l'utilisateur)
- Le mode mixte, périodique et événementiel, où la combinaison des modes précédents est utilisée afin de garantir une réactivité maximale à toute action de l'utilisateur tout en assurant un rafraîchissement permanent de l'information.

VI.1.7 Accès au médium de transmission

Un calculateur VAN accède au médium de transmission de façon aléatoire et asynchrone. Cela signifie simplement que cet accès peut se faire à n'importe quel moment sur besoin et décision locale de l'application. Cependant, quelques règles fondamentales sont respectées par le CP VAN :

L'accès au réseau VAN n'est possible que si celui-ci est détecté comme libre. Le bus est détecté libre si au moins 12 bits récessifs consécutifs ont été lus. Après cette condition, n'importe quel calculateur VAN est apte à transmettre et recevoir des messages. Chaque calculateur VAN relit les bits qu'il émet et les compare sans cesse.

Le réseau VAN fonctionne comme une fonction « ET logique » répondant au fonctionnement suivant :

- Si tous les calculateurs VAN émettent simultanément un bit 1 (récessif) sur le bus, un bit 1 (récessif) sera relu sur le bus.
- Par contre, si au moins 1 calculateur VAN émet un bit 0 (dominant) sur le bus, même si tous les autres calculateurs émettent en même temps un bit 1 (récessif) sur le bus, alors un bit 0 (dominant) sera relu sur le bus
- En cas d'accès simultané au réseau par 2 ou plusieurs calculateurs VAN, il y a une collision et un arbitrage de la priorité est décidé. Le calculateur possédant l'adresse numérique la plus faible (comportant des bits dominants (bits 0) dans les poids forts) sera le plus prioritaire, comme le montre la figure ci-dessous :

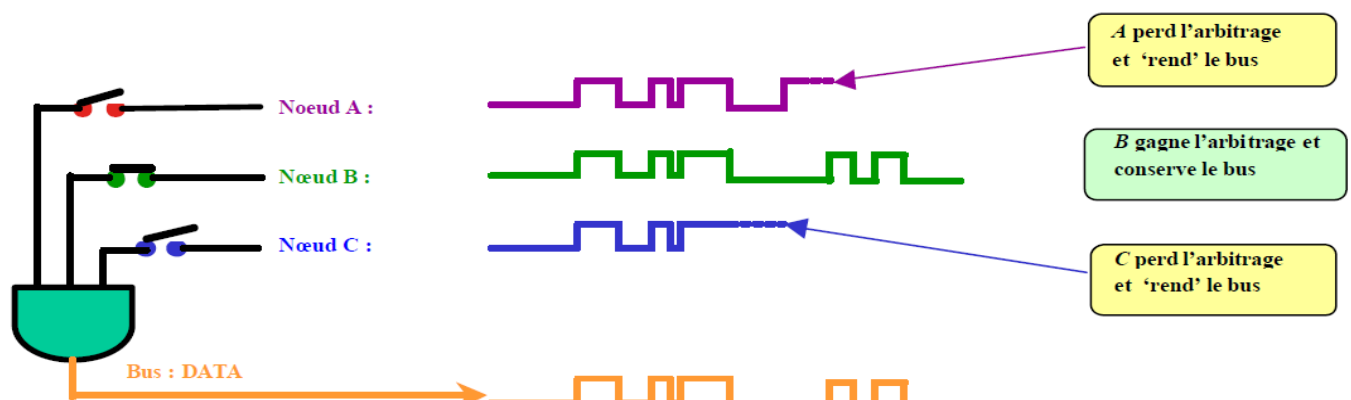


Figure VI.1.7 : Exemple d'arbitrage entre 2 calculateurs VAN

Chapitre 1 : Le multiplexage embarqué

Le calculateur VAN ayant perdu l'arbitrage est tenu de stopper immédiatement sa transmission et d'attendre que le bus VAN soit de nouveau libre avant de tenter une nouvelle transmission. Les champs sur lesquels peut s'opérer l'arbitrage des priorités sont :

- Le champ d'identification
- Le champ de données si les champs d'identification ont été identiques

VI.1.8 Services

Les calculateurs VAN disposent de 4 services de communication :

- L'écriture de données en mode diffusion (envoi de données d'un producteur vers plusieurs consommateurs) ne mettant pas en œuvre l'acquittement dans la trame
- L'écriture de données en mode point à point (envoi de données d'un producteur vers un consommateur précis) avec acquittement dans la trame du consommateur
 - La requête de données (requête de données d'un consommateur vers un producteur)
- La réponse dans la trame (réponse à une requête dans la même trame) ou la réponse différée si le producteur des données n'était pas disponible au moment de la requête

Ces services permettent de mettre au point de stratégies multimaître (Utilisation du service de diffusion de données) et mono maître- multiesclaves (Ecriture point à point, et requête / réponse dans la trame)

VI.1.9 Acquittement VAN

L'acquittement VAN peut être activé ou désactivé par le producteur des données. En effet, si ce dernier souhaite communiquer avec un calculateur précis (mode 'point à point'), il activera la demande d'acquittement. Dans ce cas, seul le calculateur ayant détecté une trame dont le format est correcte et correspondant à un message qui lui est destiné (vérification du champ d'identification), produira un acquittement de cette trame. Les autres calculateurs n'étant pas concernés par cet échange ne doivent pas générer d'acquittement. Par contre, si ce dernier souhaite communiquer avec quelques calculateurs ou l'ensemble des calculateurs du réseau, il désactivera la demande d'acquittement. Dans ce cas, tous les calculateurs ne généreront pas d'acquittement et seuls les calculateurs intéressés par l'information la traiteront. Le protocole VAN est donc bien adapté aux échanges utilisant les modes de diffusion de données point à point.

VII Le protocole CAN : généralités et concept

Le protocole CAN est également un protocole de communication utilisant des débits de communication moyens bien adaptés aux besoins de contrôle /commande, notamment de fonctions de carrosserie et de confort mais également des débits plus élevés permettant de répondre aux besoins de fonctions intersystèmes. En effet, ces fonctions nécessitant, pour la plupart d'entre elles, des temps de réaction de l'ordre de 10 millisecondes (10 ms), c'est-à-dire 10 fois moins que le temps de réaction d'une fonction de carrosserie ou de confort, ce type de protocole est bien adapté. Le protocole CAN est également découpé en couches selon le modèle OSI de l'ISO. Ce découpage est identique à celui du protocole VAN présenté par la figure VI.

Trois parties sont prépondérantes dans la présentation du protocole CAN : Les couches physiques CAN High Speed (CAN HS) et CAN Low Speed Fault Tolerant (CAN LS FT) et la couche protocole.

Le protocole CAN a été inventé dans le but de mettre en relation des systèmes communicants complexes entre eux. La notion de communication entre des éléments simples et esclaves avec un maître qui assurera le cadencement du réseau, n'est pas implicite dans le protocole. Cela est réalisable en mettant en œuvre des stratégies logicielles adaptées.

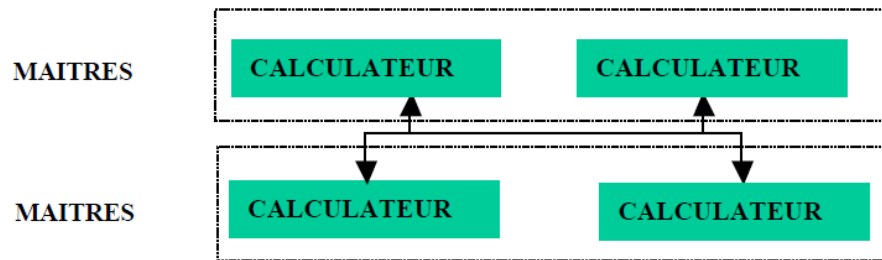


Figure VII : Concept CAN

VII.1 Principales caractéristiques

VII.1.1 Topologie

Les topologies, c'est-à-dire l'arrangement des calculateurs, permises par le protocole CAN, sont relativement contraintes par les phénomènes de propagation et de réflexion des signaux sur une ligne de communication. Les calculateurs sont le plus souvent connectés en obéissant à une topologie de type arbre-bus en essayant d'organiser les équipements le long d'un bus principal dont les 2 extrémités doivent être adaptées par une résistance de terminaison (T). Selon la norme CAN, les dérives autorisées à partir de ce bus principal ne doivent pas excéder 1 mètre de longueur (L1, L2 et L3 ne doivent pas idéalement dépasser 1 mètre), comme le montre la figure VII.1.1 ci-dessous :

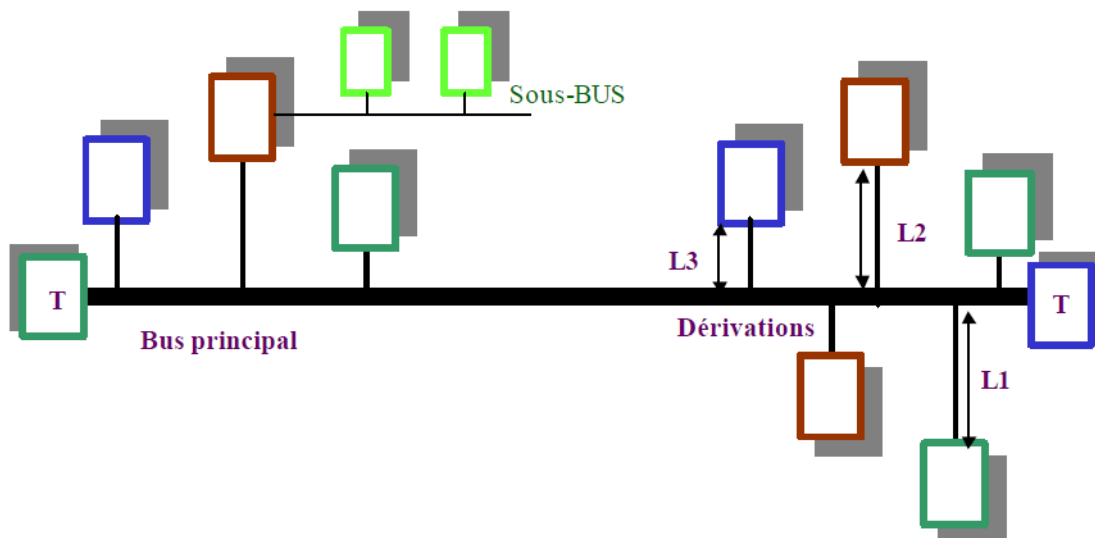


Figure VII.1.1 : Topologie 'idéale' d'un réseau CAN

Le nombre maximum de nœuds CAN sur le même bus est 16 et la longueur maximale autorisée entre les 2 calculateurs les plus éloignés du système, est 40 mètres.

VII.1.2 Milieu de transmission

Le médium de transmission c'est à dire le support matériel ou immatériel de transmission des signaux CAN n'est pas imposé par la norme CAN. La norme propose un médium de transmission de type filaire (cuivre) en paire torsadée ou non. Dans ce cas, les signaux sont nommés CAN-H et CAN-L. Cependant, rien n'interdit de transmettre des messages CAN sur un médium optique ou encore radio.

VII.1.3 Structure d'un nœud

Un calculateur CAN dispose d'une interface standardisée (standard CAN) lui permettant d'interopérer avec d'autres calculateurs CAN. Cette interface électronique standardisée répond toujours au schéma synoptique suivant (lorsqu'un médium de type filaire est utilisé) :

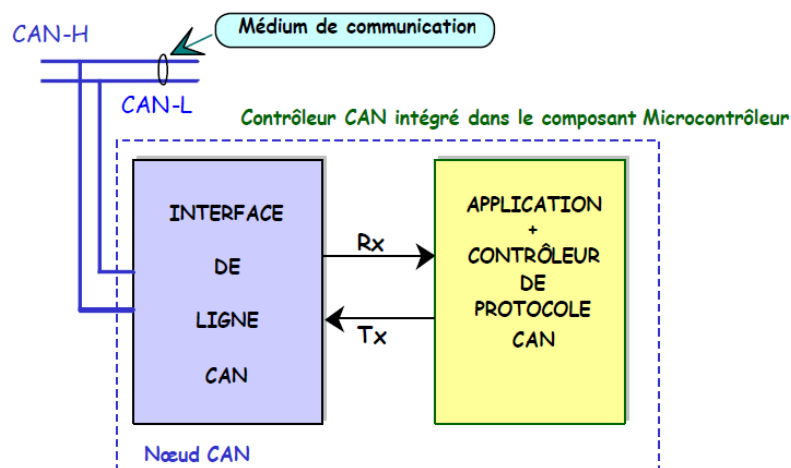


Figure VII.1.3 : Structure d'un nœud CAN

Cette interface est constituée de 2 éléments majeurs :

Le contrôleur ou gestionnaire de protocole (CP CAN) qui a la charge de gérer le protocole CAN, c'est à dire les fonctions principales suivantes :

- Codage / décodage des messages CAN entrants et sortants
- Accès au bus après détection de bus libre
- Gestion des collisions
- Gestion des erreurs (gestion des compteurs d'erreurs TX et RX et des états de communications correspondants : Erreur Active, Erreur Passive, Bus Off)
- Interface avec le microprocesseur (ou microcontrôleur) réalisant les tâches fonctionnelles
- Etc....

L'interface de ligne qui a la charge de traduire les signaux du bus CAN, CAN-H et CAN-L, en signal RX dépourvu de parasites vers le CP CAN et inversement, le signal TX issu du CP CAN, en signaux CAN-H et CAN-L vers le bus CAN. Ce composant a donc 2 rôles majeurs, de traduction et de protection. Deux couches physiques CAN High Speed et CAN Low Speed Fault Tolerant seront distinguées grâce à ce composant Interface de ligne.

VII.1.4 Structure d'une trame

Une trame CAN est constituée de 9 champs :

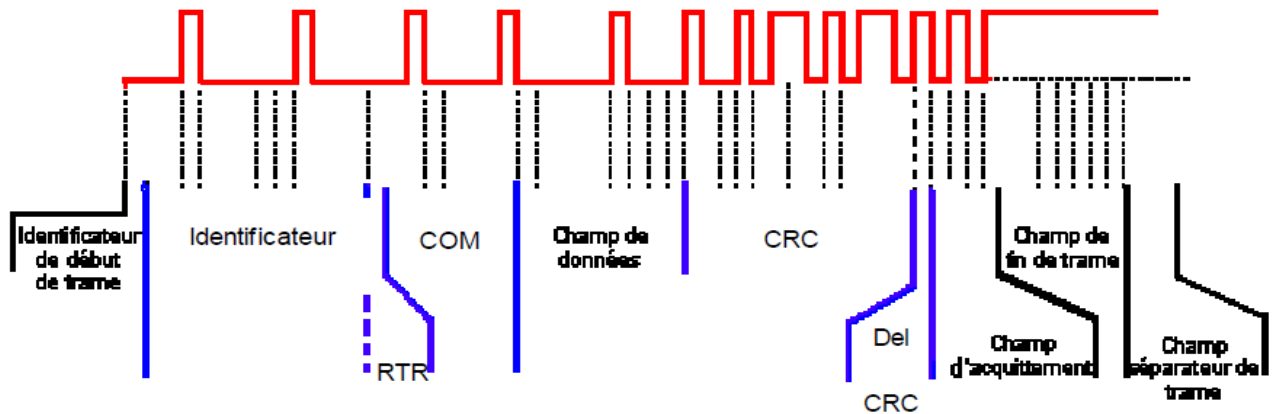


Figure VII.1.4 : Structure d'une trame CAN

- Champ Start Bit marquant le début de la trame CAN et permettant à tous les nœuds CAN présents sur le bus de se synchroniser.
- Champ IDEN indiquant la nature ou le destinataire des données.
- Bit RTR (Remote Transmit Request ou Demande de Transmission Distant) permet de déterminer si la trame contient une transmission de données ou une requête de données.
- Champ COM indiquant la longueur du champ de données de la trame en cours.
- Champ DAT contenant les informations utiles.
- Champ CRC vérifiant l'intégrité du contenu de la trame CAN.
- Champ Délimiteur de CRC marquant la fin du champ de données et la fin du CRC.
- Champ ACK réservé pour l'acquiescement des nœuds CAN présents sur le bus.
- Champ EOF indiquant la fin de la trame CAN et constituant une première partie du bus libre.
- Champ IFS garantissant un espace inter-trame minimal et constituant la deuxième partie du bus libre.

VII.1.5 Codage CAN

Le codage utilisé pour un bit CAN fait appel au codage NRZ (figure VII.1.5) complété par la méthode de bit stuffing (bit de bourrage) lorsque la séquence de bits à transmettre comporte plus de 5 bits consécutifs de même valeur (0 ou 1). Cette méthode consiste à insérer un bit de bourrage de valeur complémentaire à la suite de 5 bits consécutifs de même valeur.

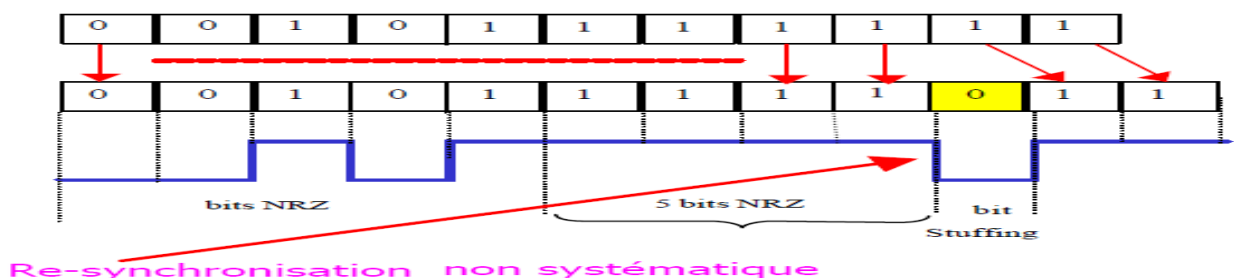


Figure VII.1.5 : Codage NRZ avec bit stuffing

En utilisant le codage NRZ, un bit '0' est codé avec un état électrique 0V appelé par convention, 'bit dominant' et un bit '1' est codé avec un état électrique 5V appelé 'bit récessif'.

En complétant ce codage par la méthode de bit stuffing, un bit '0' est inséré si 5 bits '1' sont émis consécutivement sur le bus et inversement, un bit '1' est inséré si 5 bits '0' sont émis consécutivement sur le bus.

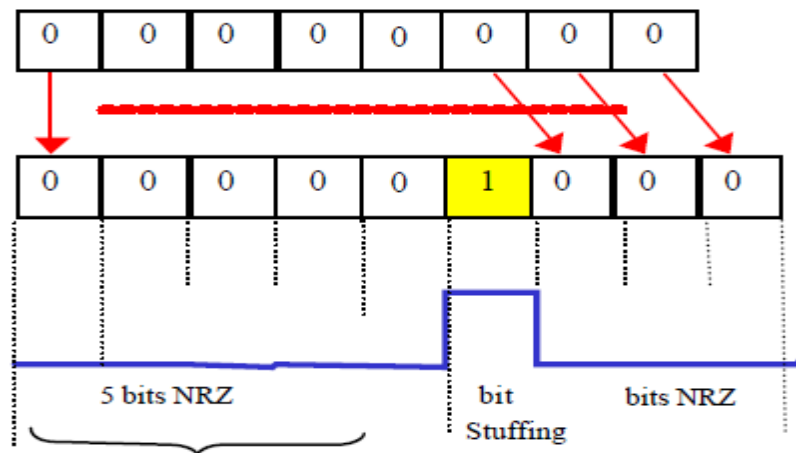


Figure VII.1.5' : Exemple d'un octet CAN de valeur 00

VII.1.6 Modes de transmission

Les modes de transmission utilisés par un calculateur CAN sont identiques aux 3 modes de transmissions utilisés par les calculateurs VAN :

- Le mode de transmission périodique.
- Le mode événementiel.
- Le mode mixte, périodique et événementiel.

VII.1.7 Accès au médium de transmission

Un calculateur CAN accède au médium de transmission de façon aléatoire et asynchrone. Cela signifie simplement que cet accès peut se faire à n'importe quel moment sur besoin et décision locale de l'application. Cependant, quelques règles fondamentales sont respectées par le CP CAN :

- L'accès au réseau CAN n'est possible que si celui-ci est détecté comme libre. Le bus est détecté libre si au moins 10 bits récessifs consécutifs ont été lus.
- Après cette condition, n'importe quel calculateur CAN est apte à transmettre et recevoir des messages.
- Chaque calculateur CAN relit les bits qu'il émet et les compare sans cesse. Le réseau CAN fonctionne également comme une fonction « ET logique » répondant au même mode de fonctionnement que le réseau VAN :
- Si tous les calculateurs CAN émettent simultanément un bit 1 (récessif) sur le bus, un bit 1 (récessif) sera relu sur le bus.

· Par contre, si au moins 1 calculateur CAN émet un bit 0 (dominant) sur le bus, même si tous les autres calculateurs émettent en même temps un bit 1 (récessif) sur le bus, alors un bit 0 (dominant) sera relu sur le bus.

En cas d'accès simultané au réseau par 2 ou plusieurs calculateurs CAN, il y a une collision et un arbitrage de la priorité est décidé. Le calculateur possédant l'adresse numérique la plus faible (comportant des bits dominants (bits 0) dans les poids forts) sera le plus prioritaire, comme dans le cas du protocole VAN. Le calculateur CAN ayant perdu l'arbitrage est tenu de stopper immédiatement sa transmission et d'attendre que le bus CAN soit de nouveau libre avant de tenter une nouvelle transmission. Le champ sur lequel peut s'opérer l'arbitrage des priorités est le champ d'identification uniquement

VII.1.8 Services

Les calculateurs CAN disposent de 3 services de communication :

- L'écriture de données en mode diffusion (envoi de données d'un producteur vers plusieurs consommateurs)
- La requête de données (requête de données d'un consommateur vers un producteur)
- La réponse différée (réponse à une requête dans une autre trame). Ces services permettent de mettre au point des stratégies multimaîtres (utilisation du service de diffusion de données) et mono maître- multi esclaves (requête/réponse)

VII.1.9 Acquittance CAN

L'acquittance est obligatoire en CAN. Tout calculateur détectant une trame dont le format est correcte, est tenu d'acquitter cette trame, même si celle-ci ne lui est pas destinée.

Ceci est une différence majeure avec le protocole VAN et il devient très difficile de mettre en œuvre une communication de type 'point à point' où seul un destinataire des données est autorisé à acquitter la trame qui lui est adressée : cela permet de sécuriser ce transfert. Avec le protocole CAN, cela n'est pas possible. Par contre, rien n'empêche de réaliser un 'acquittance logiciel' c'est-à-dire en renvoyant un autre message de confirmation de réception...

Le protocole CAN est donc bien adapté aux échanges utilisant le mode de diffusion de données mais n'est pas adapté pour les échanges utilisant le mode point à point.

VIII- Caractéristiques des protocoles VAN et CAN

Les protocoles VAN et CAN ont finalement des caractéristiques assez similaires.

Les notions touchant aux débits, à la charge de bus, au temps de latence à l'accès au médium ainsi qu'à la gestion des erreurs présentent de grandes similitudes. C'est d'ailleurs principalement pour cette raison, que le Groupe PSA a décidé en 2000, d'abandonner le protocole VAN au profit du protocole CAN pour les applications Carrosserie et Confort, principalement pour des raisons industrielles car les caractéristiques techniques ne permettaient pas à l'un d'entre eux de se démarquer suffisamment.

La figure VIII illustre les 3 états de communication possibles :

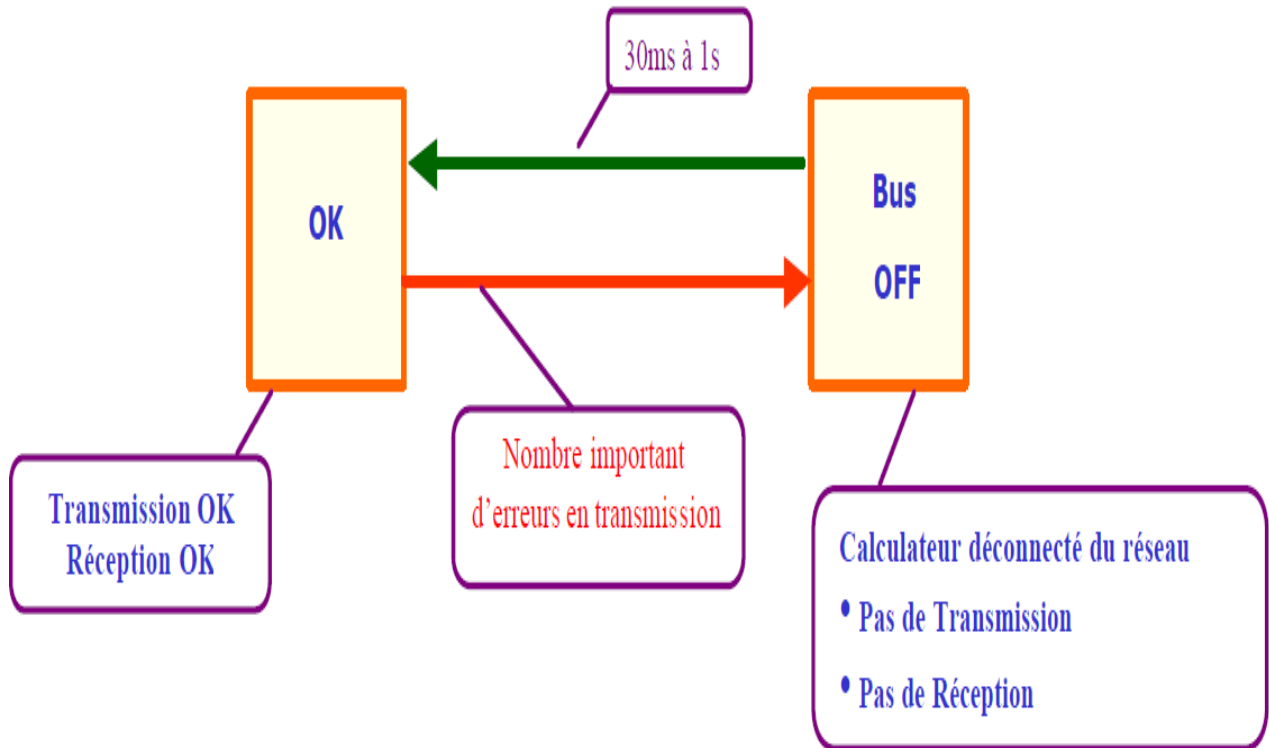


Figure VIII : Etats de communication normalisés par le protocole CAN

Chapitre 1 : Le multiplexage embarqué

IX- Résumé et comparaison des protocoles VAN et CAN

Les protocoles VAN et CAN sont très similaires de par leur fonctionnement et leurs performances. Le tableau ci-dessous rappelle les principales caractéristiques de ces 2 protocoles :

Caractéristiques	PROTOCOLE	
	VAN	CAN
Applications	Automobile (PSA)	Automobile et autres industries
Codage	Manchester comprimé	NRZ + bit stuffing
Champ d'arbitrage	Champ Identificateur + Champ de données	Champ Identificateur uniquement
Architectures	Maître-Esclaves ou Multi-maîtres	Multi-maîtres
Topologie	Arbre-bus – Possibilité Etoile	Arbre-bus – Possibilité Etoile
Médium	Filaire : paire différentielle Possibilité autres média	Filaire : paire différentielle Possibilité autres média
Tolérance aux pannes	Oui	CAN HS : Non, CAN LS FT : Oui
Débit maximal	1 Mbits/s	1 Mbits/s
Longueur maximale totale du réseau	40 m	40 m
Protection	CRC 15 bits	CRC 15 bits
Champ d'adresse	12 bits + 1 bit d'extension	11 bits + 1 bit d'extension en CAN 2.0A 29 bits en CAN 2.0B
Services	Ecriture en Diffusion Ecriture en Point à Point Lecture avec Réponse dans la trame Lecture avec Réponse différée	Ecriture en Diffusion Lecture avec Réponse différée
Acquittement	Par le nœud destinataire en Point à Point Pas d'acquittement en Diffusion	Non Acquittement par tous les nœuds
Nature d'erreurs	Bit, Code, Format, CRC, Ack	Bit, Stuffing, Format, CRC, Ack
Compteurs d'erreurs	Non	Oui, Tx-Err-Cpt et Rx-Err-Cpt
Capacité du champ de données	28 octets max	8 octets max

X – Raisons du passage au FULL CAN : abandon du VAN

Le protocole VAN a été créé par des sociétés françaises (PSA, RENAULT, VALEO, SAGEM, ...) afin de proposer une solution alternative au protocole CAN créé et promu par la société Robert BOSCH GmbH.

Pour cela, une politique de spécification, conception, validation et industrialisation de composants VAN a été mise en place par les 3 constructeurs automobiles français (PEUGEOT, CITROËN, RENAULT). Cette politique a été massivement suivie dès 1987 par nombre de partenaires de composants électroniques comme SGS-THOMSON, PHILIPS, MATRA MHS, ALCATEL MIETEC, TEXAS INSTRUMENTS...

Bien que le protocole VAN présentait bon nombre d'avantages techniques reconnus (possibilité de bâtir des architectures électroniques maître – esclaves peu chères, possibilité de répondre dans la trame, possibilité d'utiliser le procédé de diffusion de données mais aussi le procédé point à point), RENAULT a décidé d'abandonner ce protocole au profit du protocole CAN pour des raisons industrielles en 1995 par crainte de ne pas pouvoir disposer des composants sur le marché pour produire ses véhicules.

PSA et CITROËN notamment étant plus avancé que RENAULT sur le sujet, a choisi de poursuivre les travaux sur le protocole VAN pour les réseaux concernant l'habitacle et la carrosserie et dans le même temps, d'adopter le protocole CAN pour les applications Intersystèmes.

Ainsi, PSA se rapprochait des architectures connues chez les autres constructeurs, à savoir :

- Un protocole propriétaire (le VAN) pour les applications confort et carrosserie
- Un protocole standard (le CAN) pour les applications intersystèmes

Suite à l'abandon du protocole VAN par RENAULT, les partenaires fournisseurs de composants VAN, TEXAS INSTRUMENTS, PHILIPS et SGS-THOMSON, ont abandonné à leur tour, préférant les perspectives offertes par le protocole CAN.

D'autres partenaires ont rejoint PSA comme NEC et MITSUBISHI.

Enfin, en 2000, la direction de PSA a décidé d'abandonner à son tour le protocole VAN, également pour des raisons industrielles et par crainte de rupture de la production des composants VAN, dont la palette et le choix n'ont pas été jugés suffisants.

XI - Types de défauts liés au multiplexage

Parmi les défauts liés au multiplexage, il est possible de citer :

- Défaut NERR : Erreur physique sur une des deux lignes CAN (réseaux CAN Low Speed). Ce défaut apparaît dans le journal des défauts.
- Calculateur absent : Un calculateur supervisé a été détecté absent. Pour cela, un de ses messages périodiques a été détecté absent pendant 3 périodes consécutives. Ce défaut apparaît dans le journal des défauts.
- Calculateur muet : Le calculateur ne parvient pas à émettre ses messages périodiques. Ce défaut n'apparaît pas dans le journal des défauts, le calculateur étant muet.
- Calculateur en Bus Off : Un nombre d'erreurs important en transmission s'est produit et a conduit le calculateur à se déconnecter du réseau (Etat Bus Off)

XII- Le protocole LIN

XII.1 Historique et concept du protocole LIN

Le protocole LIN a été créé en 1998, par un consortium d'entreprises regroupant MOTOROLA, BMW, DAIMLER CHRYSLER, VOLKSWAGEN, VOLVO et VOLCANO.

La création de ce protocole a suivi les étapes principales suivantes :

- Octobre 1998 : création d'un groupe de travail autour d'un protocole bas coût / bas débit.
- Juillet 1999 : Apparition d'un premier document de spécification.
- Mars 2000 : Création d'un consortium LIN par Audi, BMW, Daimler Chrysler, Volvo, Volkswagen, Volcano et Motorola.
- Novembre 2000 : Diffusion de la spécification LIN 1.2.
- Septembre 2003 : Diffusion de la spécification LIN 2.0.
- 2004 : 1ere application LIN en série chez CITROËN sur X3 (nouvelle C5) sur les applications AFIL (Alerte Franchissement Involontaire de Ligne) et Projecteurs Directionnels.

Le protocole LIN a été inventé dans le but de mettre en relation des systèmes communicants simples entre eux. Ce protocole est conçu afin de mettre en relation des éléments simples et esclaves avec un maître qui assurera le cadencement du réseau.

Seul le maître du réseau LIN est habilité à prendre la parole :

- Pour commander les esclaves.
- Pour récupérer l'état des esclaves.

La figure ci-dessous illustre le concept LIN :

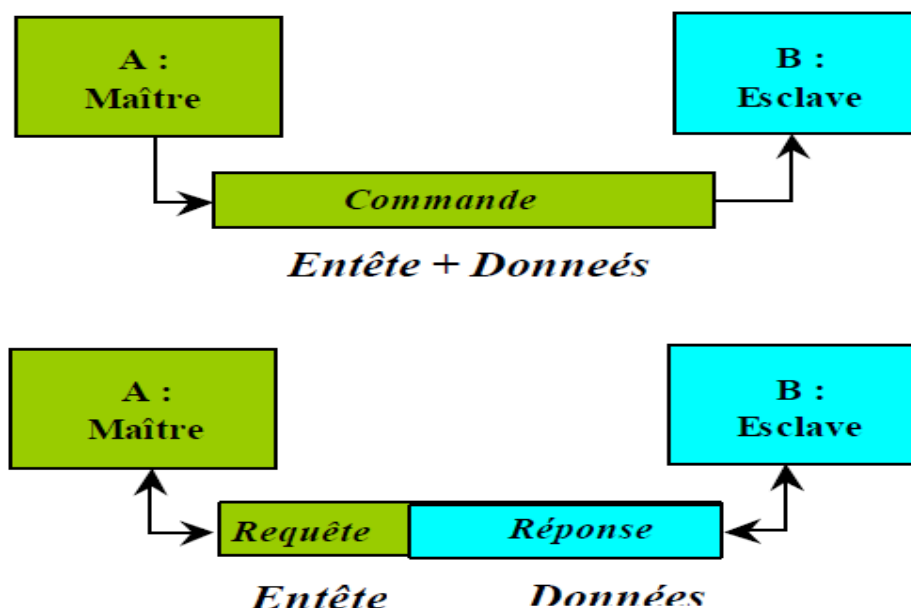


Figure XII.1 : Concept LIN

XII.2 Raisons de l'utilisation d'un sous réseau LIN (en complément du CAN)

Les protocoles VAN et CAN ont tous deux des compétences et performances similaires. Ce sont des protocoles de communication bien adaptés aux besoins de contrôle / commande, dont le coût reste moyen et dont la robustesse est nécessaire. Les débits maximum autorisés par ces protocoles sont de l'ordre de 1 Mbits/s (sur une distance maximale de 40 mètres).

Par contre, ils restent encore chers et trop complexes lorsque les fonctions à multiplexer sont assez simples et ne présentent pas de possibilité d'économie significative en terme de suppression de fils (pilotage d'un moteur de serrure, ...).

Le protocole LIN est donc utilisé en complément des protocoles VAN et CAN et non en remplacement de ceux-ci. De plus, l'adoption du protocole LIN permet d'éradiquer bon nombre de liaisons séries en tout genre proposées par les équipementiers et dont les principales caractéristiques suivantes ne sont pas maîtrisées :

- Compatibilité Electromagnétique (CEM) non maîtrisée.
- Mécanisme de veille / réveil inexistant donc la consommation n'est pas maîtrisable.
- Absence de diagnostic.

XII.3 Architectures actuelles

Les architectures actuelles faisant appel aux protocoles VAN et CAN ont permis de réaliser un premier niveau de multiplexage ayant abouti à la suppression d'un grand nombre de fils et d'interconnexions.

Cependant, comme l'indique la figure ci-dessous, même si les liaisons entre les calculateurs VAN ou CAN sont aujourd'hui optimisées, les liaisons entre un calculateur et ses capteurs et/ou actionneurs ne sont pas toujours multiplexées. La raison principale avant l'adoption du protocole LIN, était principalement le coût, le VAN et le CAN étant tous deux trop chers.

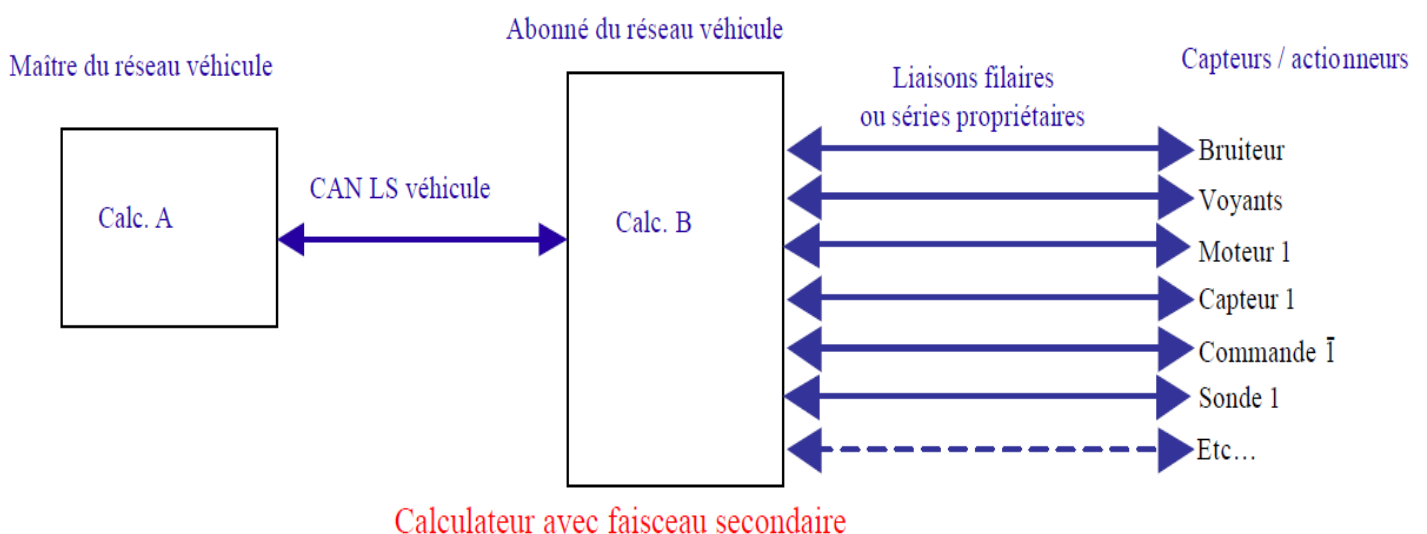


Figure XII.3 : Architectures actuelles sans LIN

XII.4 Architecture avec l'apport du protocole LIN

Avec l'apport du protocole LIN, les liaisons entre certains calculateurs et leurs capteurs et/ou actionneurs sont aujourd'hui multiplexées.

Pour chaque calculateur, une balance économique est calculée et l'électronique à rajouter dans les capteurs / actionneurs est comparée aux fils supprimés.

Dans le cas où la balance économique est favorable, le faisceau secondaire est supprimé au profit d'un sous-réseau LIN reliant les capteurs / actionneurs au calculateur, comme illustré dans la figure ci-dessous :

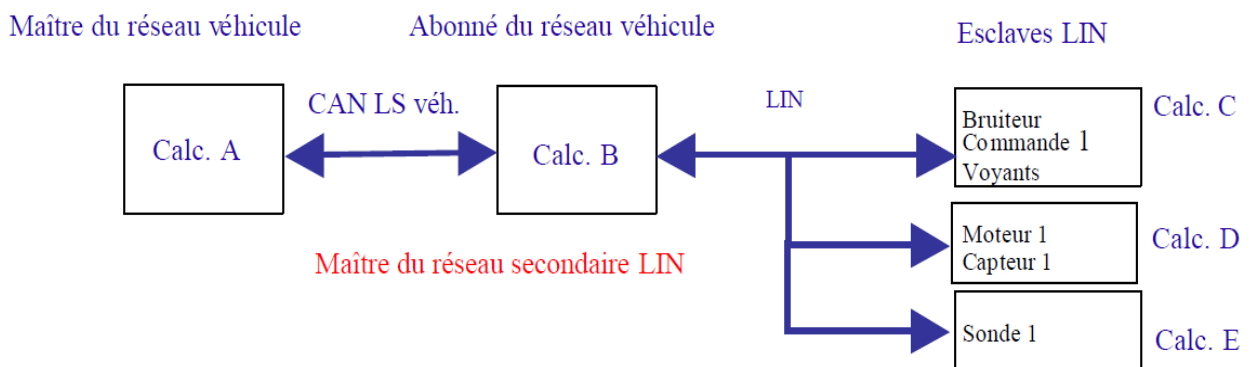


Figure XIII.4 : Architectures actuelles sans LIN

XII.5 Principales caractéristiques du protocole LIN

Le nombre maximum de nœuds LIN sur le même bus est 16 et la longueur maximale autorisée entre les 2 calculateurs les plus éloignés du système, est 40 mètres.

XII.5.1 Milieu de transmission

Le médium de transmission c'est à dire le support matériel ou immatériel de transmission des signaux LIN n'est pas imposé par la norme LIN. La norme propose un médium de transmission de type filaire (cuivre) en fil simple.

XII.5.2 Structure d'un nœud

Un calculateur LIN dispose d'une interface standardisée (standard LIN) lui permettant d'interopérer avec d'autres calculateurs LIN. Cette interface électronique standardisée répond à des critères de coût très sévères qui imposent d'utiliser des cellules standard dans les microcontrôleurs actuels : La cellule de base est l'UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) comme dans le cas d'une liaison série RS-232 :

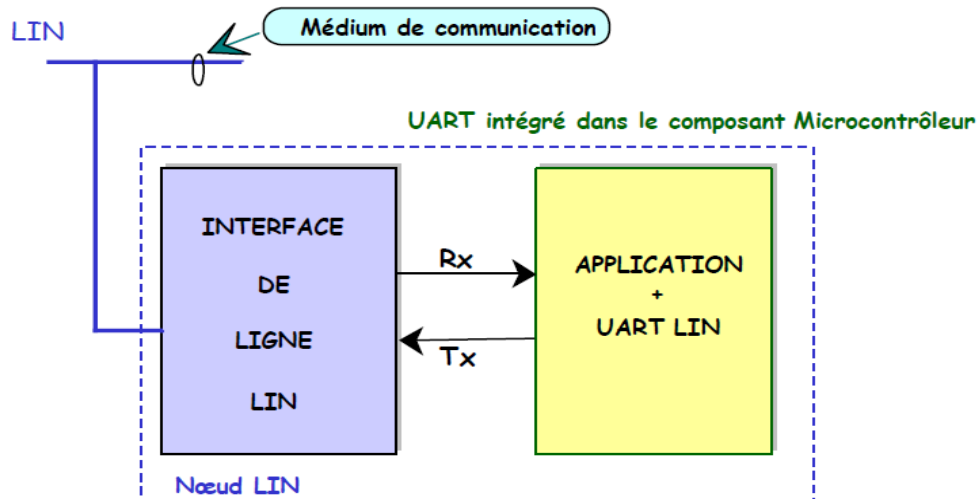


Figure XII.5.2 : Structure d'un nœud LIN

Cette interface est constituée de 2 éléments majeurs :

Le contrôleur de protocole (CP LIN), qui est réalisé sur la base d'un UART standard intégré dans un microcontrôleur qui a la charge de gérer le protocole LIN par logiciel en réalisant les fonctions principales suivantes :

- Emission / réception des octets.
- Constitution des trames de requêtes, réception des trames de réponse.
- Séquencement des émissions.
- Etc....

L'interface de ligne qui a la charge de traduire la ligne du bus LIN en signal RX dépourvu de parasites vers le CP LIN et inversement, le signal TX issu du CP LIN, en signal vers le bus LIN. Ce composant a donc 2 rôles majeurs, de traduction et de protection.

XII.5.3 Structure d'une trame

Une trame LIN est constituée d'une suite d'octets séparés de temps interoctets:

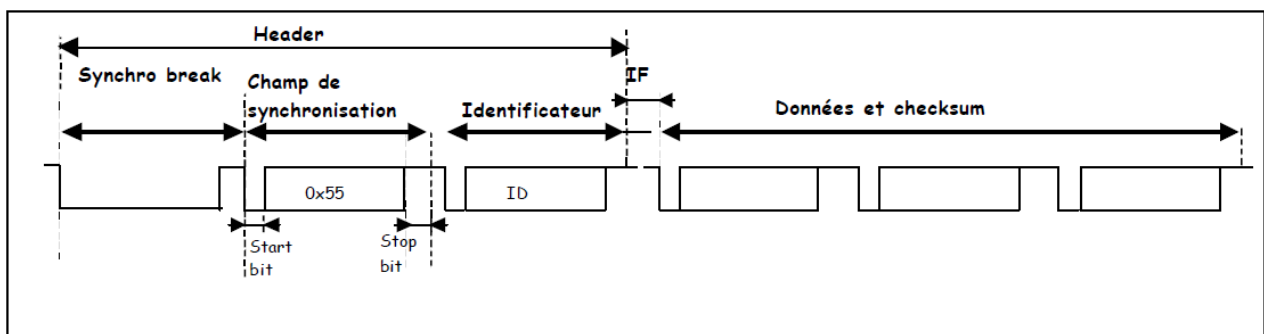


Figure XIII.5.3 : Structure d'une trame LIN

- Le champ Synchro Break marque le début de la trame LIN. Il est émis par le nœud maître du réseau LIN et permet à tous les nœuds LIN présents sur le bus d'auto-adapter leur vitesse.
- Le champ de synchronisation permet à tous les nœuds LIN présents sur le bus de se synchroniser.
- Le champ d'identification IDEN permet d'identifier jusqu'à 64 nœuds LIN. Il indique le destinataire des données ou l'adresse du nœud questionné.
- Le champ de données, constitué de 1 à 8 octets, contient les informations utiles de la commande ou de la réponse.
- Le champ checksum constitué de 1 octet permet de garantir l'intégrité du contenu de la trame LIN.

XII.5.4 Codage LIN

Le codage utilisé pour un bit LIN fait appel au codage NRZ (figure XIII.5.4).

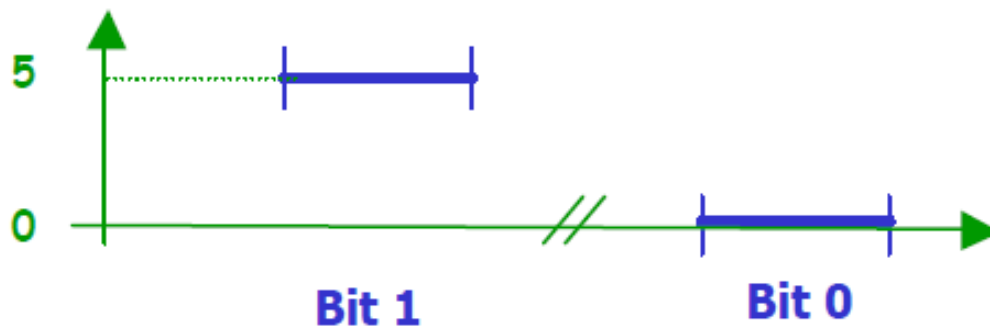


Figure XIII.5.4 : Codage NRZ

XII.5.5 Modes de transmission

Les modes de transmission utilisés par un calculateur LIN sont identiques aux 3 modes de transmissions utilisés par les calculateurs VAN et CAN :

- Le mode de transmission périodique.
- Le mode événementiel.
- Le mode mixte, périodique et événementiel.

XII.5.6 Accès au médium de transmission

Un calculateur LIN maître accède au médium de transmission de façon aléatoire et asynchrone. Cela signifie simplement que cet accès peut se faire à n'importe quel moment sur besoin et décision locale de l'application.

L'accès au réseau LIN sur décision locale n'est pas possible pour les nœuds LIN esclaves. Pour pouvoir entrer en communication, il est nécessaire qu'ils y soient préalablement invités par le nœud maître LIN, par l'intermédiaire d'une question.

XII.5.7 Services

Les calculateurs LIN disposent de 3 services de communication :

- L'écriture de données en mode diffusion (envoi de données d'un producteur vers plusieurs consommateurs).
- La requête de données (requête de données d'un consommateur vers un producteur).
- La réponse immédiate (réponse immédiate à une requête). Ces services permettent de mettre au point la stratégie mono maître multi-esclaves (diffusion et requête / réponse).

XII.5.8 Acquittance LIN

Il n'y pas d'acquittance prévu par la norme LIN même si rien n'empêche d'envoyer une trame LIN de confirmation (acquittance logiciel).

XIII - CONCLUSION

Le multiplexage est présenté comme une révolution technologique majeure dans l'automobile parce qu'il permet aux constructeurs d'équiper de façon fiable les véhicules d'un grand nombre d'options.

Cela est vrai, mais cette évolution n'a pas été faite pour seulement satisfaire le client, mais aussi pour des questions de coût.

En effet, à équipements équivalents, la fabrication d'un véhicule multiplexé revient moins cher qu'une automobile non multiplexée. La fabrication en série des calculateurs électroniques (réalisée par des équipementiers à l'étranger) est bien meilleur marché que la pose d'une quantité plus importante de fils à base de cuivre dont le prix ne cesse d'augmenter.

D'autre part, la gestion à base de calculateurs et de logiciels permet d'adapter facilement les véhicules au marché sans avoir à refaire de coûteux développements ; de même, une mise à jour logicielle (souvent opérée par les constructeurs sur les véhicules à problèmes) permet de ne plus déclarer certaines fautes en changeant tout simplement les critères de déclenchement et ainsi d'augmenter la fiabilité à moindre coût.

Chapitre 2 :

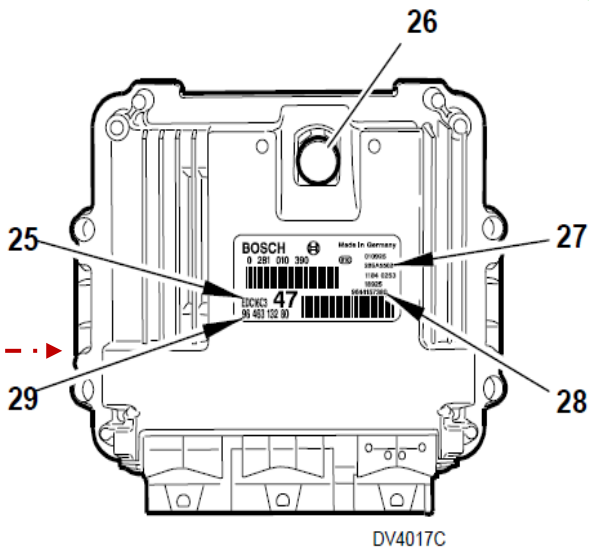
*Carte d'acquisition à
base d'un calculateur
1320*

I. Présentation et implantation du calculateur moteur

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

I.1 Calculateur d'injection (1320)

I.1.1 Description



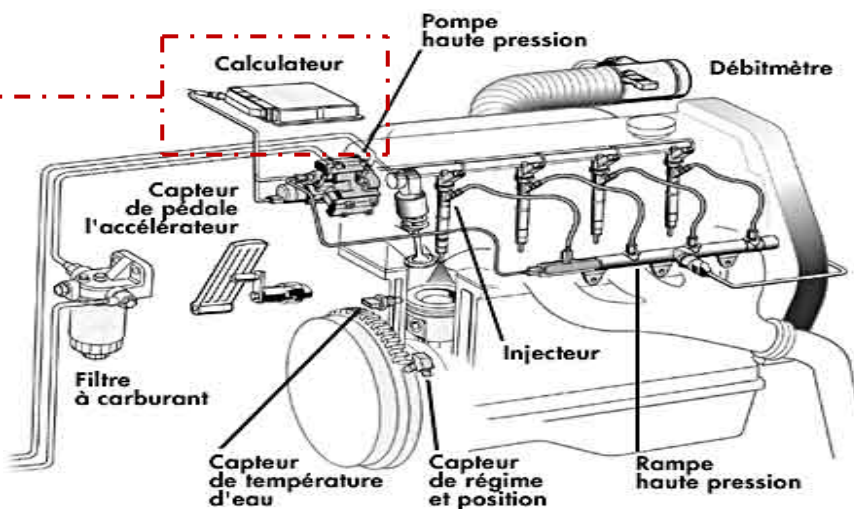
25 - Nom du système d'injection (BOSCH EDC 16 C3)

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...

I.1.2 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.

Chapitre 2 : Carte d'acquisition à base d'un calculateur (1320)

- 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.

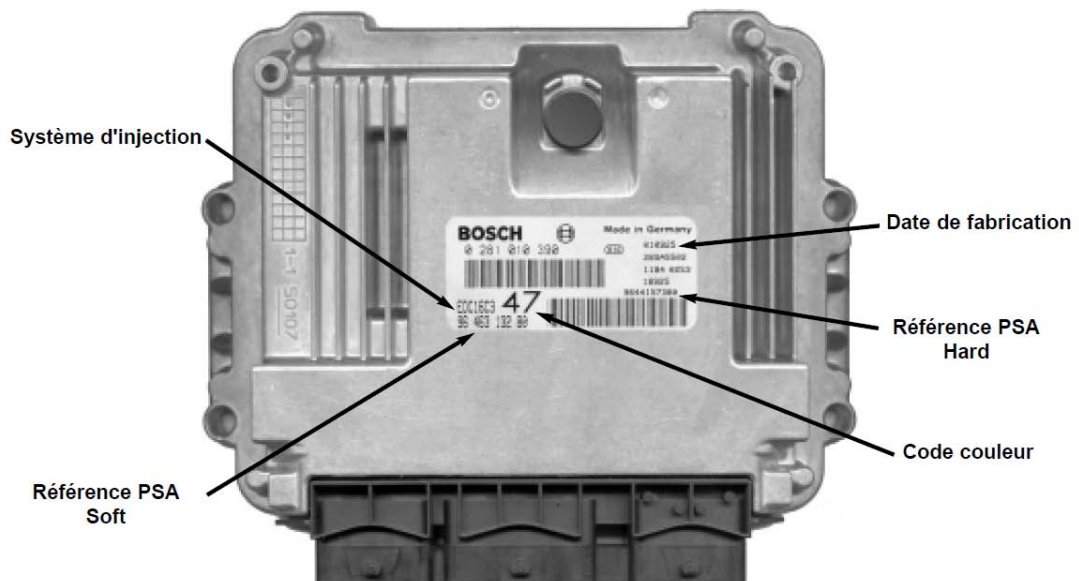
I.1.3 Composants nouveaux de la partie électrique (Le Système EDC 16 C3)

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.

Chapitre 2 : Carte d'acquisition à base d'un calculateur (1320)

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



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.

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 ".

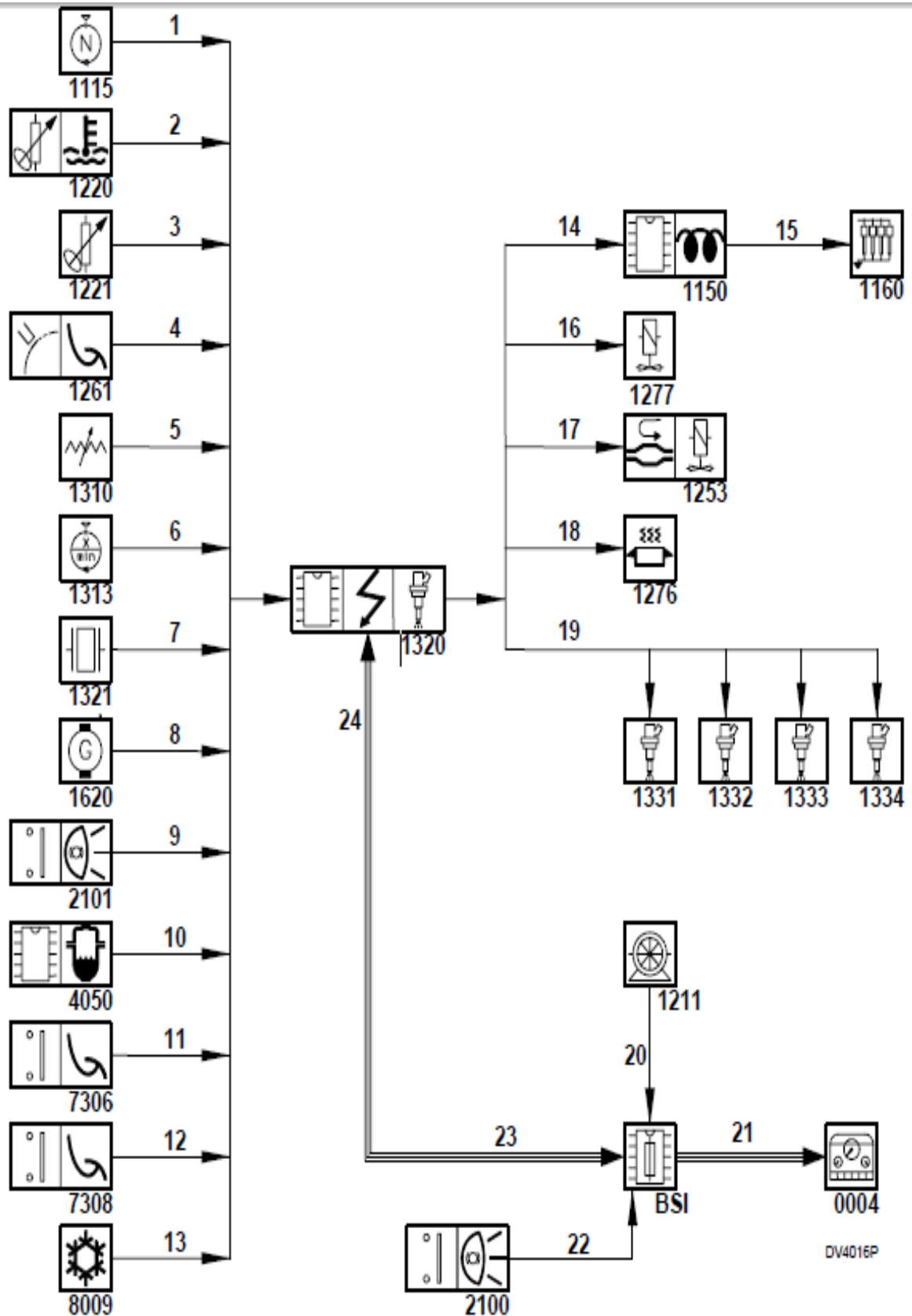
Sur le système EDC 16 C3 le calculateur moteur va déterminer le temps d'injection et la meilleure formule (Air/Carburant) par rapport au couple moteur demandé et/ou nécessaire.

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.

I.2 Présentation: Calculateur d'injection direct diesel (BOSCH EDC 16 C3)-Synoptique



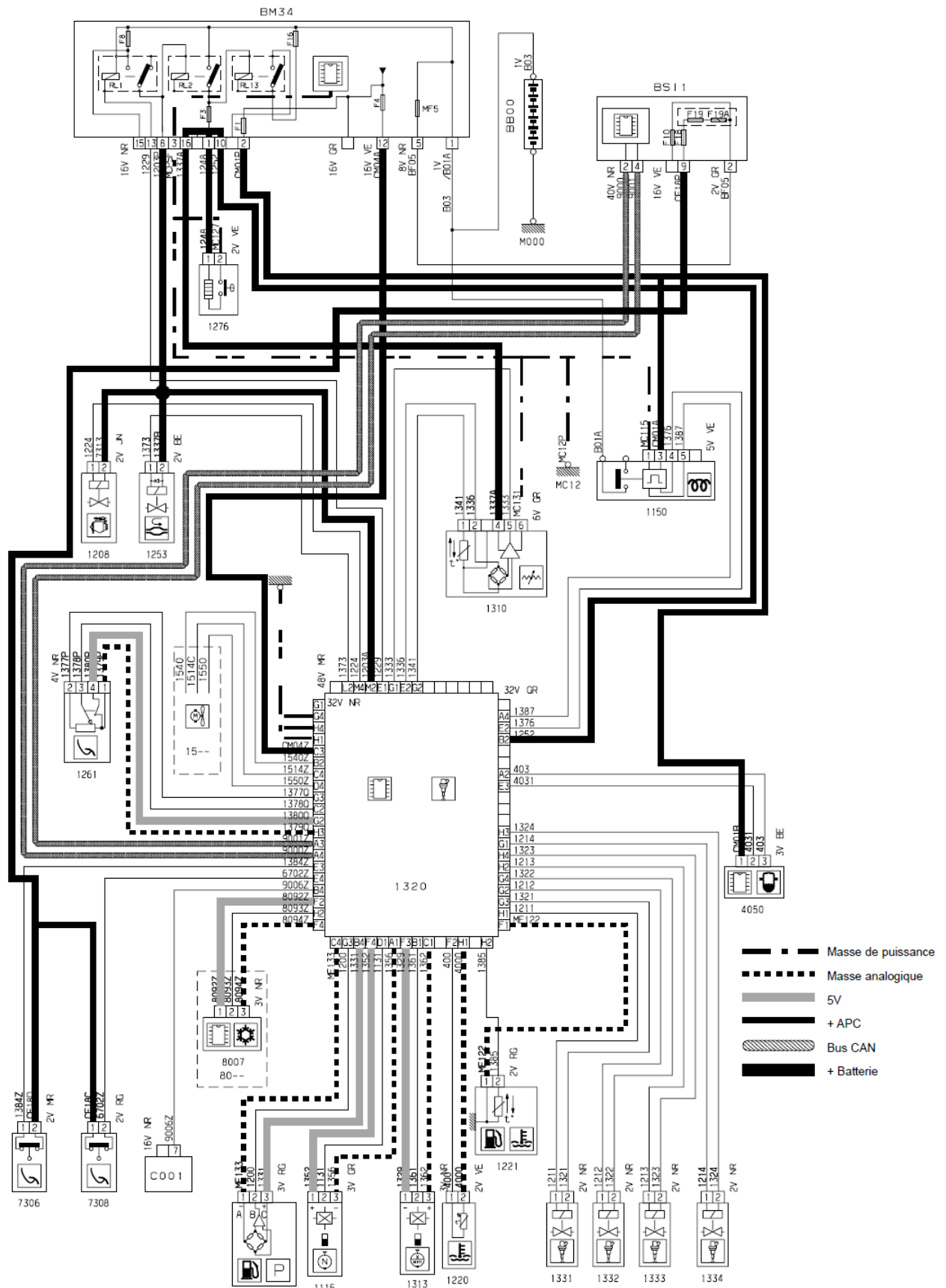
I.2.1 Organe

Numéro de pièce dans les schémas électriques	Désignation
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

I.2.2 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)

I.2.3 Implantation des organes (Schématique filaire sur le Calculateur)



II. 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 sévèrisée, 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.

III. Les principaux capteurs

III.1 Capteur de température interne du calculateur

Ce capteur est situé à l'intérieur du calculateur de contrôle moteur. Il va permettre à ce dernier de surveiller la température des composants du calculateur. Ce contrôle permet au calculateur d'anticiper une détérioration provoquée par une élévation de sa température interne. Si la température atteint un seuil critique le calculateur interdit le téléchargement. Par exemple le téléchargement est interdit si T° supérieure à 71°C .

III.2 Capteur de pression atmosphérique

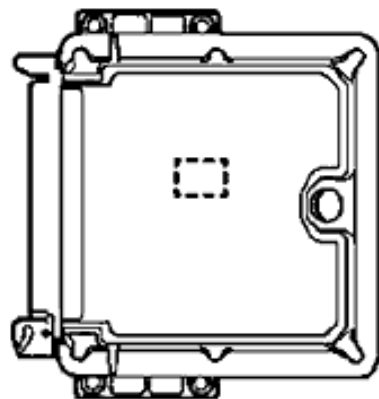
Le capteur de pression atmosphérique n'est pas dissociable du calculateur d'injection.

Le calculateur de contrôle moteur intègre un capteur de type piézorésistif capable de mesurer la pression atmosphérique.

Le calculateur comporte un étage de puissance capable de fournir le courant de commande très élevé nécessaire au fonctionnement des injecteurs diesel.

L'actualisation du logiciel du calculateur d'injection s'effectue par téléchargement (calculateur équipé d'une flash EPROM).

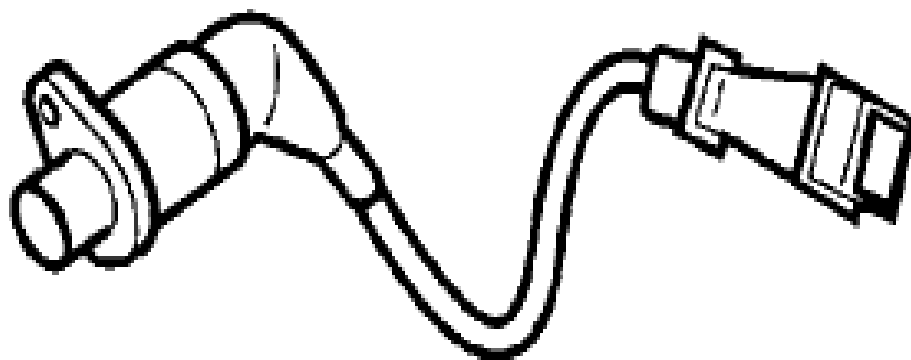
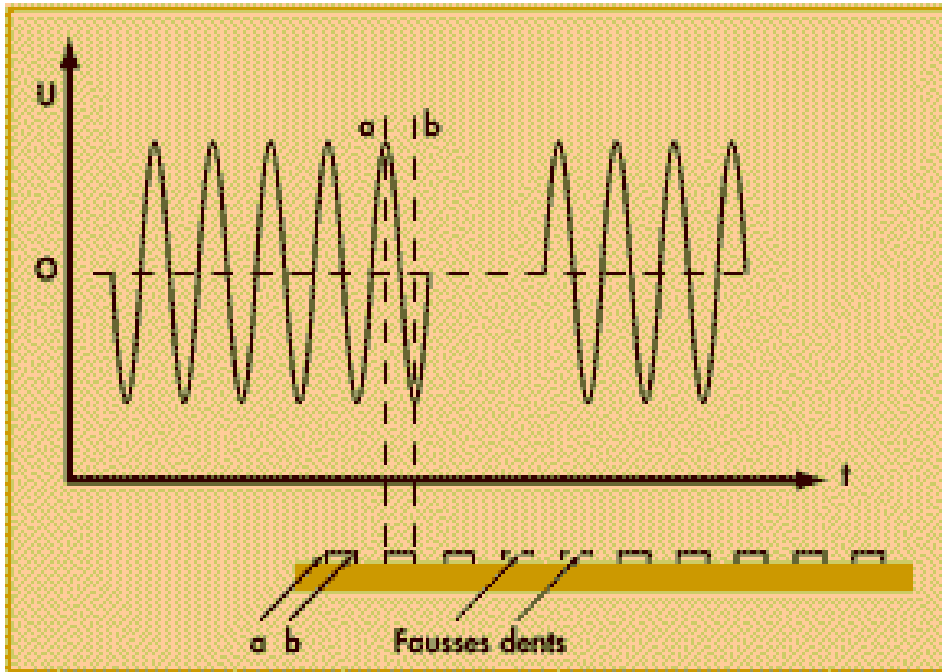
Le capteur est de type piézo résistif.



III.3 Le capteur de régime

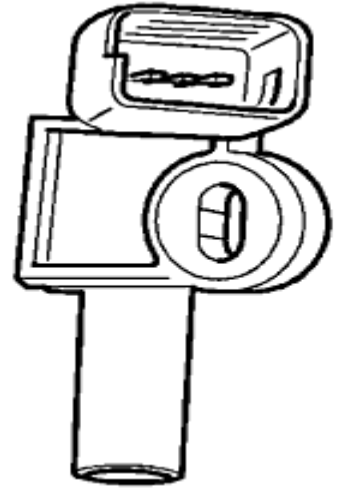
Il est de type inductif.

Fixé sur le carter d'embrayage, il informe le calculateur de la vitesse de rotation du moteur et de la position du piston du cylindre n°1, grâce à un creux situé sur la cible et correspondant à un écart de deux dents.



III.4 Le capteur de phase

Ce capteur est du type à effet Hall (signal carré).
Il est situé dans la culasse, au niveau de l'arbre à cames.
Il permet au calculateur de connaître la position du premier cylindre.
Certains constructeurs ont prévu un réglage de l'entrefer.

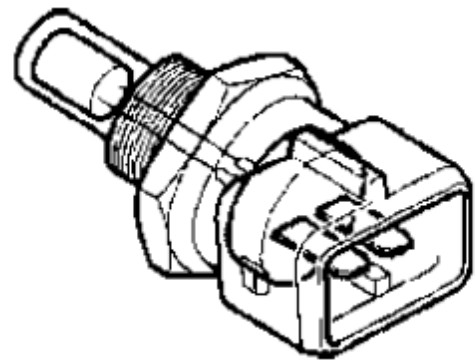


III.5 Le capteur de température du moteur

Le capteur de température du moteur est du type CTN (coefficient de température négatif).
Il est implanté sur le circuit du liquide de refroidissement.

Ce signal sert au calculateur à déterminer :

- le débit de démarrage ;
- le débit de ralenti ;
- le temps de préchauffage ;
- le temps de post-chauffage ;
- le recyclage des gaz d'échappement ;
- la fonction anti-ébullition ;
- le débit de pleine charge ;
- l'allumage du voyant d'alerte.



III.6 Le capteur de pression de rampe

Ce capteur est du type piézorésistif.

Le capteur est fixé sur la rampe d'injection commune haute pression.

Le signal fourni par le capteur est proportionnel à la pression de carburant dans la rampe d'injection.

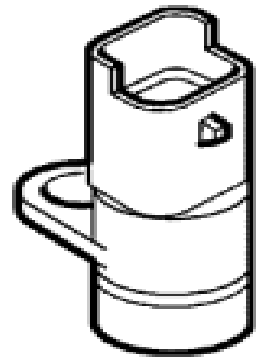


III.7 Le capteur de température de carburant

Le capteur est du type CTN.

Il est fixé soit sur la rampe haute pression soit sur le circuit de retour au réservoir.

Il permet au calculateur d'apporter des corrections sur le débit de carburant injecté (variation de viscosité du carburant).



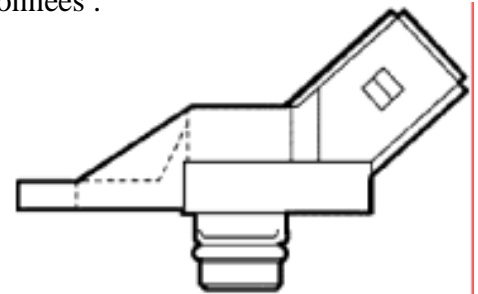
III.8 Le capteur de pression d'air d'admission

Le capteur de pression d'air du collecteur est du type piézorésistif.

Il sert à mesurer la pression dans le collecteur d'admission. La tension du signal est proportionnelle à

la pression dans le collecteur. Le calculateur règle, à partir de ces données :

- la pression de suralimentation ;
- le débit injecté.

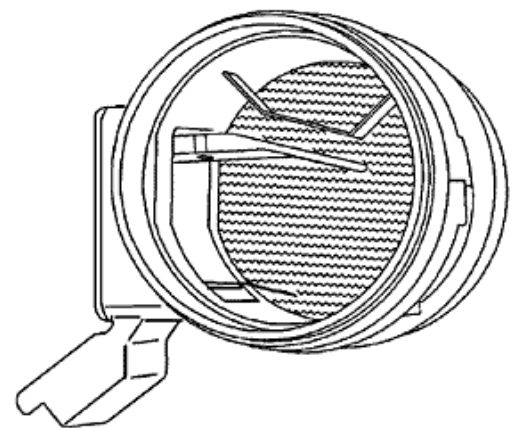


III.9 Le débitmètre d'air à film chaud et le capteur de température d'air d'admission

Il est situé entre le filtre à air et la tubulure d'admission.

Il permet au calculateur, avec l'information de température d'air, de déterminer la masse d'air introduite dans le moteur. Il participe au « bouclage » du circuit RGE.

Le capteur de température d'air incorporé dans le débitmètre est du type CTN.

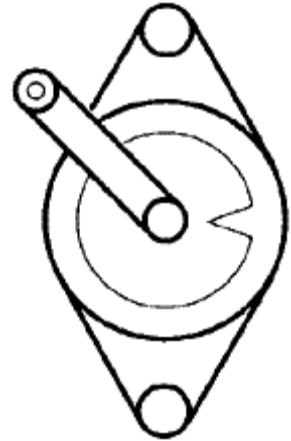


III.10 Le transducteur d'accélérateur

Ce capteur est composé de deux potentiomètres.

Il transforme l'action du conducteur sur l'accélérateur en information de charge transmise au calculateur.

Les deux signaux de tension des pistes, comparés en permanence, permettent au calculateur de détecter un dysfonctionnement du capteur.



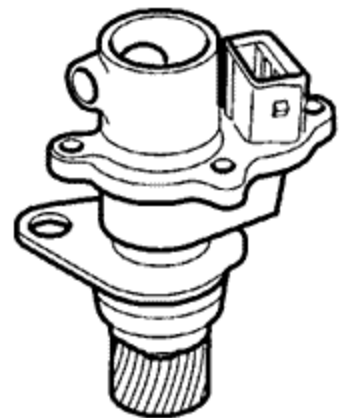
III.11 Le capteur de vitesse du véhicule

Le capteur est soit du type inductif soit à effet Hall.

Il est situé en sortie boîte de vitesses.

Le capteur permet au calculateur de connaître différentes configurations d'utilisation du véhicule :

- arrêté ou roulant ;
- en décélération ou en accélération ;
- le rapport de boîte de vitesses engagé ;
- etc.

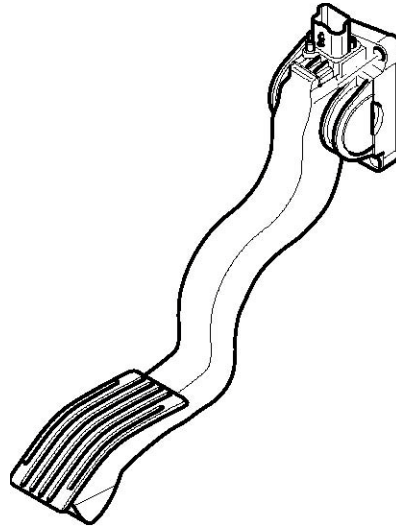


III.12 Capteur de pédale accélérateur

Le capteur de position pédale est intégré à la pédale accélérateur. Il détecte la position exacte de la pédale d'accélérateur, il mesure donc la demande du conducteur.

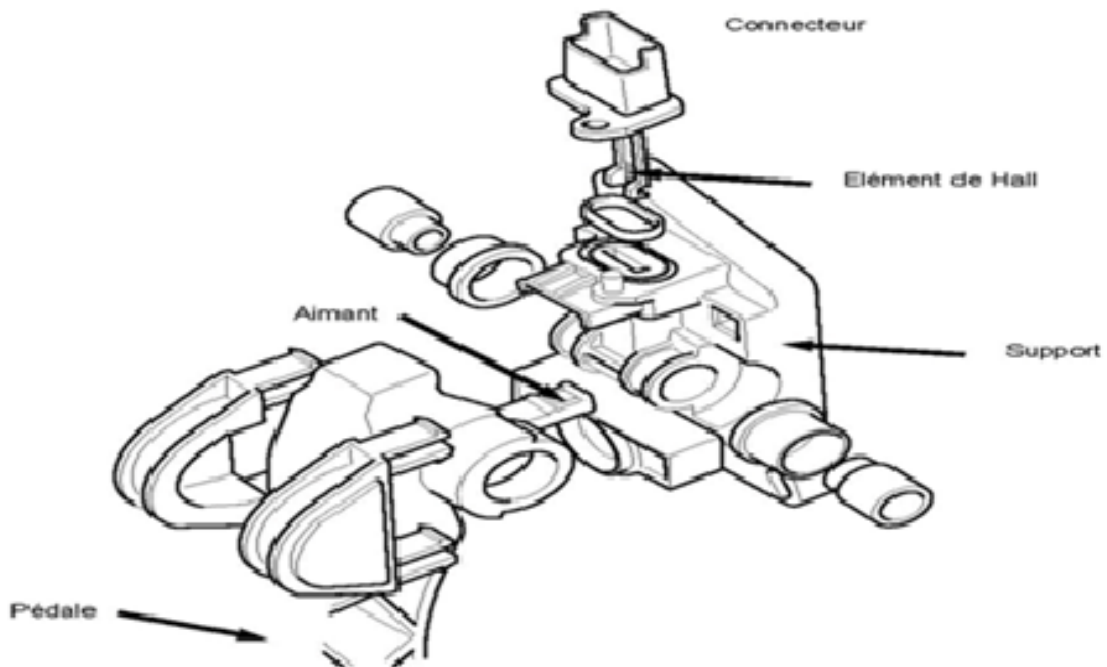
Son fonctionnement repose sans contact. De type à effet sans contact. De type à effet une électronique appropriée signal et la compensation de position de la pédale de 2 tensions.

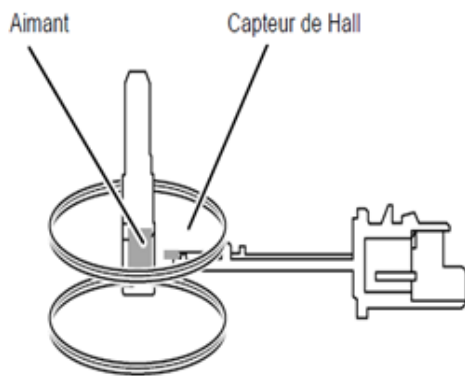
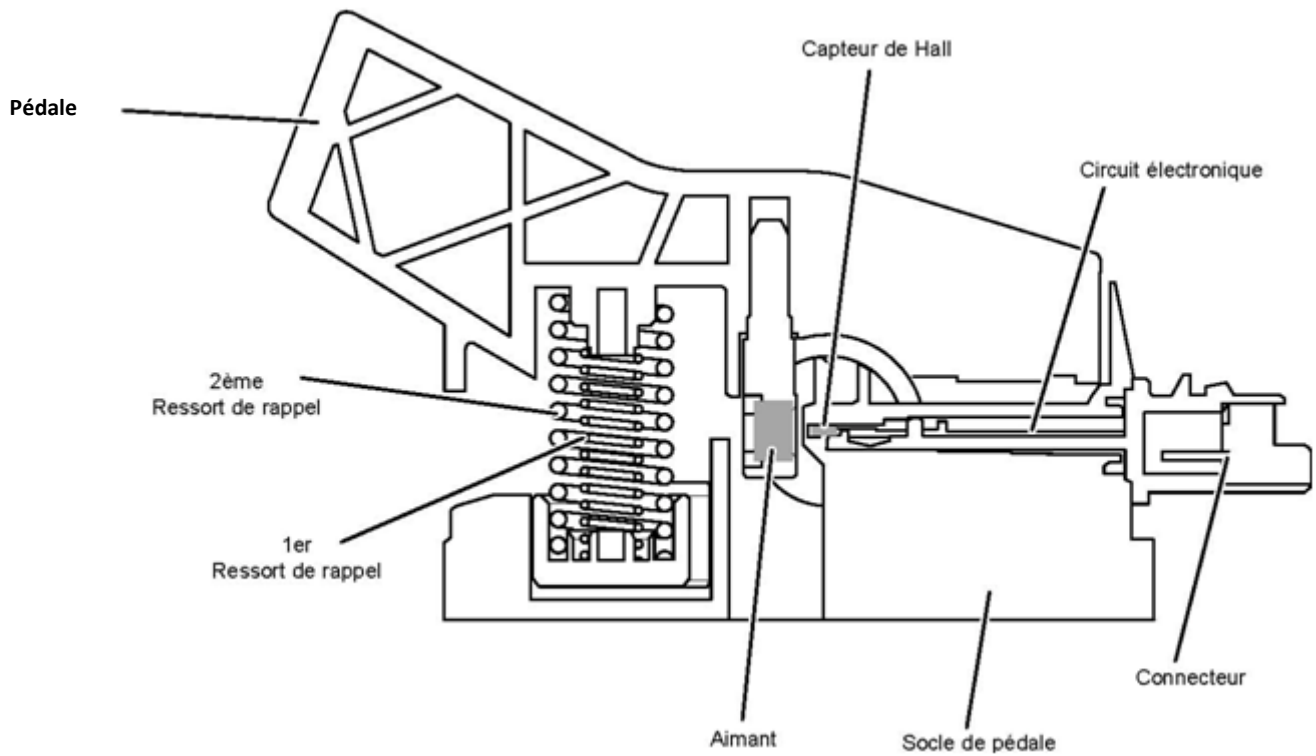
Un aimant solidaire du levier voit varier sa position par rapport à un élément de hall fixe.



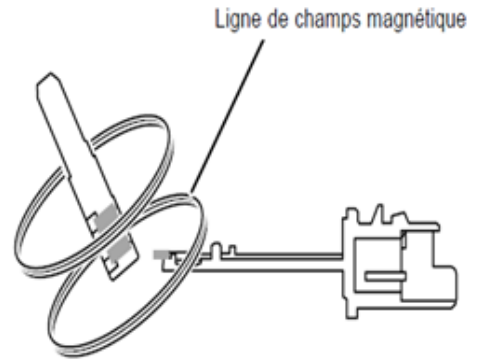
sur un principe magnétique hall, ce capteur possède pour l'amplification du signal et la compensation de température. Il transmet la position de la pédale d'accélérateur sous forme de 2 tensions.

de pédale d'accélérateur rapport à un élément de hall fixe.





Pied levé
Champ magnétique nul



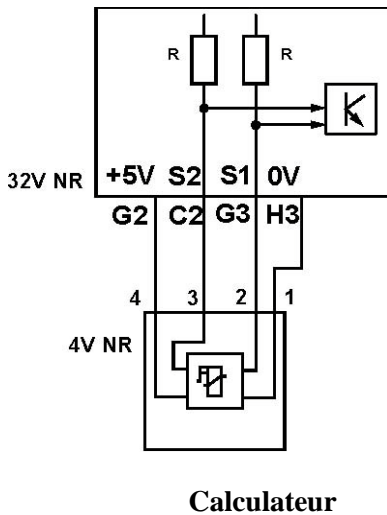
Pied à fond
Champ magnétique maximum

La tension de Hall est proportionnelle au flux magnétique auquel est soumise cette plaquette. Ainsi plus l'angle d'enfoncement de l'accélérateur sera important, plus la plaquette de Hall sera transpercée d'un faisceau important des lignes de champ.

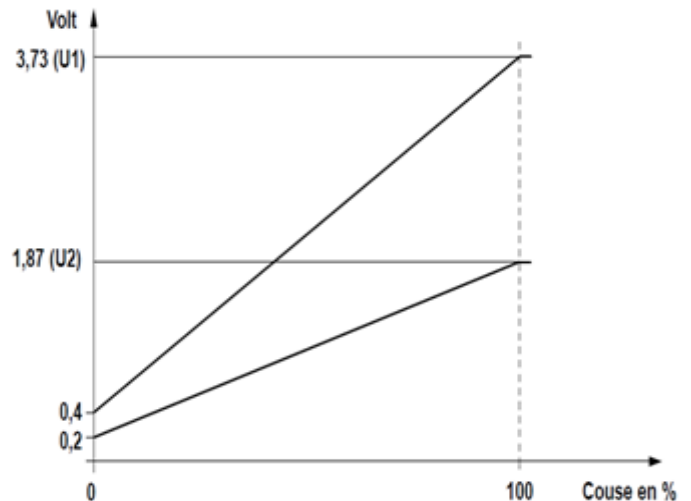
Chapitre 2 : Carte d'acquisition à base d'un calculateur (1320)

Un étage électronique amplifie et met en forme la tension de Hall de manière à délivrer deux signaux linéaires $U1$ et $U2$, tels que : $U1/U2=2$. Ces deux signaux dont le rapport est connu, permettent de détecter un défaut du capteur par le biais d'un test de plausibilité entre les deux signaux.

Exemple de branchement du capteur



Exemple de signaux fournis par le capteur accélérateur



Le calculateur relève les signaux de tension du capteur $U1$ et $U2$, et en déduit une position relative de la pédale d'accélérateur sous la forme de pourcentage.

IV. Conclusion :

Etre conscient de la consommation et respectueux de l'environnement ne veut pas dire renoncer au plaisir de la conduite. Le concept de gestion électronique ouvre de nouvelles perspectives intelligentes en vue de l'optimisation de la combustion.

L'instant, la durée, la pression et le débit d'injection ne sont pas déterminés par la mécanique, mais uniquement réglés par le calculateur moteur, qui est devenu un système de commande et de régulation de grande complexité.

Le calculateur traite en permanence et à grande vitesse toutes les informations ponctuelles et détermine l'état de fonctionnement optimale du moteur. Le calculateur fait appel à d'autres capteurs pour assurer le bon fonctionnement du moteur tel que :

- Le capteur de température moteur.
- La vitesse de rotation du moteur.
- Le capteur de phase.
- Le capteur de pression de rampe.
- Etc....

Chapitre 3 :

*Etude du système
d'injection électronique*

I. Réalisation d'une injection

Jusqu'à présent les moteurs diesel des véhicules de tourisme utilisent l'injection indirecte.

En injection indirecte, le carburant est injecté sous une pression maximum de 300 bars dans une préchambre de combustion.

En injection directe, le carburant est directement injecté dans la tête du piston. Le rendement du moteur est amélioré grâce à :

- la meilleure qualité du mélange air/carburant,
- la réduction des pertes thermiques,
- la combustion directe dans les cylindres (absence de préchambre de combustion).

Depuis plusieurs années, avec l'arrivée des nouvelles réglementations concernant la dépollution des gaz d'échappement, tous les véhicules sont équipés d'une gestion électronique.

Ce système apporte de nombreux avantages par rapport à ces bons vieux carburateurs :

- Puissance spécifique supérieure grâce à :
 - Une pulvérisation plus fine de carburant.
 - Des conduits d'admission plus courts, plus directs et de longueur égale pour chaque cylindre.
 - Un taux de remplissage plus élevé.
- Réduction de la consommation spécifique grâce à :
 - Une meilleure adaptation des quantités de carburant injectées par la prise en compte de nombreuses et de nouvelles informations sur le fonctionnement du moteur.
 - Une meilleure combustion due à l'emplacement et à la qualité de la pulvérisation.
 - Augmentation du couple à bas régime grâce à la forme des conduits d'admission.
 - Dépollution plus efficace des gaz d'échappement.
 - Meilleur comportement à la mise en marche du moteur et aux reprises (passage de pleine charge partielle).

En effet, l'injection permet un dosage plus précis en carburant donc une meilleure combustion en fonction des divers états du moteur et des influences extérieures.

L'étude du système d'injection EDC16C3 reste identique au système EDC15C2.

Une grosse particularité est néanmoins à noter, il s'agit d'un mode de gestion en couple moteur.

Le calculateur va effectuer tous les calculs en couple moteur et ce n'est qu'au moment de piloter les injecteurs qu'il va transformer ce couple en temps d'injection.

- Il calcule le besoin en couple du moteur donc le couple moteur réel créé, à partir de :
 - La demande du conducteur " couple demandé par le conducteur ". Il s'agit d'une demande brute, qui ne tient pas compte des corrections ou autres consignes.

Le couple moteur réel créé est un couple moteur effectif qui est élaboré par calcul. Il tient compte de tous les prélèvements de couple connus.

Couple moteur réel = couple indiqué - couple des pertes = besoins en couple.

Le couple moteur demandé est traduit en : temps d'injection, avance à l'injection, phase entre injection pilote et principale.

- " couple des pertes ". Il s'agit d'une estimation faite par le calculateur moteur du couple moteur absorbé par les frottements mécaniques, consommateur électriques, accessoires ...
- " couple indiqué ". Il s'agit d'un calcul fait par le calculateur moteur du couple moteur fourni par l'énergie libérée de la combustion des gaz, fonction du débit à injecter. Il tient compte des corrections (agrément, ESP ...).

I.1 Injection

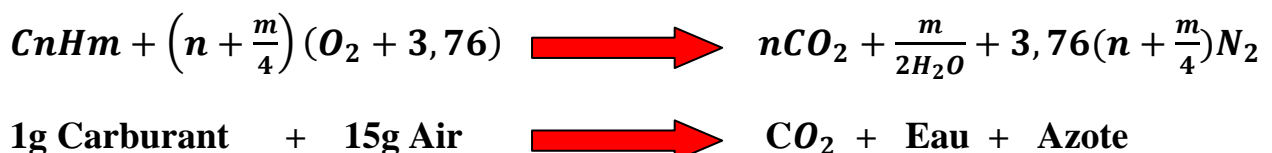
Le but est d'injecter dans le collecteur d'admission une quantité de carburant nécessaire à optimiser le fonctionnement en fonction des paramètres instantanés du moteur. Chaque cylindre reçoit un injecteur, c'est une injection dite multipoint. Le carburant est injecté dans les tubulures d'admission. L'absence de carburateur a permis d'optimiser cette tubulure pour mélanger l'air/carburant. Ce procédé permet un gain de puissance et de couple. Il est donc important que le collecteur soit propre sans dépôt d'huile.

I.2 Chaîne de commande électrique

Cette chaîne est purement électrique. Le calculateur (ECU) reçoit des paramètres électriques qu'il exploite afin de commander les injecteurs en conséquence. Le principe de fonctionnement consiste à déterminer en fonctions des paramètres reçus, le temps d'injection.

Le moteur ne travaille pas toujours dans les mêmes conditions. Suivant ces différentes phases d'utilisation du moteur, la richesse du mélange doit varier afin d'optimiser son fonctionnement. La richesse d'un mélange n'est donc pas fixe et dépend de la phase de fonctionnement du moteur.

On considère fonctionnement basique, une utilisation du moteur en régime stabilisé à une température normale: c'est le dosage idéal (1/15) qui correspond au calcul de la richesse de base. C'est un compromis entre puissance et consommation carburant. Ce coefficient est diminué en fonction de la phase d'utilisation (accélération, stabilisation de ralenti) pour gagner de la puissance mais au détriment de la consommation (Figure I.2).



Equation de combustion de carburant

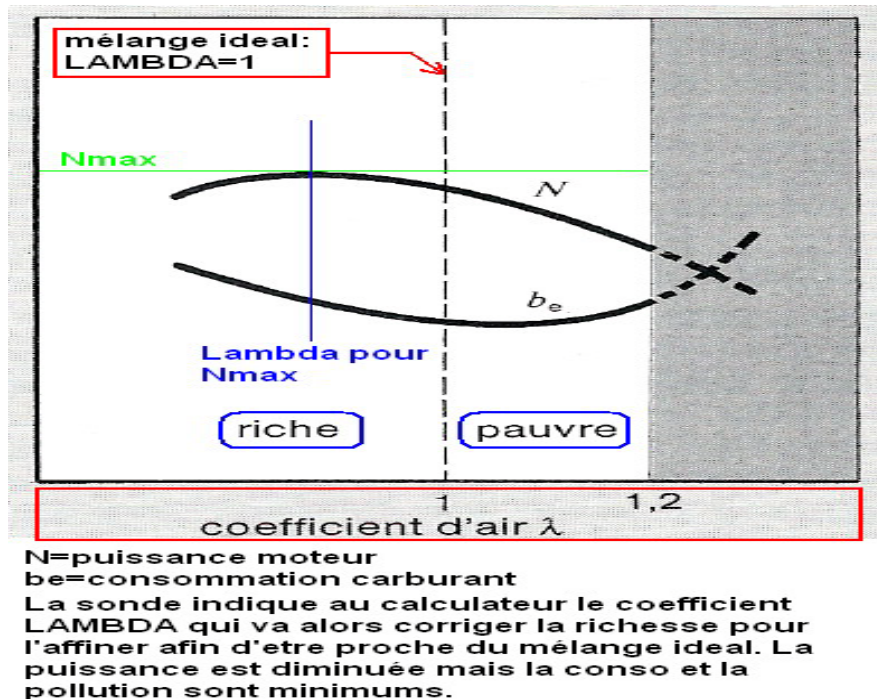


Figure I.2 : Richesse du mélange Air/Carburant

Chaque phase nécessite donc un taux d'enrichissement du mélange adapté, le calculateur est chargé de détecter ces phases puis d'effectuer une correction (toujours en augmentation) de la richesse de base 1/15 calculée à partir du débitmètre.

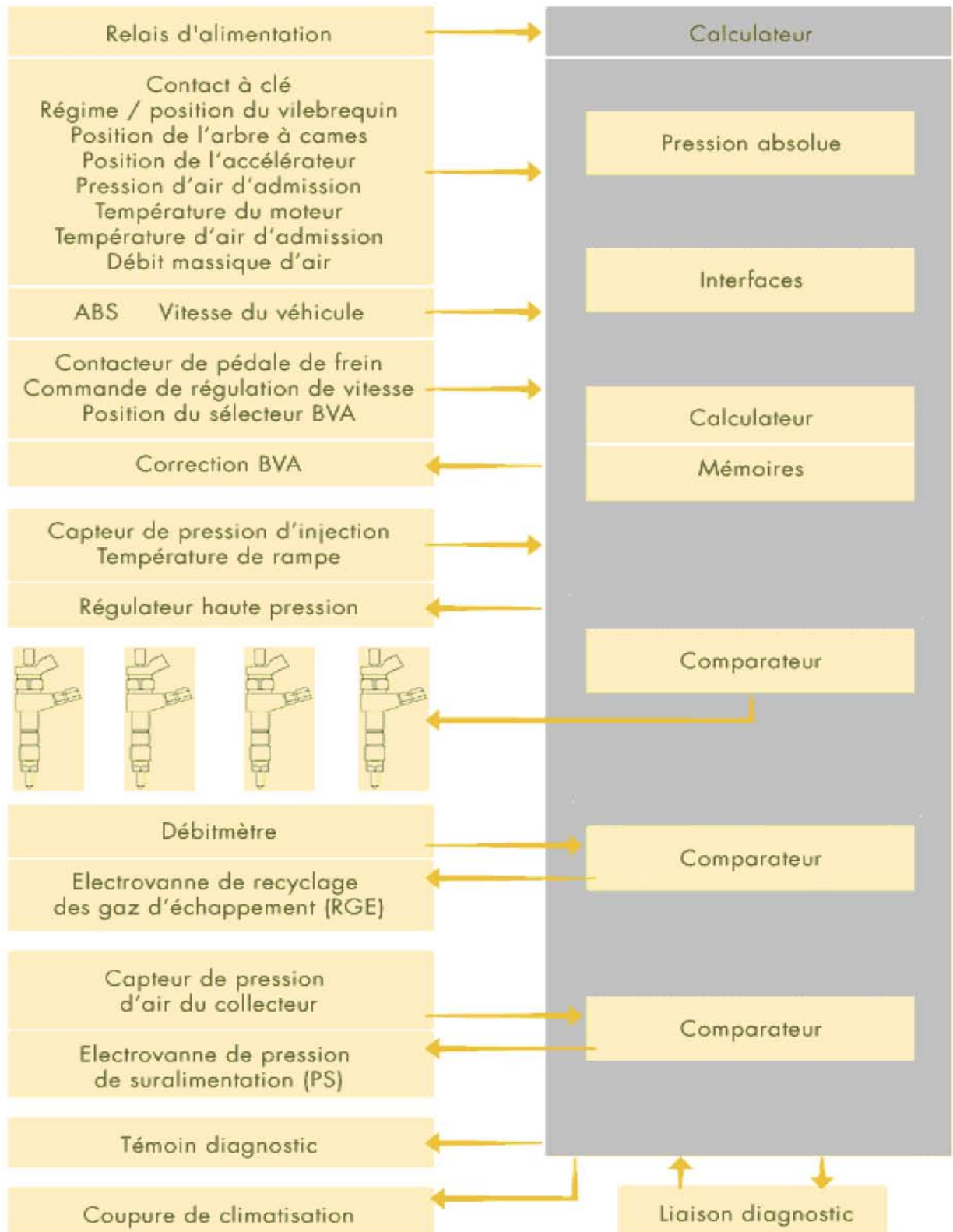
I.3 Fonctionnement

La quantité de carburant nécessaire à la réalisation d'un mélange correct (air-carburant) est pulvérisé directement dans le conduit d'admission de chaque cylindre, juste devant la(ou les) soupape(s) d'admission par des injecteurs électromagnétiques commandé par un calculateur électronique. Ce principe évite la condensation du mélange sur les parois du collecteur d'admission, surtout à froid, et permet une diminution de la consommation. A partir des informations des différents capteurs de vitesse, (régime moteur, vitesse véhicule), de température (eau, air), de pression (air), de position (papillon des gaz, PMH), etc., le calculateur détermine, en comparaison avec une cartographie qu'il possède en mémoire, un temps d'injection instantané, très précis.

Nota: Injection mono-point

Le système d'injection électronique mono-point, caractérisé par un seul injecteur pour tous les cylindres, est considéré comme un cas particulier de l'injection électronique. En effet, c'est une version simplifiée et donc moins performante du système multipoints. Il a disparu (au même titre que le carburateur) car il ne peut plus répondre aux normes antipollution.

Organisation et gestion électronique du système



I.4 Notions de carburation :

I.4.1 Qualité d'un mélange :

Un système de carburation (carburateur ou injection) doit fournir un mélange air-carburant qui soit combustible. Pour cela, le mélange doit être:

- Homogène.
- Gazeux (bien pulvérisé).
- Correctement dosé.
- Bien réparti dans chaque les cylindres.

I.4.2 Définition du dosage :

On appelle dosage d'un mélange air-carburant le rapport entre la masse d'essence et la masse d'air introduite dans la chambre de combustion. ($d = \text{masse carburant} / \text{masse d'air}$).

Pour obtenir une combustion complète, le dosage théorique est : ($d = 1/15$) C'est à dire qu'il faut 15g d'air pour brûler 1g de carburant. Ce dosage est appelé " dosage stœchiométrique ".

I.4.3 Définition de la Richesse :

La richesse est le rapport entre le dosage réel et le dosage théorique. ($R = \text{dosage-réel} / \text{dosage théorique}$)

Ainsi, pour un mélange pauvre, la richesse est inférieure à 1.

Pour un mélange riche elle est supérieure à 1.

I.4.4 Définition du coefficient d'air ou rapport lambda (L) :

Le coefficient d'air est le rapport entre la masse d'air introduite et la masse d'air théorique. C'est l'inverse de la richesse. $L = \text{masse d'air-admise} / \text{masse d'air-théorique} = 1/R$. Ainsi, pour un mélange riche la quantité d'air est plus faible et $L > 1$.

Pour un mélange pauvre, la quantité d'air est plus importante et $L < 1$.

Suivant les différentes phases de fonctionnement des moteurs, L (lambda) varie entre 0,7 et 1,25

La limite d'inflammabilité d'un mélange se situe pour $L > 1,25$.

La puissance maxi des moteurs est atteinte pour $L = 1$ à 0,9.

La consommation mini se situe pour des valeurs de $L = 1,1$.

Un excédent d'air (mélange pauvre) entraîne une perte de puissance et une augmentation de la température du moteur due au ralentissement de la combustion.

Le contrôle et l'adaptation de la richesse du mélange en fonction des conditions de travail du moteur est le point essentiel du fonctionnement du système électronique du calculateur.

- Les paramètres reçus par le calculateur sont:
 - Régime moteur (signal commande de bobine d'allumage) pour établir la richesse de base.
 - débit d'air (signal débitmètre) pour établir la richesse de base.
 - température d'air (signal débitmètre) pour établir la richesse de base.

- sonde de température moteur (signal sonde de température moteur CTN) pour corriger la richesse de base.
- état de charge (signal contacteur papillon, 2 positions lues: butée mini et butée maxi) pour corriger la richesse de base.

Avec ces paramètres, le calculateur:

- établi un signal brut à partir de l'allumage.
- effectue la chaîne de calcul déterminant le dosage idéal de base.
- sélectionne son mode de fonctionnement et élabore une correction.
- effectue la correction du coefficient d'enrichissement suivant son mode.

- **Suivant le mode** \Rightarrow **adaptation différente de la richesse:**

- pas d'ouverture injecteurs=coupure carburant.
- Ouverture minimum injecteurs = mélange de base (15kg d'air pour 1kg de carburant).
- Ouverture longue injecteurs = mélange riche.
- Ouverture très longue injecteurs = mélange très riche.

Nota: Un mélange pauvre ne peut être que suite à un défaut (souvent une prise d'air non mesurée par le débitmètre). Ce n'est pas un fonctionnement normal (hormis coupure des injecteurs en mode décélération).

Petite subtilité: la phase d'accélération n'est pas un mode de fonctionnement du calculateur. Lors d'une accélération, le mélange est enrichi de par la conception du conduit d'admission. A ne pas confondre avec le mode pleine charge qui lui est un mode calculateur correspondant à pied au plancher!!!

I.4.5 Comment est contrôlée la richesse du mélange?

Comme nous l'avons vu, la richesse d'un mélange est le coefficient de carburant présent par rapport à l'air. Ce rapport carburant/air doit être précis pour assurer la puissance du moteur sans pénaliser la consommation.

Le système d'injection va permettre, de par son principe d'adaptation rapide d'enrichissement, d'augmenter la puissance du moteur seulement au moment de la demande. La consommation carburant est ainsi diminuée et limitée en phase d'utilisation normale (fonctionnement basique). Cependant, l'enrichissement du mélange ne doit pas être influencé par la montée en régime et l'augmentation du débit d'air aspirée.

La fonction fondamentale du calculateur est de respecter la proportion entre :

- quantité de carburant (paramètre commandé).
- quantité d'air (paramètre lu).

L'alimentation de carburant se fait par les injecteurs. Ils sont commandés électriquement en ouverture.

Chapitre 3 : Etude du système d'injection électronique

Tout le principe repose sur la lecture de la quantité d'air aspirée par cycle puis d'injecter dans ce même cycle la quantité de carburant adéquate.

La lecture de la quantité d'air se fait grâce au débitmètre qui donne à chaque instant le débit d'air instantané aspiré par le moteur.

Attention : Cette lecture est une variation de débit instantané et non pas une quantité. Il faut donc convertir la mesure de débit d'air aspiré en quantité d'air aspirée afin de pouvoir établir une proportion entre la quantité d'air et la quantité de carburant. Un référentiel de temps est nécessaire. C'est le signal de régime moteur qui sert de référence temps permettant de connaître les cycles.

$$\text{Quantité (kg)} = \text{Débit (kg/s)} \times \text{Temps (sec)}$$

Sans le temps, impossibilité de connaître la quantité.

Le régime moteur est la référence temps, ce signal est le point de départ de la chaîne de calcul.

I.4.6 Principe de l'injection :

Le dispositif, développé en collaboration avec BOSCH permet de déterminer une loi d'injection idéale.

L'injection est réalisée à très haute pression grâce à une rampe d'injection commune aux injecteurs électrohydrauliques (d'où l'appellation COMMON RAIL).

La rampe d'injection commune est maintenue à très haute pression.

La pression d'injection peut atteindre 1500 bars à haut régime.

Un calculateur électronique intègre de nombreux paramètres :

- Régime moteur,
 - Température d'eau moteur,
 - Température d'air,
 - Température et pression du carburant,
 - Pression atmosphérique,
 - Position de la pédale d'accélérateur.
-
- température d'air d'admission et débit d'air d'admission
 - La température d'air et le débit de l'air d'admission sont donnés par le débitmètre. L'écoulement de l'air aspiré exerce une force sur le volet qui contre un ressort. Le tarage de ce ressort est donc important: éviter d'y toucher. Une sonde de température soumise au flux d'air mesure la température d'air d'admission.

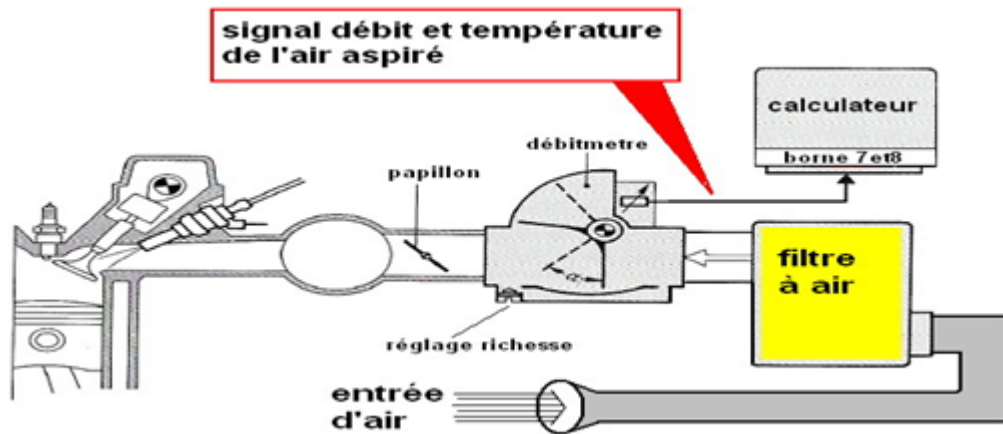


Figure I.4.6 : Mesure débit d'air aspiré

A noter, qu'il y a 2 volets: 1 principal recevant la force de l'air et 1 d'amortissement solidaire du premier créant un volume d'air amortisseur. Ceci afin d'avoir une meilleure précision dans la lecture et aussi d'éviter les oscillations économisant les pistes du potentiomètre.

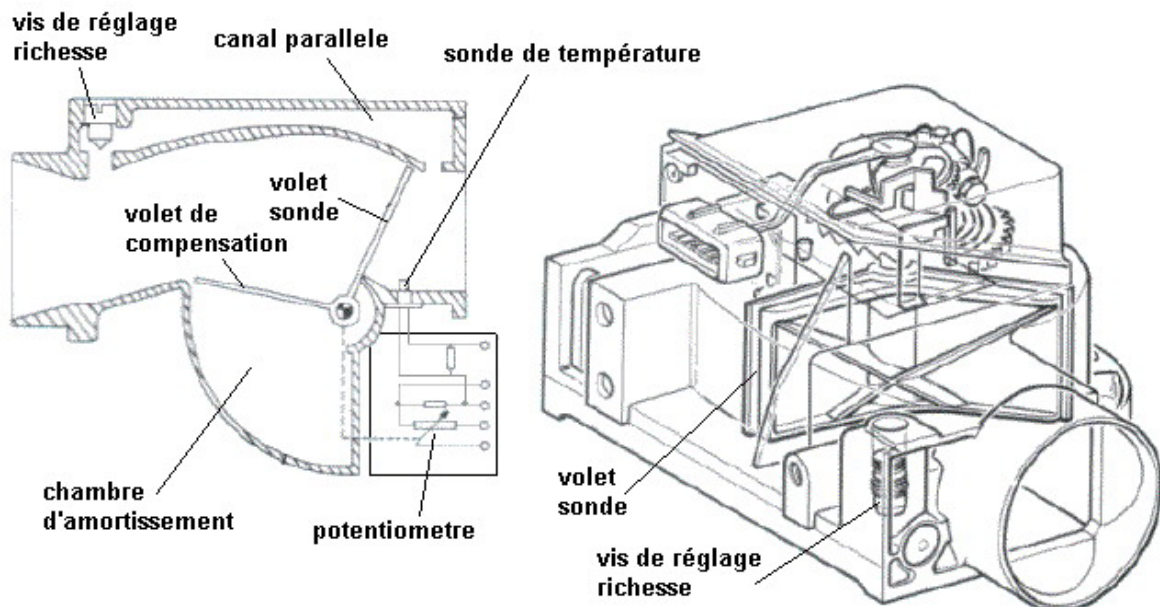


Figure I.4.6' : Schéma d'un débitmètre (selon version)

On retrouve sur le débitmètre la vis de réglage richesse.

Ces volets sont couplés à un potentiomètre. Le débitmètre étant donc alimenté en 12V (principe du potentiomètre) envoie une tension électrique proportionnellement à la position du volet. La valeur de température est connue grâce à la variation de résistance de la sonde température intégrée au débitmètre. Cette thermistance influence directement la valeur de tension fonction position volet envoyée à l'ECU. Le signal généré par le débitmètre est envoyé à l'ECU.

Chapitre 3 : Etude du système d'injection électronique

La combinaison de ces 3 paramètres à savoir le **régime moteur**, la **température d'air d'admission** et le **débit d'air d'admission** indique précisément au calculateur la masse d'air aspirée par cycle. Il ne lui reste plus qu'à injecter la quantité de carburant en régulant le temps d'ouverture des injecteurs lors du cycle du moteur.

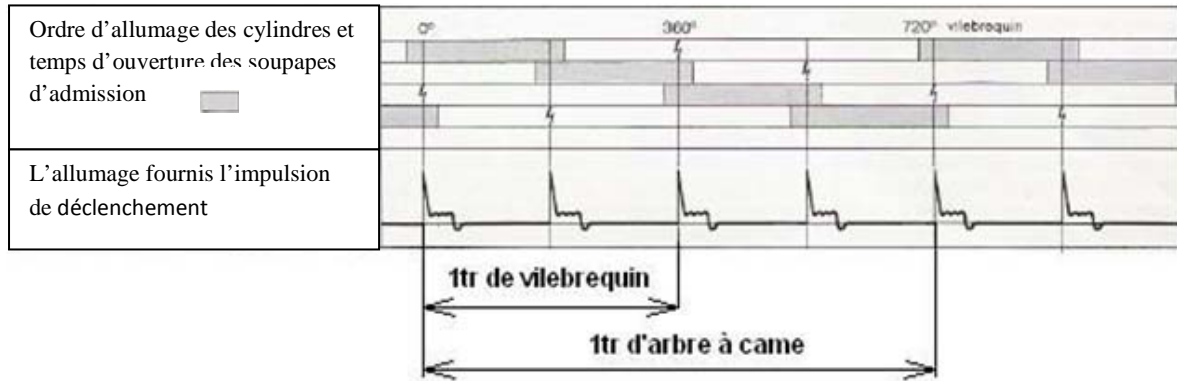


Figure I.4.6''Ordre d'allumage des cylindres et temps d'ouverture des soupapes d'admission

La proportion carburant/air de 1/15: Le fameux rapport stœchiométrique représentant le dosage idéal $\lambda=1$ est la valeur de richesse de base ne tenant compte que du débitmètre. Elle correspond à la phase de fonctionnement du moteur le plus utilisé: charge partielle.

La richesse du mélange ne pourra jamais (sauf prise d'air sauvage ou vis richesse débitmètre dévissée) être en dessous de ce seuil. C'est la durée minimum d'ouverture des injecteurs.

La richesse 1/15 obtenue sert de référence aux autres modes de fonctionnement qui vont seulement lui apporter une correction suivant la détection de la phase d'utilisation moteur.

Cependant, l'ouverture de l'injecteur n'est pas immédiate car, comme tout système électromagnétique, il a un temps de réponse.

Nota : Ne jamais modifier l'architecture du faisceau électrique afin de conserver les mêmes références de potentiel.

Le débitmètre avec le régime moteur sont les 2 éléments essentiels au bon fonctionnement de l'injection. De leurs paramètres dépendent l'élaboration du dosage initial. Le taux final d'enrichissement n'est que le résultat de corrections de ce dosage initial. En cas de défaut de fonctionnement majeur de l'injection, ces 2 éléments sont à vérifier en priorité

- Vérification de l'allumage pour le régime moteur.
- Vérification de la bonne rotation et de la propreté du volet sonde pour le débitmètre.

II. Simulation de fonctionnement

Cette partie va permettre de voir les différents éléments du système en fonctionnement et ainsi mieux comprendre leur rôle.

Nota: Relais tachymétrique simple fonction. Protection surrégime assurée par le calculateur. La masse de la bobine chauffant du tiroir additionnel est placée sur la ligne d'excitation du démarreur.

- **Moteur froid et Neiman sur "OFF":**
 - Moteur froid = tiroir additionnel d'air est plein ouvert car froid
 - Neiman OFF → pas d'alimentation électrique
 - Pas d'alimentation électrique → bobine non alimenté = pas d'allumage possible (même si rotation moteur)
 - Relais tachy non alimenté = pas de fonctionnement pompe carburant et injection non alimentée électriquement
- **Neiman enclenché sur position "CONTACT"**
 - le relais tachy reçoit une tension → colle 2sec = la pompe carburant mets en pression le circuit 2sec
 - La bobine et le module reçoivent leur alimentation électrique
 - Bougies de préchauffages sont alimentées
 - Moteur toujours immobile → pas d'allumage
- **Action du Neiman sur "DEMARRER"**
 - Excitation démarreur → rotation démarreur
 - Excitation démarreur = bobine tiroir additionnel ne chauffe pas
 - Démarreur tourne → rotation moteur
 - Rotation moteur → signal généré par le générateur d'impulsion de l'allumeur
 - Fonctionnement de l'allumage → compte-tours sautille
 - Fonctionnement de l'allumage → le relais tachy colle
 - Relais tachy colle → pompe carburant pressurise le circuit (pression régulée sur la rampe)

Chapitre 3 : Etude du système d'injection électronique

- Relais tachy colle —————> système d'injection alimenté électriquement (injecteurs, débitmètre, tiroir additionnel d'air, contacteur reçoivent une tension de 12V)
- Calculateur en mode post-démarrage = fort enrichissement

Allumage+Carburant = le moteur est démarré

Neiman remis sur position "CONTACT"

- tiroir additionnel est toujours froid donc ouvert->ralenti accéléré
- moteur démarré->bobine du tiroir additionnel chauffe
- calculateur toujours en mode post-démarrage=fort enrichissement

Moteur démarré+30sec

- le calculateur passe en mode montée de température->prise en compte de la valeur de température moteur grâce à la sonde CTN. Le mélange est toujours fortement enrichi mais tend à diminuer

Moteur démarré+90sec

- le moteur chauffe->le circuit d'eau chauffe
- sonde de température chauffe->calculateur diminue l'enrichissement
- le tiroir d'air additionnel se ferme->ralenti diminue

Moteur à température normal d'utilisation

- tiroir additionnel d'air fermé->ralenti normal
- sonde température moteur chaude=calculateur en mode normal d'enrichissement.
- sonde température moteur chaude=pas de retour possible en mode montée de température (même si redémarrage)

Pédale d'accélérateur toujours relâchée

- contacteur papillon indique pédale relâchée=calculateur en mode ralenti
- calculateur en mode ralenti=léger enrichissement
- léger enrichissement->ralenti stable sans à-coups

Légère action sur la pédale d'accélérateur

- contacteur papillon indique charge partielle->calculateur passe en mode charge partielle
- calculateur en mode charge partielle=richesse mélange optimum (1/15)
- le tiroir additionnel d'air est entièrement chaud=plus de possibilité ralenti accéléré (même si redémarrage)
- augmentation du régime progressivement jusqu'à stabilisation ça roule tranquille avec un mélange 1/15

Pédale accélérateur à fond!!!!

- contacteur papillon indique pleine charge=calculateur passe en mode pleine charge
- calculateur en mode pleine charge=fort enrichissement du mélange
- le régime monte très vite en raison du fort enrichissement et de la quantité d'air non limité

Chapitre 3 : Etude du système d'injection électronique

Gros bourrin: on garde la pédale d'accélérateur à fond

-le régime continue de monter

Régime moteur atteint 6800tr/min

-le moteur de par son inertie dépasse les 6800trs/min

-régime sup à 6800tr/min=calculateur passe en mode surrégime

-calculateur en mode surrégime->coupure injecteurs

-coupure injecteurs=plus de carburant

-plus de carburant->moteur se coupe

-moteur se coupe=régime chute

Régime moteur redescend à 6800tr/min

-calculateur ouvre de nouveau les injecteurs->retour fonctionnement normal de l'injection

(tant que la pédale est appuyée à fond, le calculateur reste en mode pleine charge. Le régime moteur va osciller autour de 6800tr/min en coupant/ouvrant les injecteurs)

Pédale d'accélérateur en position repos

-contacteur papillon indique pédale relâchée

-régime moteur supérieur à 1600 trs/min+pédale relâchée=calculateur passe en mode décélération

-calculateur mode décélération->coupure injecteurs

(frein moteur augmenté+économie de carburant)

-coupure injecteurs->régime chute

Régime passe sous les 1600trs/min

-ouverture des injecteurs

-contacteur indique pédale relâchée=calculateur passe en mode ralenti

-calculateur mode ralenti->léger enrichissement

-léger enrichissement=ralenti stabilisé sans à-coup

Neiman sur "OFF"

-alimentation électrique coupée->coupure allumage

-alimentation électrique relais tachy coupé->coupure injection

-alimentation électrique relais tachy coupé->coupure pompe carburant

-régime chute plus de rotation moteur

moteur coupé

-tiroir additionnel d'air chaud donc toujours fermé

-circuit d'eau chaud=sonde température chaude

si prochain démarrage: pas de ralenti accéléré ni de fort enrichissement au démarrage

III. Conclusion :

L'injection directe commandée électroniquement par le calculateur moteur, est la meilleure solution trouvée en vu de l'optimisation de la combustion.

À ce jour c'est le meilleur compromis trouvé entre réduction de consommation, plaisir de conduite et surtout réduction des polluants causé par la combustion du carburant.

Chapitre 4 :

Application :
Simulation sous Step7

I. Utilisation de Step 7

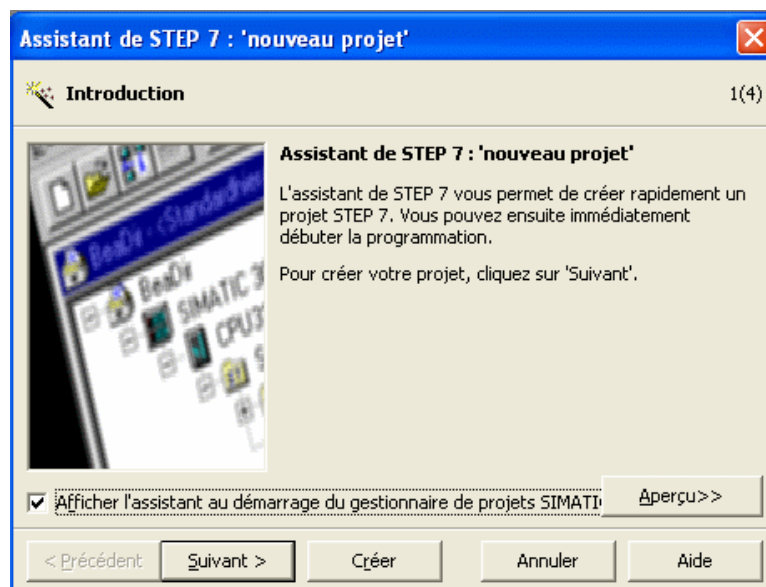
I.1 Introduction

Step 7 permet l'accès "de base" aux automates Siemens. Il permet de programmer individuellement un automate (en différents langages). Il prend également en compte le réseau des automates, ce qui permet d'accéder à tout automate du réseau (pour le programmer), et éventuellement aux automates de s'envoyer des messages entre eux. Il ne permet pas d'incorporer les ordinateurs dans le réseau (durant le fonctionnement, il n'y a pas de dialogue entre les PC et les automates, donc pas de supervision du processus par un logiciel centralisé, comme ce serait possible sous PCS7).

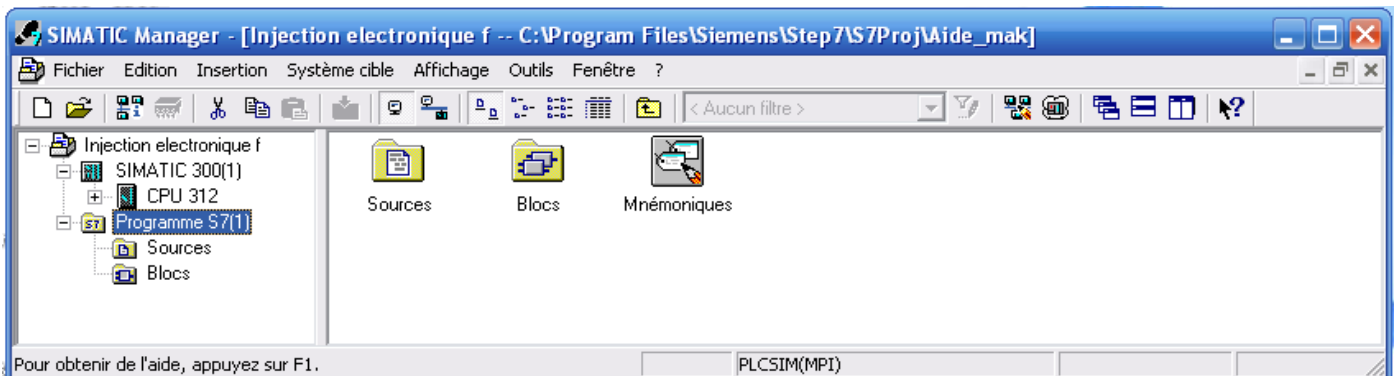
Créer son projet

Un projet contient la description complète de l'automatisme. Il comporte donc deux grandes parties : la description du matériel, et la description du fonctionnement (le programme).

En entrant dans Step7, il peut y avoir un assistant qui vous propose de créer un nouveau projet, il vaut mieux l'annuler car par défaut il configure mal la liaison avec l'automate. On choisira donc plutôt « fichier -> nouveau » ou « fichier -> ouvrir ». N'utilisez pas un projet existant, suivant les filières les projets peuvent être incompatibles !



I.2 Le matériel



Le **matériel** : un rail support (à trouver dans la liste du matériel pour la gamme Simatic 300, dans les racks), puis (dans l'ordre de leur implantation physique, de gauche à droite) l'alimentation (repérez sur le matériel, en haut son type : PS 307 2A, en bas son numéro de référence : 307-1BA00-0AA0). Insérez l'automate (son numéro IP 192.168.0.1xx est noté sur la valise), puis le module 16 sorties ToR, le module 16 entrées ToR, le module 8E et celui 8S, et enfin le module analogique. On pourrait aussi décrire son PC (mais il n'interviendra pas dans le fonctionnement final, ce sera pour PCS7). La solution la plus simple est de préparer un projet contenant la description de l'automate, sans y mettre de programme, et l'ouvrir à chaque nouveau programme (enregistrer sous... pour garder le projet initial).

Emplacement	Module	Référence	Firmware	Adresse MPI	Adresse d'entrée	Adresse de sortie
1	PS 307 2A	6ES7 307-1BA00-0AA0				
2	CPU 312	6ES7 312-1AD10-0AB0	V2.0	2		
3						
4	DI16xDC24V	6ES7 321-1BH00-0AA0			0...1	
5	DO16xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BH00-0AA0				4...5
6	A18x16Bit	6ES7 331-7NF00-0AB0			288...303	
7	A18x16Bit	6ES7 331-7NF10-0AB0			304...319	
8	AO4x12Bit	6ES7 332-5HD01-0AB0				320...327

Vérifiez bien les différentes adresses. Pour le CPU, on définit la connexion PROFIBUS (à connecter en 500kbits, en format standard) et aussi définir son numéro IP (192.168.0.1xx) et donnez le nom de votre valise (par exemple V10), il ne doit plus s'appeler PN-IO (il vaut mieux ne pas activer cette liaison, Profibus suffit). Utilisez également l'adressage du tableau ci-dessus pour les modules d'E/S.

Quand nous ferons des projets PCS7 il faudra également définir le PC, nommé ESx (x entre 0 et 9), de numéro PROFIBUS x et IP 192.168.0.00x, voire plusieurs PC et plusieurs valises. Nous avons en plus un gros automate (série AS400) nommé AS400, d'adresse PROFIBUS 20, et 192.168.0.120 comme IP. Il est prévu d'y adjoindre une périphérie décentralisée.

Chapitre 4 : Application Simulation sous Step7

Emplacement	Module	Référence	Firmware	Adresse MPI	Adresse d'entrée	Adresse de sortie
1	PS 407 10A	6ES7 407-0KA01-0AA0				
3	CPU 414-3 DP	6ES7 414-3XJ04-0AB0	V4.0			
X2	DP				8191*	
X7	MPI/DP				8190*	
IF1						
5	CP 443-1	6GK7 443-1EX11-0XE0	V2.5		8189	

On peut donner des noms explicites aux différentes E/S, en choisissant "mnémoniques" dans le dossier "programme" de l'automate. De base, les entrées ToR se notent E a.b (E=ein) avec l'adresse du module (ou la partie d'adresse, on regroupe par octet, donc dans un module 32 E/S il y a 4 adresses a), b étant le numéro du bit dans l'octet (entre 0 et 7). Exemple : E0.4 est la cinquième entrée du premier bloc d'entrées) les sorties se notent A a.b (A=Aus). Les entrées et les sorties peuvent utiliser les mêmes adresses, les 32 entrées du premier bloc s'appellent E0.0 à E3.7, les 32 sorties du second bloc s'appellent A0.0 à A3.7. On peut également accéder directement à un octet complet (B), un mot (W) de deux octets, un double mot (D) de 4 octets. Pour stocker des résultats intermédiaires, on dispose de mémoires internes (mémento) nommés en ToR M0.0 à M65535.7 (si on a assez de mémoire), ou MB, MW, MD. Pour l'arithmétique on dispose aussi des types int, dint, real, char, date, time...

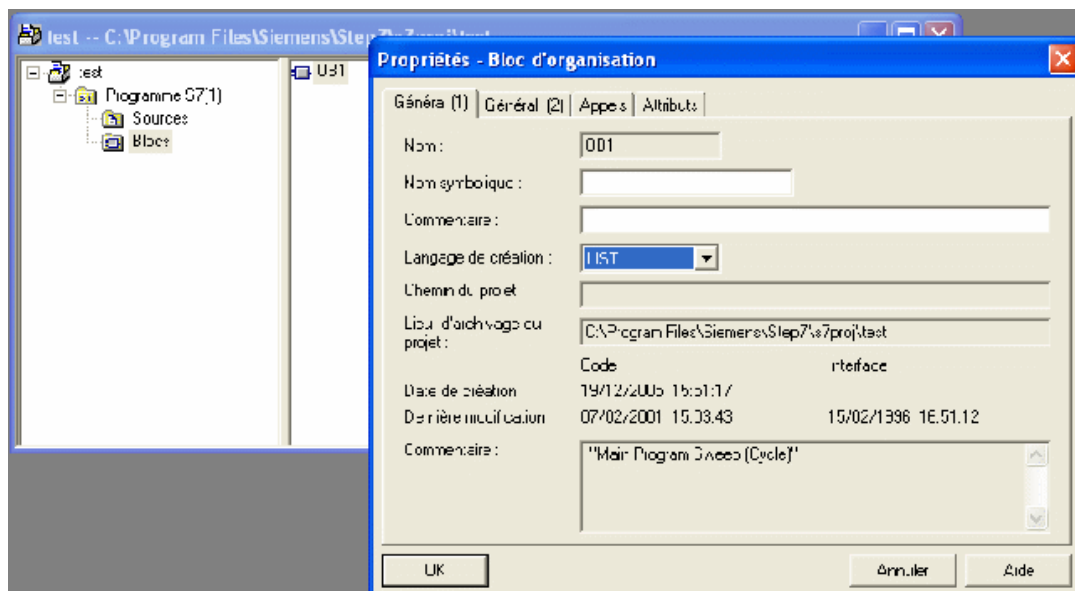
Les mnémoniques sont des variables globales (pour tous les blocs ou sous-programmes). Mais elles sont définies pour un matériel donné uniquement. Voici un exemple de table de mnémoniques :

	Etat	Mnémonique ^	Opérande	Type de données	Commentaire
1		CP1	E 0.7	BOOL	Contacteur Papillon position 1
2		CP2	E 1.4	BOOL	Contacteur Papillon position 2
3		I	E 1.1	BOOL	Initialisation
4		M	E 0.0	BOOL	Bouton marche
5		MC	A 0.5	BOOL	Moteur Chaud
6		MP1	M 0.4	BOOL	Pression inferieur a 5 Bar
7		MP2	M 0.5	BOOL	Pression inferieura 10 Bar
8		MP3	M 0.6	BOOL	Pression inferieur a 15 Bar
9		MT1	M 0.0	BOOL	Temperature inferieur a 30°C
10		MT2	M 0.1	BOOL	Temperature inferieur a 60°C
11		MT3	M 0.2	BOOL	Temperature inferieur a 90 °C
12		MT4	M 0.3	BOOL	Temperature superieur a 90 °C
13		MT5	M 1.1	BOOL	Temperature egale 88°C
14		OR1	E 0.4	BOOL	Ouverture de la vanne carburant position 1
15		OR2	E 0.5	BOOL	Ouverture de la vanne carburant position 2
16		OR3	E 0.6	BOOL	Ouverture de la vanne carburant position 3

Figure : Table des mnémoniques

I.3 Le programme

Le programme sera placé dans l'automate (->programme->blocs). Le "programme principal" s'appelle obligatoirement OB1 (OB= Bloc d'Organisation, contient un bout de programme, on pourrait aussi appeler cela un sous-programme). On double clique sur OB1 pour entrer le programme. Il faut avant tout choisir son langage préféré (dans "affichage" s'il ne le propose pas automatiquement) : CONT (langage à contacts), LIST (langage textuel), ou LOG (portes logiques). D'autres langages (optionnels) existent, les trois qui me semblent les plus intéressants sont SCL (langage proche du Pascal, permettant des algorithmes et calculs complexes), GRAPH (proche du Grafcet), HiGRAPH (proche des réseaux de Petri).



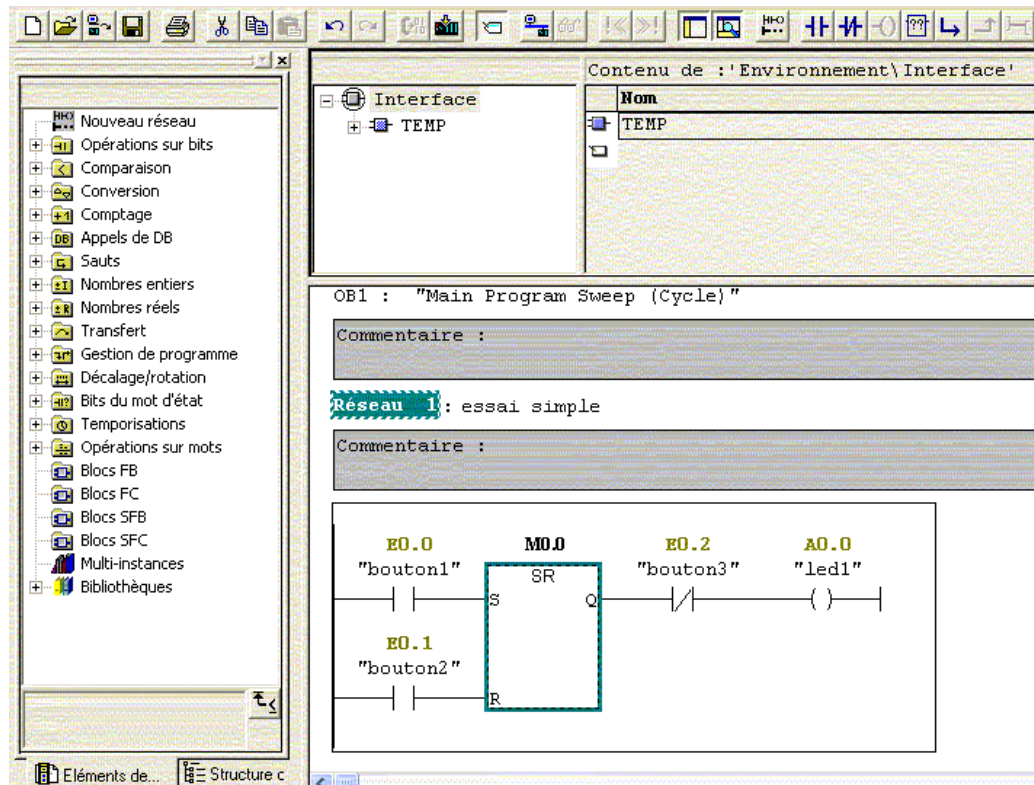
I.4 Le langage CONT

C'est une suite de réseaux qui seront parcourus séquentiellement. Les entrées sont représentées par des interrupteurs -| |- (ou -|/|- si entrée inversée), les sorties par des bobines -()- ou des bascules -(S)- -(R)-. Il y a également des opérations unaires (une entrée une sortie) : l'inverseur -|NOT|-, l'attente d'un front montant -(P)- ou descendant -(N)-. Les sorties sont obligatoirement à droite du réseau. On doit évidemment définir nos E/S, soit directement par leur code (E a.b / A a.b), ou avec leur nom en clair défini dans la table des mnémoniques (entrez le nom entre guillemets). On relie les éléments en série pour la fonction ET, en parallèle pour le OU. On peut utiliser des bits internes (peuvent servir en bobines et interrupteurs), comme on utilise dans une calculatrice une mémoire pour stocker un résultat intermédiaire (M a.b). On peut aussi introduire des éléments plus complexes, en particulier les opérations sur bits comme par exemple une bascule SR (priorité déclenchement), RS (priorité enclenchement), POS et NEG pour la détection de fronts... Dans le document en ligne « CONT pour S7 » on trouvera d'autres fonctions utiles, les compteurs, les tempos, à la rigueur le registre à décalage qui permettrait de gérer du séquentiel sans Grafcet. On peut également utiliser des fonctions plus complexes (calculs sur mots par exemple).

On trouve normalement dans la fenêtre « éléments de programme » l'ensemble des opérations existantes « affichage -> vues d'ensemble »).

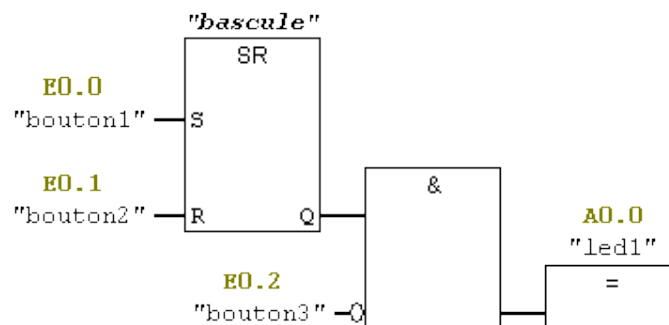
Chapitre 4 : Application Simulation sous Step7

Le programme est en général décomposé en plusieurs réseaux, par exemple un réseau par sortie (2 parties du schéma non reliées entre elles doivent être dans deux réseaux différents). Les réseaux sont exécutés séquentiellement.



I.5 Le langage LOG

C'est un langage graphique, utilisant les symboles de l'électronique numérique (portes logiques). On peut utiliser plusieurs entrées pour une même porte, placer des inverseurs sur les entrées.... Ici, on découpe son programme en plusieurs réseaux (en général quand un ensemble de blocs n'est pas relié au reste, ou un réseau par sortie...) Voici l'exemple correspondant au programme CONT montré plus haut :



I.6 Le langage LIST

C'est un langage textuel, qui est le plus proche du comportement interne de l'automate (correspond à peu près à l'assembleur dans un ordinateur). Le système sait toujours traduire du CONT ou du LOG en LIST. Le programme se compose d'une suite de lignes, chacune spécifiant un code opération suivi d'un opérande (et un seul). L'opérande peut être une adresse absolue (E0.0) ou un mnémonique entre guillemets (si les mnémoniques ont été définis, bien sûr).

I.7 Transfert vers l'automate

Après avoir enregistré votre projet, il faut transférer le projet dans l'automate (il vaut mieux que l'automate soit en mode STOP, mais en RUN-P l'automate peut être arrêté temporairement à distance). Il suffit de choisir « système cible -> charger ». On peut regarder le programme actuellement dans l'automate (s'il est en mode RUN ou RUN-P) par « affichage -> en ligne » (hors ligne correspond au projet que l'on est en train de créer sur le PC). On peut même directement modifier un programme dans la fenêtre « en ligne » (si l'automate est au repos).

Dans la fenêtre « en ligne », en entrant dans le programme (OB1 ou autres blocs), on peut directement visualiser l'état des variables dans le programme. On choisit pour cela « test -> visualiser ». En CONT, les schémas deviennent en pointillés aux endroits où « le courant n'arrive pas ». En LIST, un tableau est affiché à côté du programme, spécifiant la valeur (0 ou 1) des opérandes, en LOG des 0 ou 1 sont écrits sur les liaisons. En Grafcet, les étapes actives sont en vert, les transitions validées sont montrées comme dans le langage correspondant, les valeurs des tempos, compteurs... sont notées à côté du schéma.

I.8 Logiciel de simulation PLCSIM :

PLCSIM est un logiciel de simulation d'automates livré avec STEP7. On peut donc tester un programme sur un PC non relié aux automates). Démarrez le simulateur (outils -> simulation de modules ou l'icône représentant l'automate virtuel dans un nuage), affichez les E/S (insertion -> entrées ou sorties). Transférez le programme (par exemple par « système cible -> partenaires accessibles » et un copier-coller). On peut désormais tester (en mode RUN).

II. Simulation Sous Step7

Le tableau ci-dessous récapitule les différentes phases de fonctionnement d'un moteur et fait le point sur les demandes d'information du calculateur pour gérer au mieux les stratégies d'injection et d'allumage qui sera réalisé sous Step7.

Phases de fonctionnement du moteur	Ce qui est demandé au moteur	Dosage Riche ou Pauvre	Élément intervenant dans le cas de l'injection
Démarrage à froid	Qu'il démarre à basse températures	Riche : 1/8 à 1/10	Capteur de T°, Capteur de pression absolue
Ralenti à froid	Qu'il entretienne le régime de rotation	Riche : 1/10 à 1/12,5	Capteur de T°, Capteur de régime moteur, Vanne de régulation ralenti
Ralenti à chaud	Qu'il entretienne le régime de rotation	Riche : 1/12,5 à 1/13,5	Capteur de T°, Capteur de régime moteur, Vanne de régulation ralenti
Accélération	Rapide élévation du régime moteur	Riche	Capteur de position papillon, Capteur de pression absolue ou débitmètre
Pleine charge	Vitesse maxi Couple maxi	Riche : 1/12,5	Capteur position papillon, Capteur de pression absolue ou débitmètre

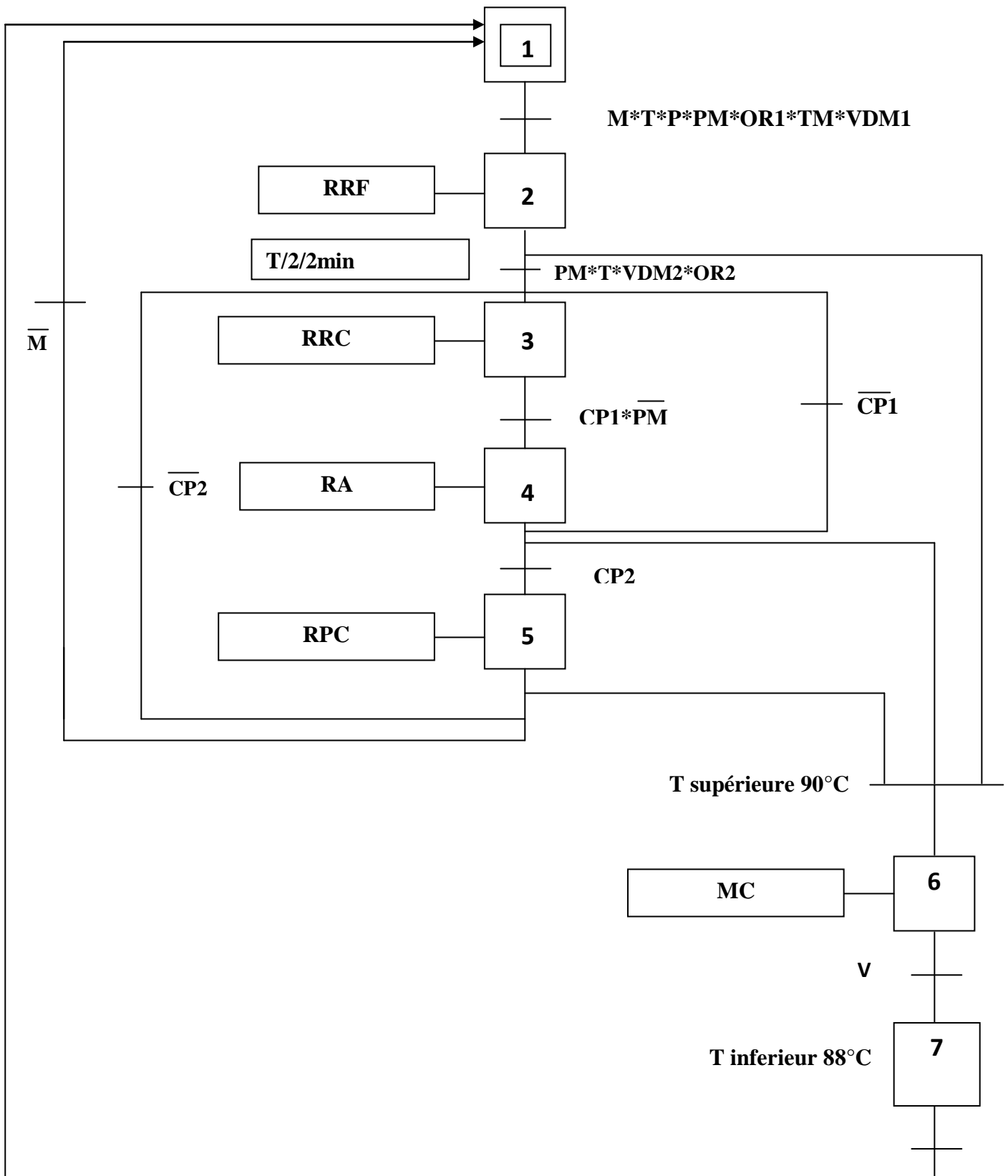
II.1 Graf cet

Le **Grafcet** est un mode de représentation et d'analyse d'un automatisme, particulièrement bien adapté aux systèmes à évolution séquentielle, c'est-à-dire décomposable en étapes.

Le Grafcet représente donc graphiquement le fonctionnement d'un automatisme par un ensemble :

- d'étapes auxquelles sont associées des actions ;
- de transitions entre étapes auxquelles sont associées des conditions de transition (réceptivités) ;
- des liaisons orientées entre les étapes et les transitions.

III. Grafcet de simulation des différents régimes moteur



Grafcet : simulation d'injection de carburant (régimes moteur)

Chapitre 4 : Application Simulation sous Step7

- 1- Initialisation
- 2- RRF (Régime ralenti froid)
- 3- RRC (Régime ralenti chaud)
- 4- RA (Régime accélération)
- 5- RPC (Régime plein charge)
- 6- MC (Moteur chaud)
- 7- Refroidissement du moteur

Pour les transitions voir le tableau des mnémoniques ci-dessous

IV. Programme réalisé sous Step7

IV.1 Table des mnémoniques

Propriétés de la table des mnémoniques				
Nom :	Mnémoniques			
Auteur :	Fali Jugurtha			
Commentaire :				
Date de création :	16/05/2010 10:20:38			
Dernière modification :	31/05/2010 09:49:11			
Dernier filtre sélectionné :	Tous les mnémoniques			
Nombre de mnémoniques :	31/31			
Dernier tri :	Mnémonique ordre croissant			
Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	CP1	E 0.7	BOOL	Contacteur Papillion position 1
	CP2	E 1.4	BOOL	Contacteur Papillion position 2
	I	E 1.1	BOOL	Initialisation
	M	E 0.0	BOOL	Bouton marche
	MC	A 0.5	BOOL	Moteur Chaud
	MP1	M 0.4	BOOL	Pression inferieur a 5 Bar
	MP2	M 0.5	BOOL	Pression inferieura 10 Bar
	MP3	M 0.6	BOOL	Pression inferieur a 15 Bar
	MT1	M 0.0	BOOL	Temperature inferieur a 30°C
	MT2	M 0.1	BOOL	Temperature inferieur a 60°C
	MT3	M 0.2	BOOL	Temperature inferieur a 90 °C
	MT4	M 0.3	BOOL	Temperature superieur a 90 °C
	MT5	M 1.1	BOOL	Temperature egale 88°C
	OR1	E 0.4	BOOL	Ouverture de la vanne carburant position 1
	OR2	E 0.5	BOOL	Ouverture de la vanne carburant position 2
	OR3	E 0.6	BOOL	Ouverture de la vanne carburant position 3
	P	E 0.2	BOOL	Capteur de Pression
	PM	E 0.3	BOOL	Point mort
	RA	A 0.4	BOOL	Regime acceleration
	RPC	A 0.3	BOOL	Regime plein Charge
	RRC	A 0.1	BOOL	Regime ralenti Chaud
	RRF	A 0.0	BOOL	Regime ralenti Froid
	T	E 0.1	BOOL	Capteur de Temperature
	TD	A 0.6	BOOL	Temperature desirer
	TM	T 1	TIMER	Temporisation nessecaire pour ateiendre le RRC
	TM1	T 2	TIMER	
	TMP	M 0.7	BOOL	memoire de l'ouverture de VDM
	TMP1	M 2.0	BOOL	temps de reponse de la pedale d'acceleration pour ateiendre le regime plein charg
	V	E 1.0	BOOL	Capteur de declanchement de la ventilation
	VDM1	E 1.2	BOOL	Ouverture de la vanne d'air 100%
	VDM2	E 1.3	BOOL	Fermeture de la Vanne d'air à 90%

IV.2 Programme générale

OB1 - <offline>

""

```

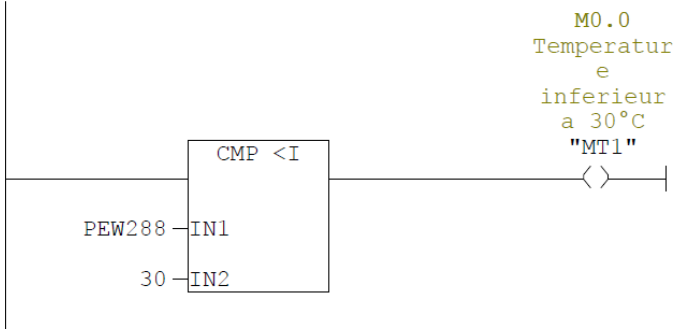
Nom :                               Famille :
Auteur :                             Version : 0.1
                                       Version de bloc : 2
Horodatage Code :                   31/05/2010 10:00:50
                                       Interface : 15/02/1996 16:51:12
Longueur (bloc/code /données locales) : 00358 00212 00020
    
```

Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
TEMP		0.0	
OB1_EV_CLASS	Byte	0.0	Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)
OB1_SCAN_1	Byte	1.0	1 (Cold restart scan 1 of OB 1), 3 (Scan 2-n of OB 1)
OB1_PRIORITY	Byte	2.0	Priority of OB Execution
OB1_OB_NUMBR	Byte	3.0	1 (Organization block 1, OB1)
OB1_RESERVED_1	Byte	4.0	Reserved for system
OB1_RESERVED_2	Byte	5.0	Reserved for system
OB1_PREV_CYCLE	Int	6.0	Cycle time of previous OB1 scan (milliseconds)
OB1_MIN_CYCLE	Int	8.0	Minimum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_MAX_CYCLE	Int	10.0	Maximum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_DATE_TIME	Date_And_Time	12.0	Date and time OB1 started

Chapitre 4 : Application Simulation sous Step7

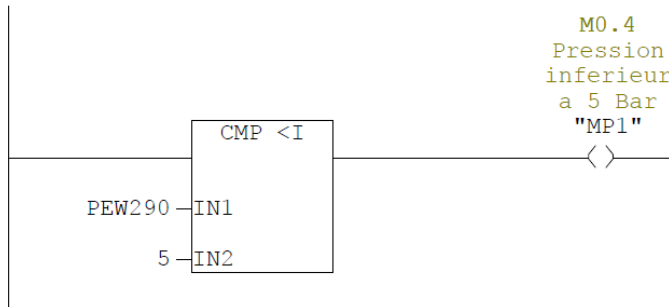
Bloc : OB1 "injection electronique"

Réseau : 1 Temperature inferieur a 30 °C

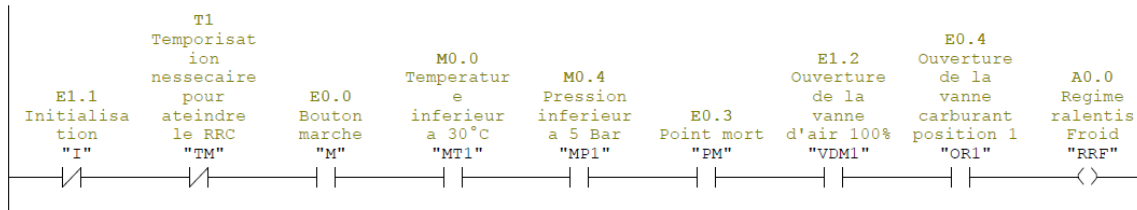


Chapitre 4 : Application Simulation sous Step7

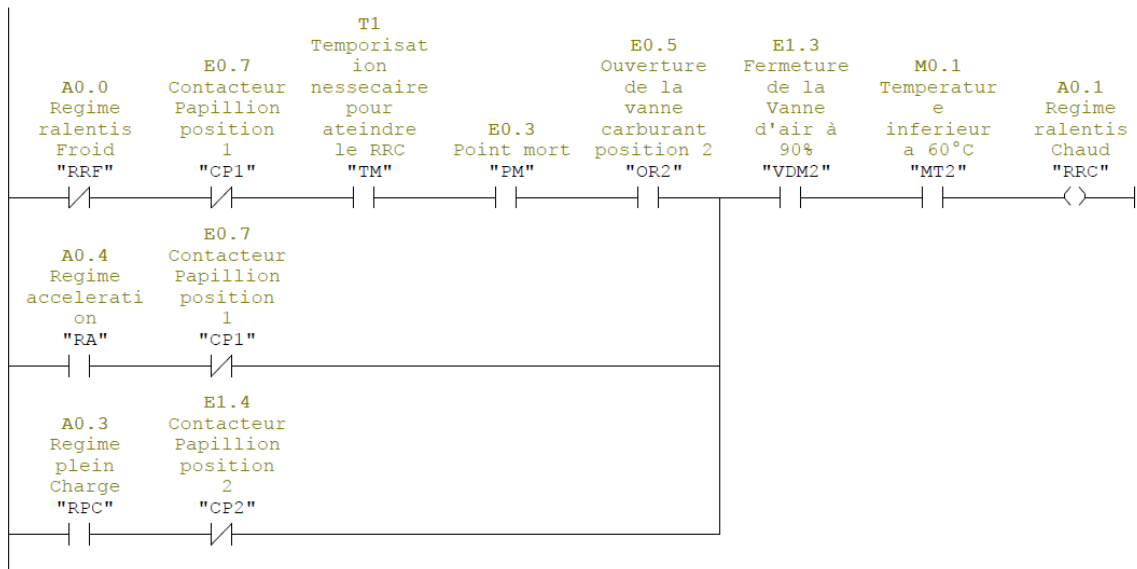
Réseau : 2 Pression inferieur a 5 Bar



Réseau : 3 Regime ralentis Froid

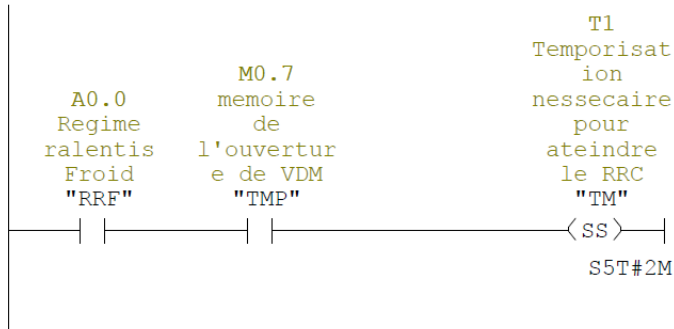


Réseau : 4 Regime ralentis Chaud

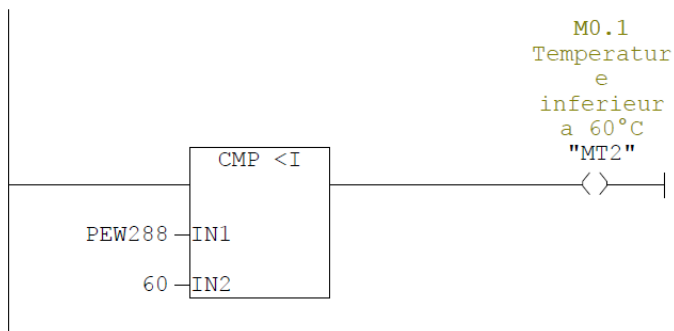


Chapitre 4 : Application Simulation sous Step7

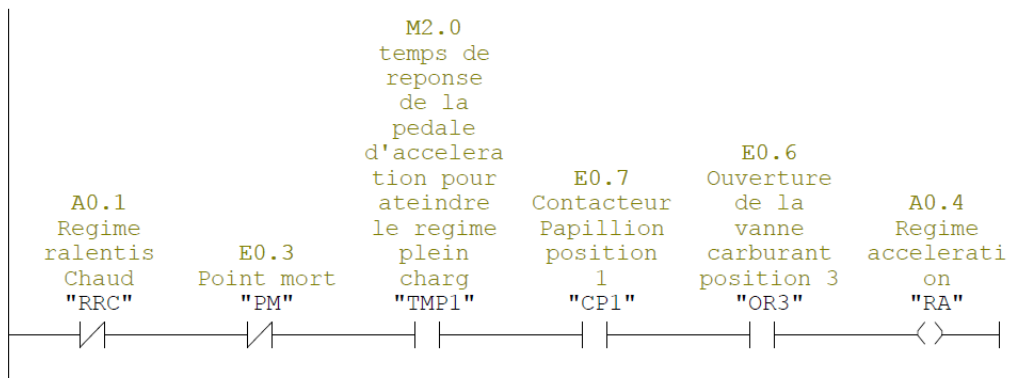
Réseau : 5 Temporisation nessecaire pour ateiendre le RRC



Réseau : 6 Temperature inferieur a 60°C

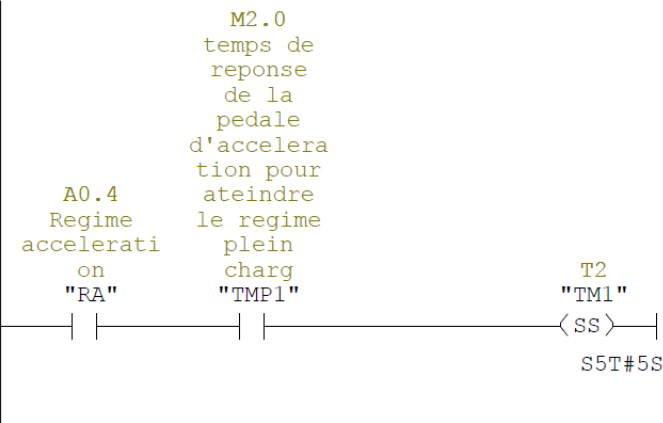


Réseau : 7 demmande d'acceleration

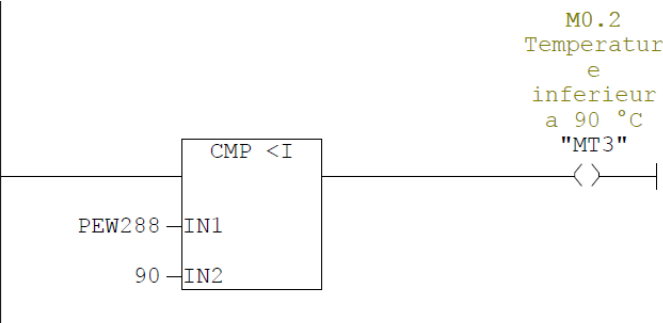


Chapitre 4 : Application Simulation sous Step7

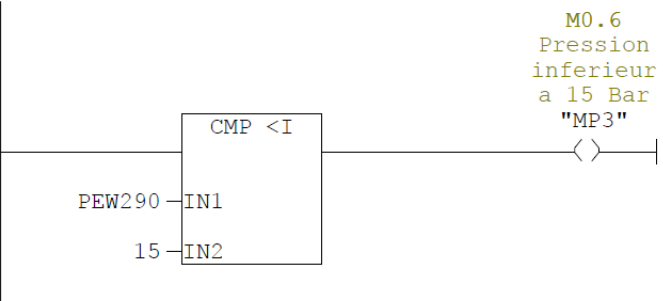
Réseau : 8



Réseau : 9 Temperature inferieur a 90 °C

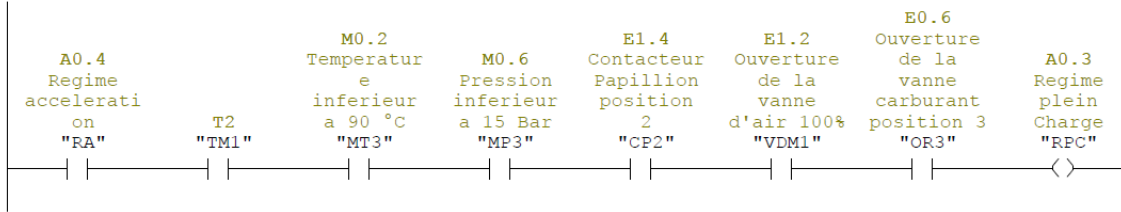


Réseau : 10 Pression inferieur a 15 Bar

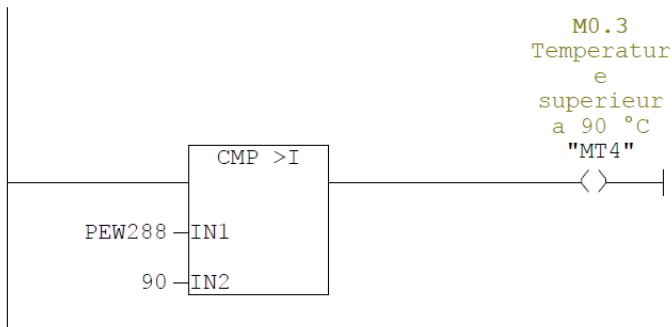


Chapitre 4 : Application Simulation sous Step7

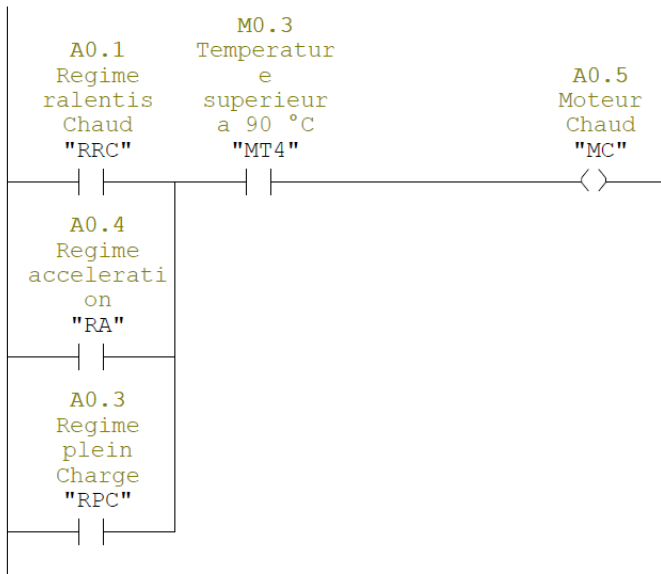
Réseau : 11 Regime plein Charge



Réseau : 12 Temperature superieur a 90 °C

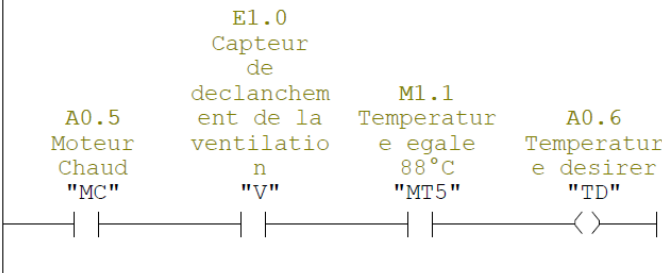


Réseau : 13 Moteur Chaud

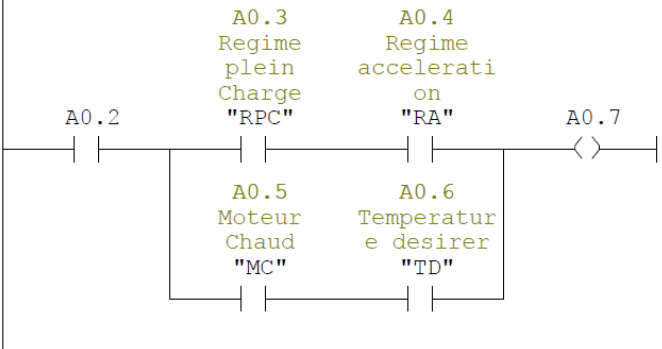


Chapitre 4 : Application Simulation sous Step7

Réseau : 14 Temperature desirer



Réseau : 15 Maintenir le regime ralentis chaud





Conclusion

Conclusion

Au terme de ce travail, nous avons pu acquérir deux expériences importantes.

D'une part,

Le développement de l'électronique et de l'informatique a permis l'évolution rapide et logique des systèmes embarqués. Elle a remplacé les systèmes mécaniques et électriques qui ne communiquent pas entre eux par des réseaux multiplexés (VAN, CAN, LIN, ...) se substituant entièrement aux câbles électriques très encombrants.

Ainsi donc l'électronique à bord des véhicules a permis d'assurer un nombre croissant de fonctions plus ou moins critiques (sécurité, confort,...) sous le commandement de différents calculateurs pour des fonctions encore plus complexes. La puissance de calcul sera répartie entre plusieurs calculateurs pilotant des zones géographiques du véhicule.

Nous avons fait l'étude d'un système électronique embarqué (Calculateur d'injection 1320) plus communément appelé calculateur moteur et pris connaissance de l'importance de l'injection commandé électroniquement en remplacement du carburateur.

Nous avons enfin pu confronter le système d'injection électronique réel (industrielle) à sa réalisation en laboratoire et présenté une simulation qui montre les différentes étapes de l'injection d'un moteur.

D'autre part,

le stage effectué en atelier chez BMKS MOTOR-CITROEN Tizi-Ouzou, nous a permis de démontrer le grand intérêt du calculateur moteur qui est un élément indissociable du système complexe qu'est devenue la voiture, mais aussi la maintenance de ce calculateur avec les différents ordinateurs (unités de diagnostic) mis à disposition par le constructeur CITROEN qui permet d'identifier et de corriger les éventuels défauts liés au calculateur d'injection 1320 (Calculateur moteur).

En perspective à notre travail, nous pensons qu'il serait intéressant de passer du stade de simulation à une implémentation du logiciel sur automate programmable, ce qui nous permettra la réalisation d'une maquette simulant le processus d'injection du carburant dans le moteur, et d'y ajouter d'autres capteurs et évidemment d'insérer ce dernier dans un système plus complet et complexe parmi les différents systèmes existant dans la voiture.



Bibliographie

Bibliographie

- [1]. William B. Ribbens « Understanding Automotive Electronics » 5eme edition, 1998 Butterworth-Heinemann, USA.
- [2]. Decker Peter « Contrôle Capteurs Essence » MDA TMA PEUGEOT, Mars 2004.
- [3]. Alain Chautard « Le Multiplexage » Centre National de ressources pour la formation automobile, Janvier 2005, Perigueux.
- [4]. Joel Malville, Bruno Abou « Le Bus VAN » edition 2003, Dunod, Paris.
- [5]. Dominique Paret « Le Bus CAN », Edition 2003, Dunod, Paris.
- [6]. Technical Training-BOSCH HDI EDC15C2-Injection system and particle filter CITROEN, Document REF N°: **1.6.243** August 2000 Dealer Quality-Development Division.
- [7]. Association Nationale pour la formation Automobile, L'injection Diesel haute pression à rampe commune, Dossier technique A.N.F.A. Edition 2001.
- [8]. Système d'injection HDI BOSCH EDC16C3 pour moteur DV4TD. Centre International de Formation Commerce CITROEN Paris, Edition Janvier 2003.
- [9]. Système d'injection HDI SIEMENS SID802 pour moteur DV4TD, Centre International de Formation Commerce CITROEN Paris, Edition Avril 2002.
- [10]. Association Nationale pour la formation Automobile « Le multiplexage électricité-électronique » Edition 2002, Paris.
- [11]. Automobiles CITROEN, Centre International de Formation Commerce CITROEN Paris « Le Multiplexage les protocoles VAN et CAN » Edition Décembre 2000, Paris.
- [12]. Automobiles CITROEN, Centre International de Formation Commerce CITROEN Paris « Le Multiplexage les architectures VAN-CAN » Edition Mai 2004, Paris.
- [14]. L'Arc – Automobiles <http://philippe.boursin.perso.sfr.fr/pgmpx.htm#mpx00>
- [15]. www.bosch.fr capteurs pour véhicules automobile 2008- 2009 Robert bosch Automotive after Market

[16]. L'injection BOSCH L-JETRONIC, *JSO*: Site de conseils pour la préparation moteur automobile et l'optimisation des performances pour circuit et compétition, <http://pagesperso-orange.fr/jso/149/M1/injection%20m1.htm>

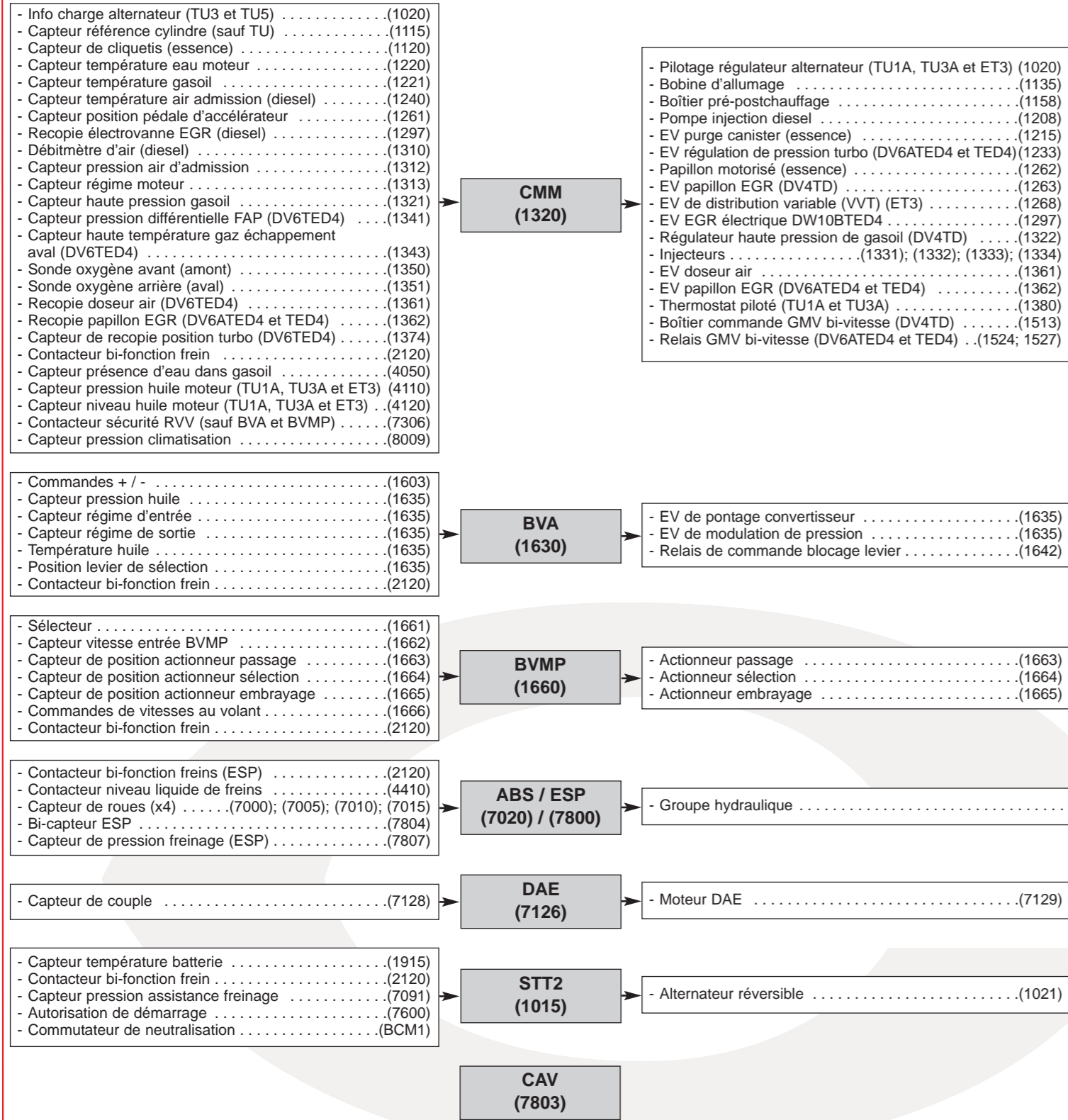
[17]. Fuel injection, <http://pdfdatabase.com/download/aeb-atw-fuel-injection-system-pdf-13409548.html>

[18]. GaTran Ozone Injection System Data Sheet, <http://www.spartanwatertreatment.com/articles/GaTran-Ozone-Injection-System-Data-Sheet.pdf>



Annexe

Réseau CAN

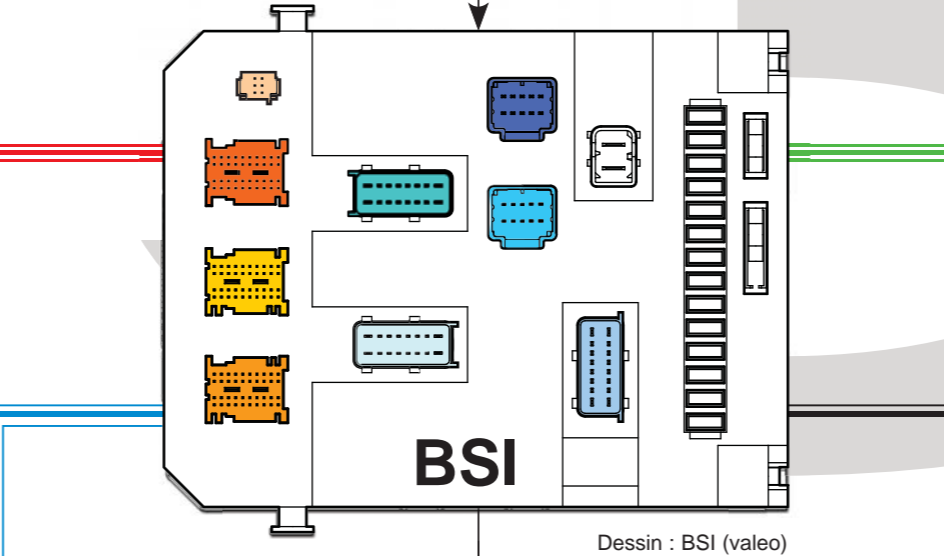


ARCHITECTURE MULTIPLEXÉE C3

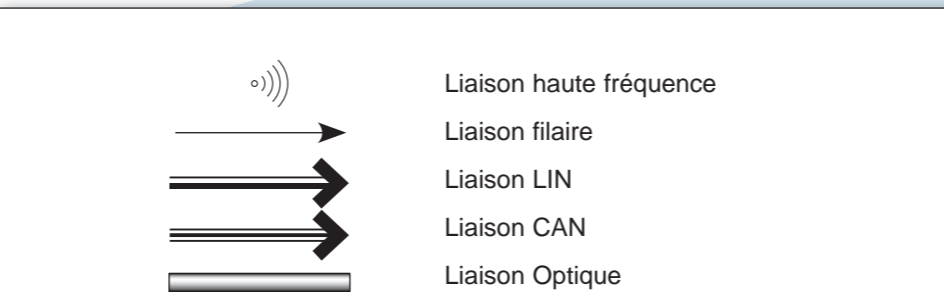
ADDGO Aide au stationnement	CMM Calculateur moteur
AAS Aide au stationnement	CAV Capteur angle volant
BCM1 Bloc commutateur multifonctions droit	CDPL Capteur de pluie et de luminosité
BCM2 Bloc commutateur multifonctions gauche	CDC Chargeur de disc compact
BVA Boîte de vitesses automatique	CMB Combiné
BVMP Boîte de vitesses manuelle pilotée	DAE Direction assistée électrique
BSI Boîtier de servitude intelligent	EMF Ecran multifonctions
BSM Boîtier de servitude moteur	ESP Electronic Stability Program
BSR Boîtier de servitude remorque	KML Kit main libre
EV Electrovanne	STT2 Stop & start

Glossaire

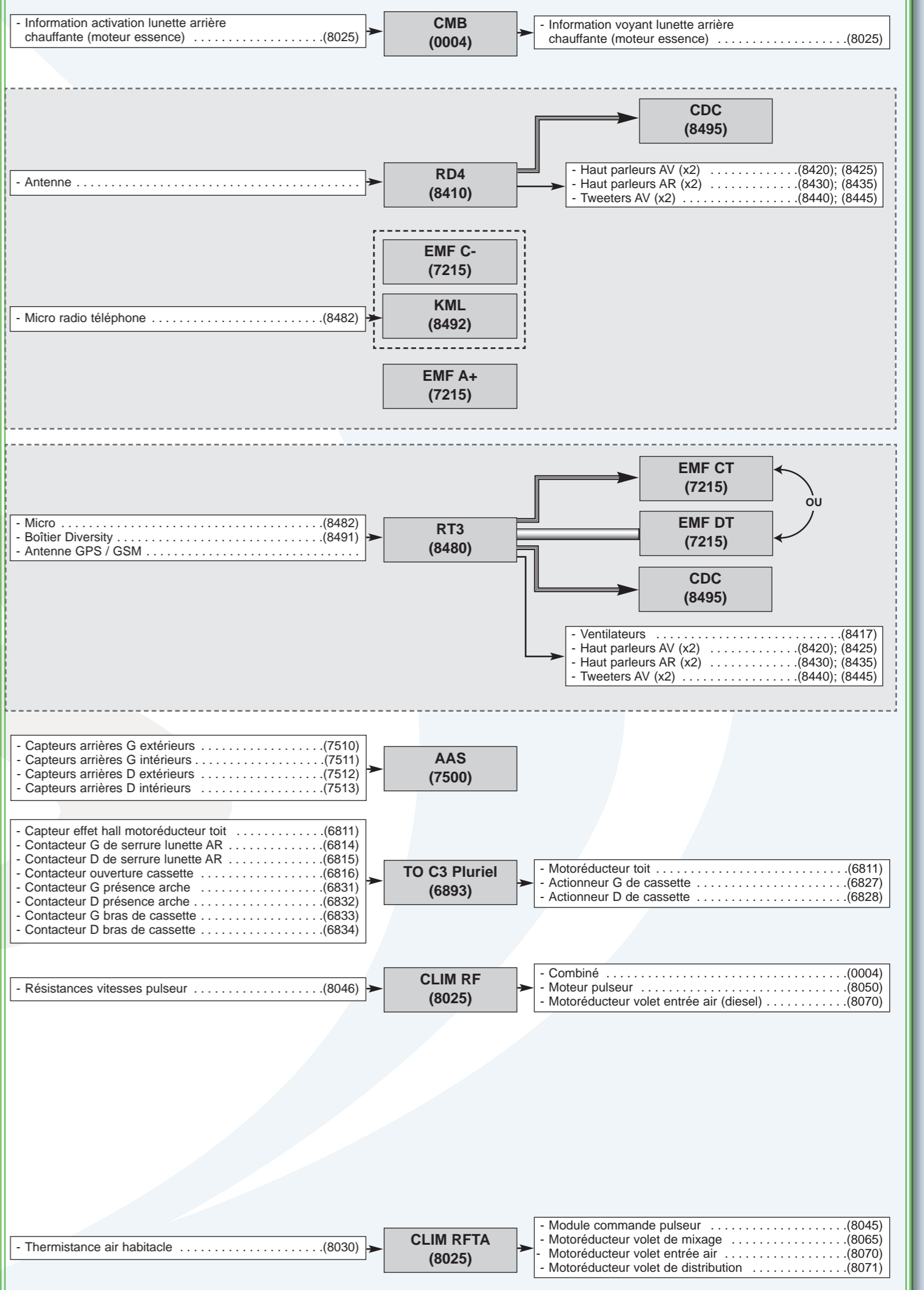
- Contacteur antivol (info " +APC " et " +DEM ")	CA00
- Contacteur sécurité enfant	BCM2
- Signal jauge à carburant	1211
- Contacteur feux de détresse	2300
- Plafonnier	3015
- Contacteur frein de stationnement	4400
- Info contacteur de ceinture sécurité gauche	4730
- Moteur essuie-vitre arrière droit (info arrêt fixe)	5215
- Ensemble serrure porte conducteur	6202
- Ensemble serrure porte passager	6207
- Ensemble serrure porte arrière gauche (C3)	6212
- Ensemble serrure porte arrière droite (C3)	6217
- Contacteur de condamnation centralisée	6220
- Ensemble serrure coffre	6222
- Commutateur des rétroviseurs	6406
- Rétroviseur droit	6416
- Contacteur ouverture lunette (C3 plu)	6824
- Rhéostat siège chauffant conducteur	8302
- Rhéostat siège chauffant passager	8303



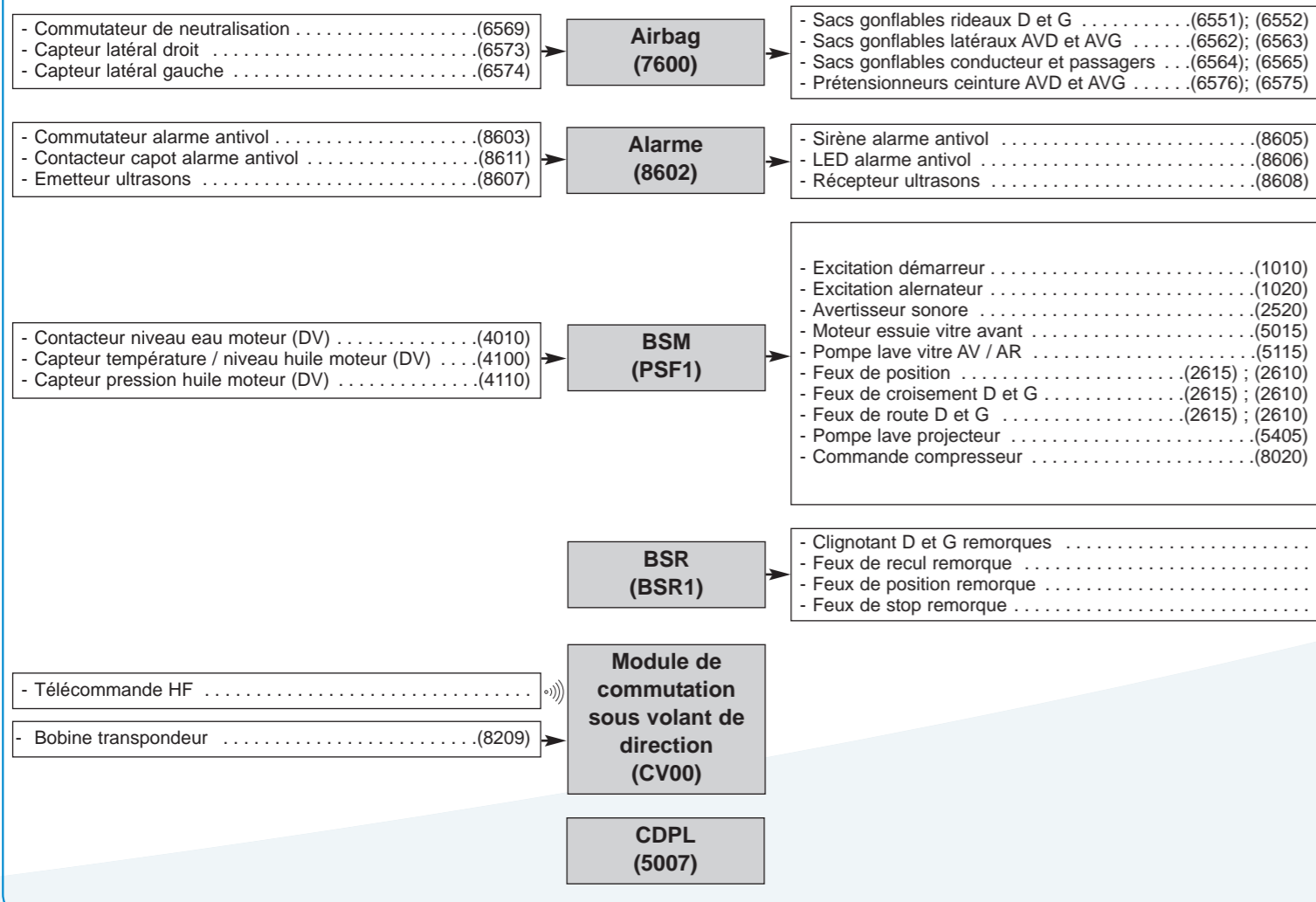
- Led sécurité enfant (C3, C3plu)	BCM2
- Clignotant ARG & ARD	(2630); (2635)
- Feux de brouillard ARG et ARD	(2630); (2635)
- Eclairage plaque de police ARG et ARG	(2633); (2636)
- Moteur essuie-vitre arrière	(5215)
- Ensemble serrure porte	(6202); (6207); (6212); (6217); (6222)
- Lunette arrière chauffante	(8120)



Réseau CAN CONFORT



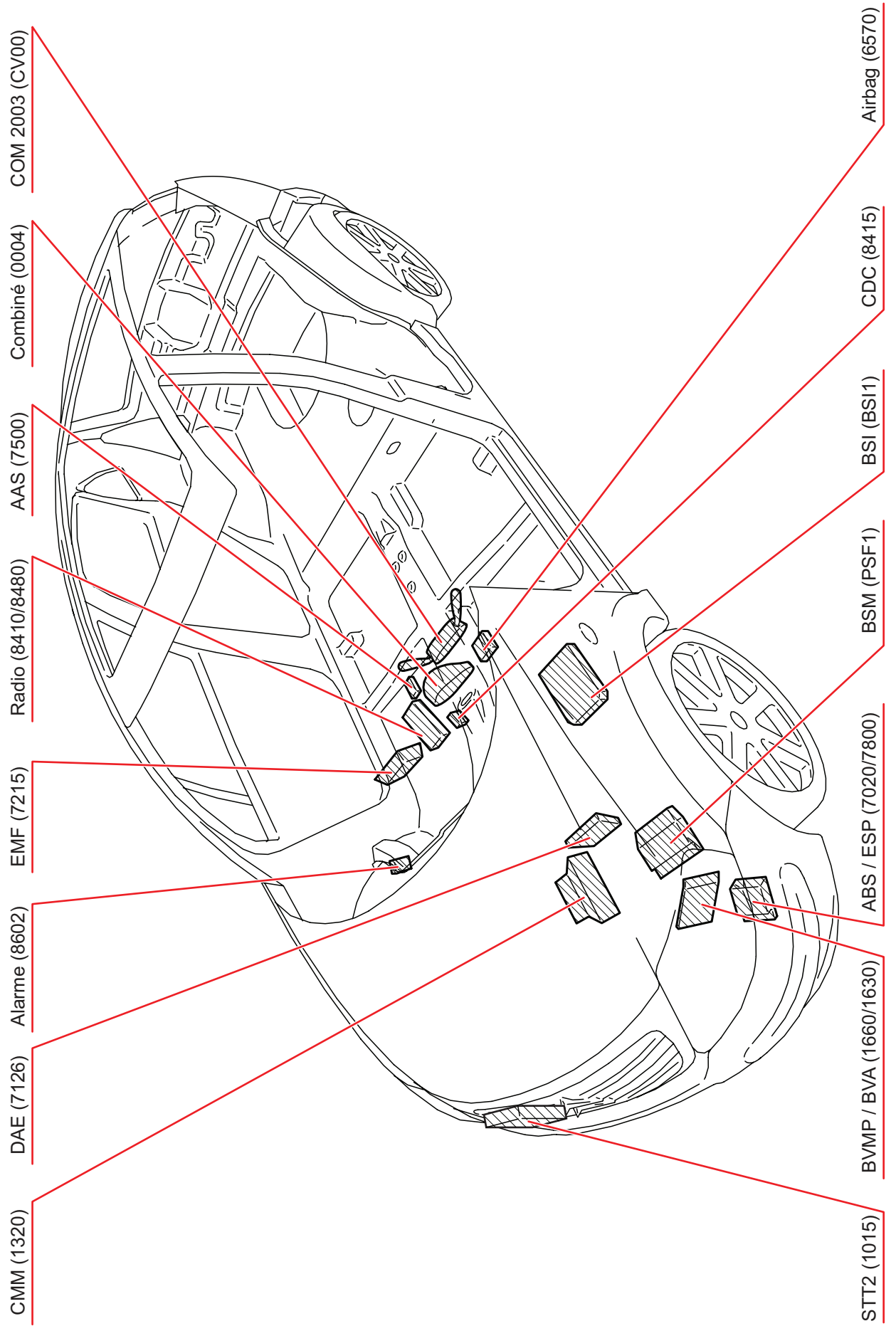
Réseau CAN CAR



Réseau LIN



C3



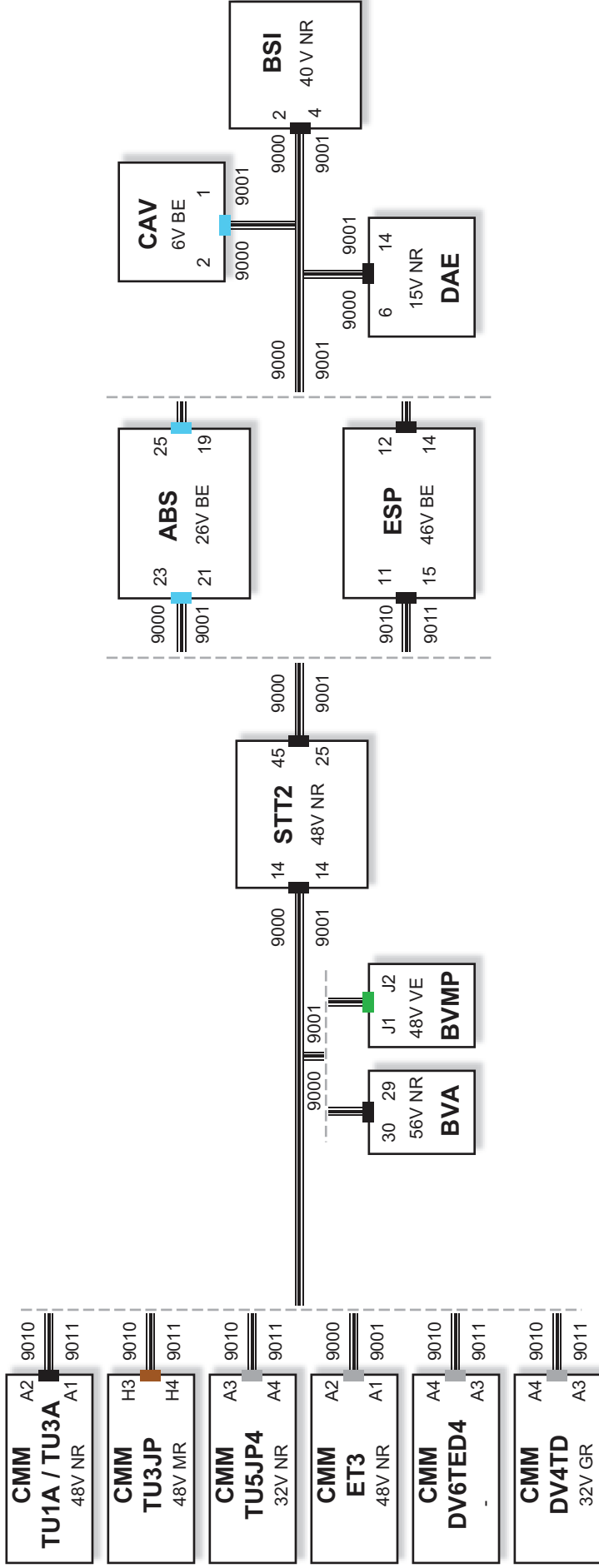
▪ Glossaire

AAS	Aide Au Stationnement
BCM1	Bloc Commutateur Multifonctions gauche (à gauche de l'autoradio)
BCM2	Bloc Commutateur Multifonctions droit (à droite de l'autoradio)
BCP3	Boîtier de commutation protection 3 relais
BF00	Boîtier fusibles Habitacle (capacité totale 5 ou 12 fusibles)
BSI	Boîtier de Servitude Intelligent
BSM	Boîtier de Servitude Moteur
BSR	Boîtier de Servitude Remorque
BVA	Boîte de Vitesses Automatique
BVMP	Boîte de Vitesses Manuelle Pilotée
CAN	Controller Area Network
CAV	Capteur Angle Volant
CDC	Chargeur de Disc Compact
CDPL	Capteur De Pluie et de Luminosité
CLIM RF	Climatisation Réfrigération
CLIM RFTA	Climatisation Réfrigération Tout Automatique
CMB	Combiné
CMM	Calculateur Multifonctions Moteur
CV00	Module de commutation sous volant de direction
DAD	Direction A Droite
DAE	Direction Assistée Electrique
DAG	Direction A Gauche
EMF	Ecran Multifonctions
EMF CT	Ecran Multifonctions associé au RT3 (écran monochrome)
EMF DT	Ecran Multifonctions associé au RT3 (écran 16/9 couleur)
ESP	Electronic Stability Program
EV	Electrovanne
GMV	Groupe Moto Ventilateur
KML	Kit Main Libre
LAD	Lampe A Décharge
LIN	Local Interconnect Network
PADDGO	Pompe Additivation gasoil
RCD	Réveil Commandé à Distance
RD4	Radio CD
RT3	Radio Télématique (Navi drive)
STT2	Stop & start
TDC clim	Tableau De Commande Climatisation
TO	Toit Ouvrant

Architecture

Réseau CAN

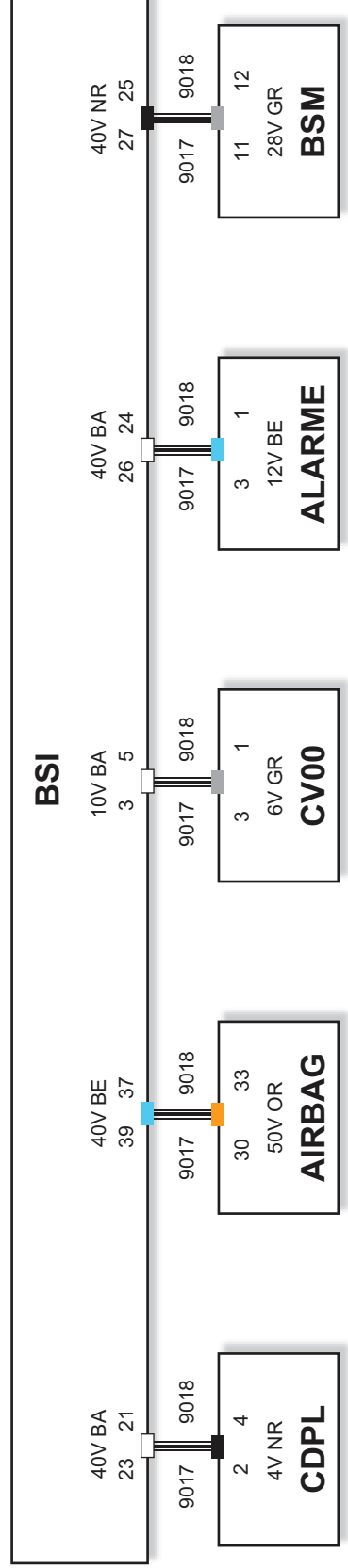
9000; 9010 = high
9001; 9011 = low



2

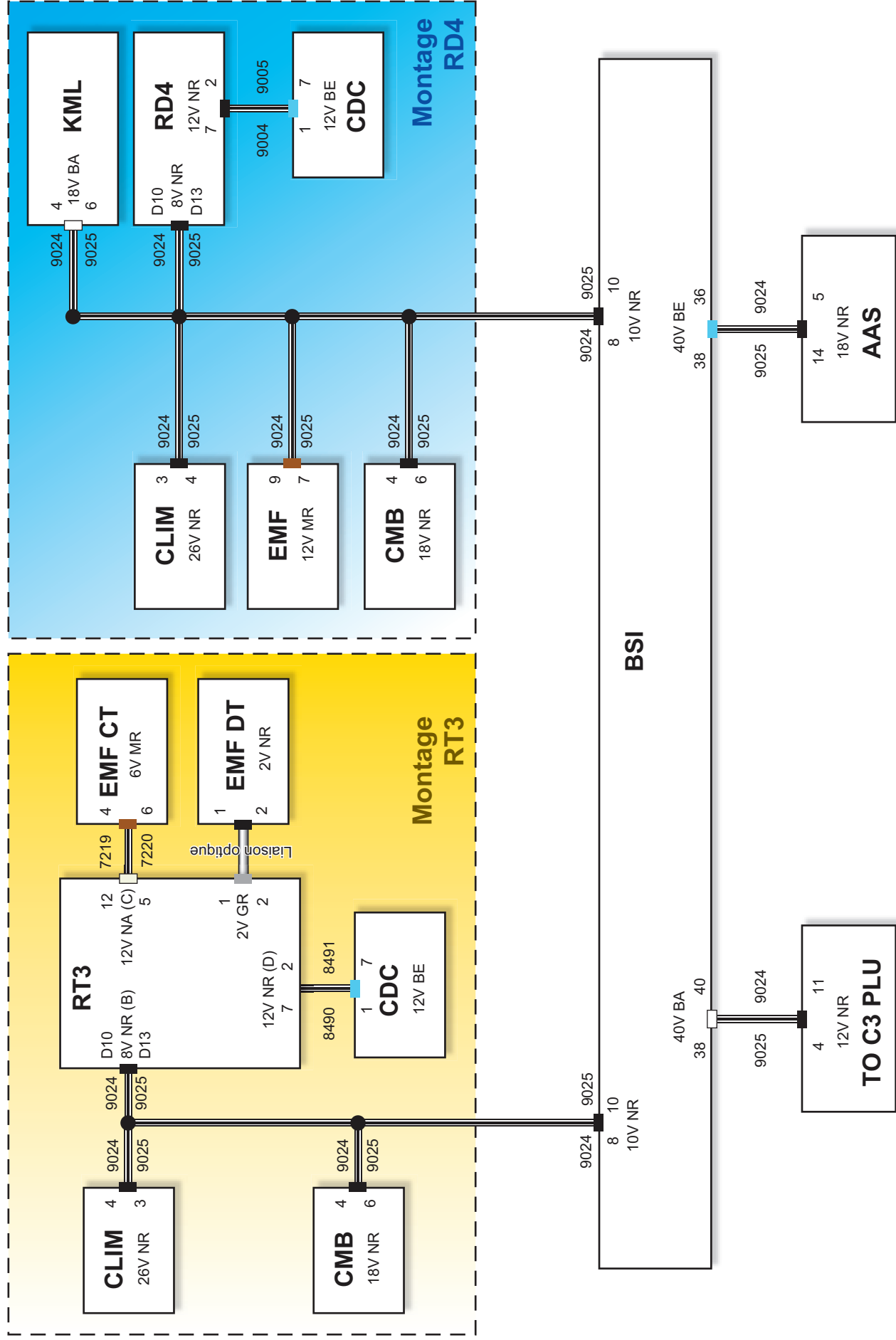
Réseau CAN CAR

9017 = high
9018 = low

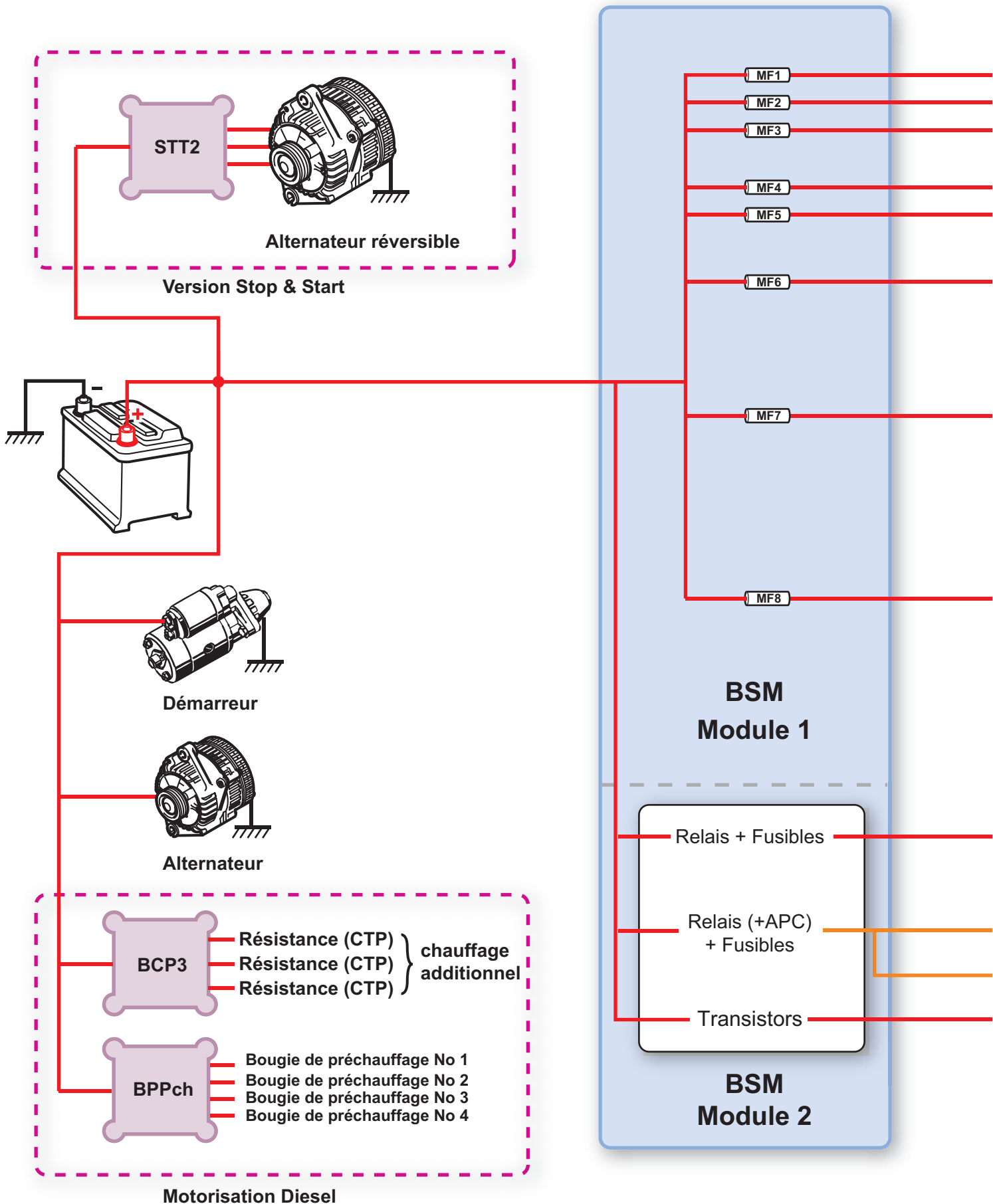


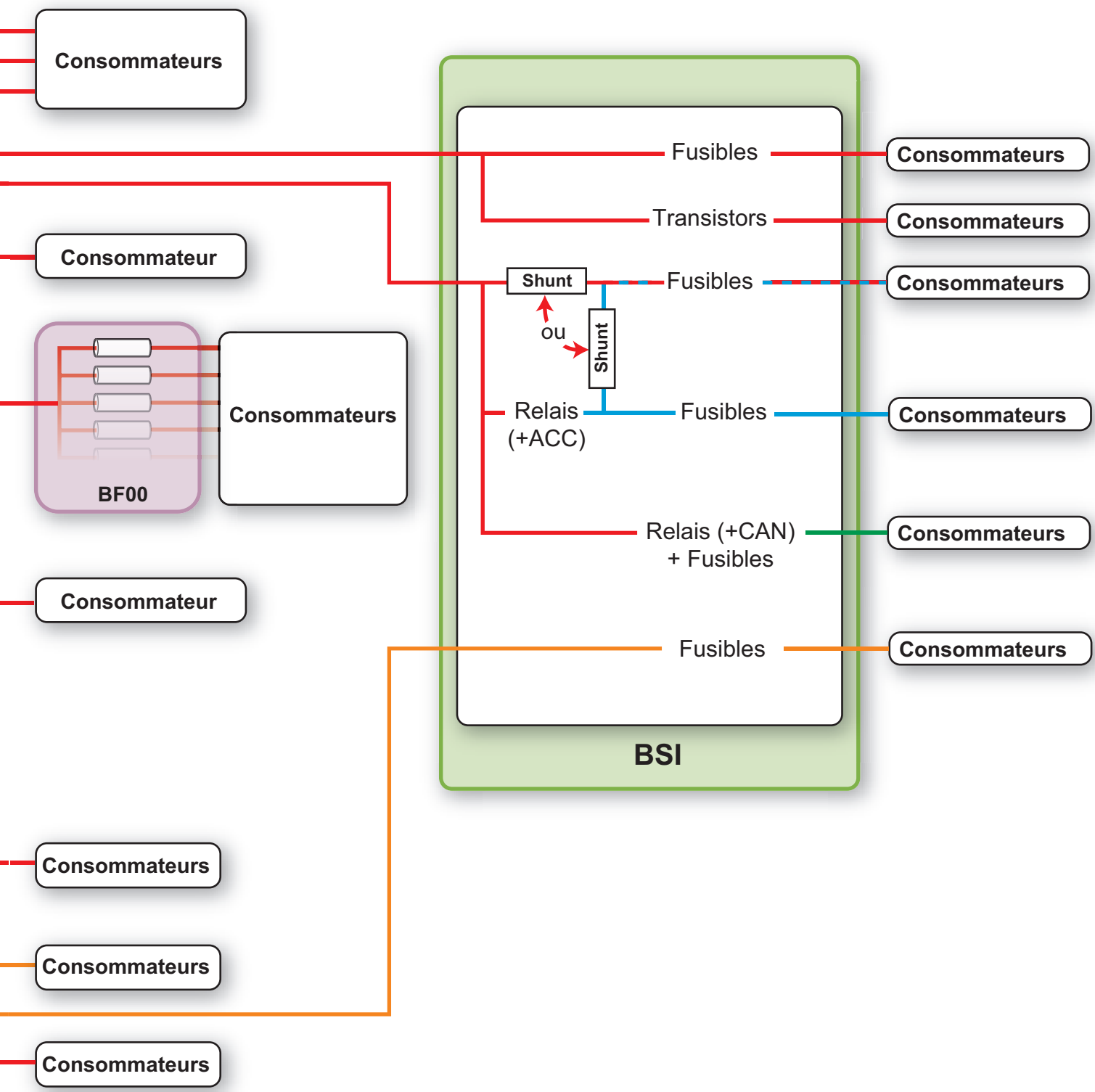
Réseau CAN Confort

7219; 8490; 9024 = CAN H
7220; 8491, 9025 = CAN L



▪ Distribution électrique





	+ Batterie		+ APC
	+ Bat / coupé sur parc		+ AAC
			+ CAN

GLOSSAIRE

▪ Affectations des voies BSM

	PM (28V NR)
PM 01	Alim (+BAT) CMM (Siemens) (DV)
PM 02	Alim (+BAT) bobine d'allumage
PM 03	Alim (+BAT) sonde à oxygène (via CMM)
PM 04	Alim (+BAT) calculateur injection (1320)
PM 05	Capteur présence eau dans gasoil (DV4) (4050)
PM 06	Masse niveau huile moteur (4100) (DV)
PM 07	Entrée info niveau huile moteur (4100) (DV)
PM 08	Entrée commande relais puissance (R2)
PM 09	Entrée Commande relais principal (R1)
PM 10	
PM 11	
PM 12	
PM 13	
PM 14	
PM 15	
PM 16	
PM 17	
PM 18	
PM 19	
PM 20	Entrée pression huile moteur (minimum) (4110) (DV)
PM 21	
PM 22	Entrée température huile moteur
PM 23	
PM 24	Alim (+BAT) électrovanne purge canister
PM 25	
PM 26	
PM 27	
PM 28	

	PF (28V MR)
PF 01	Alim (+BAT) pompe lave-projecteur (5405)
PF 02	Alim (+BAT) pompe lave vitre avant (5115)
PF 03	
PF 04	ALIM (+BAT) Avertisseur sonore (2520)
PF 05	Alim (+BAT) pompe lave vitre arrière (5115)
PF 06	Clignotant avant droit + répéteur (2615)
PF 07	Masse électronique
PF 08	Clignotant avant gauche + répéteur (2610)
PF 09	
PF 10	
PF 11	Feux de position avant droit (2615)
PF 12	Feux de position avant gauche (2615)
PF 13	Feux de brouillard avant droit (2675)
PF 14	Entrée info niveau eau moteur (4010)
PF 15	
PF 16	
PF 17	
PF 18	
PF 19	Alim (+APC) contacteur bi fonction frein (2120)
PF 20	
PF 21	
PF 22	
PF 23	Entrée info niveau minimum lave vitre (5110)
PF 24	Feux de brouillard avant gauche (2670)
PF 25	Feux de croisement gauche (2610)
PF 26	Feux de croisement droit (2615)
PF 27	Feux de route droit (2615)
PF 28	Feux de route gauche (2610)

	PP1 (2V NR)
PP1 01	Alim (+APC) (vers BSI)
PP1 02	Alim (+BAT) pulseurs de climatisation (8050)

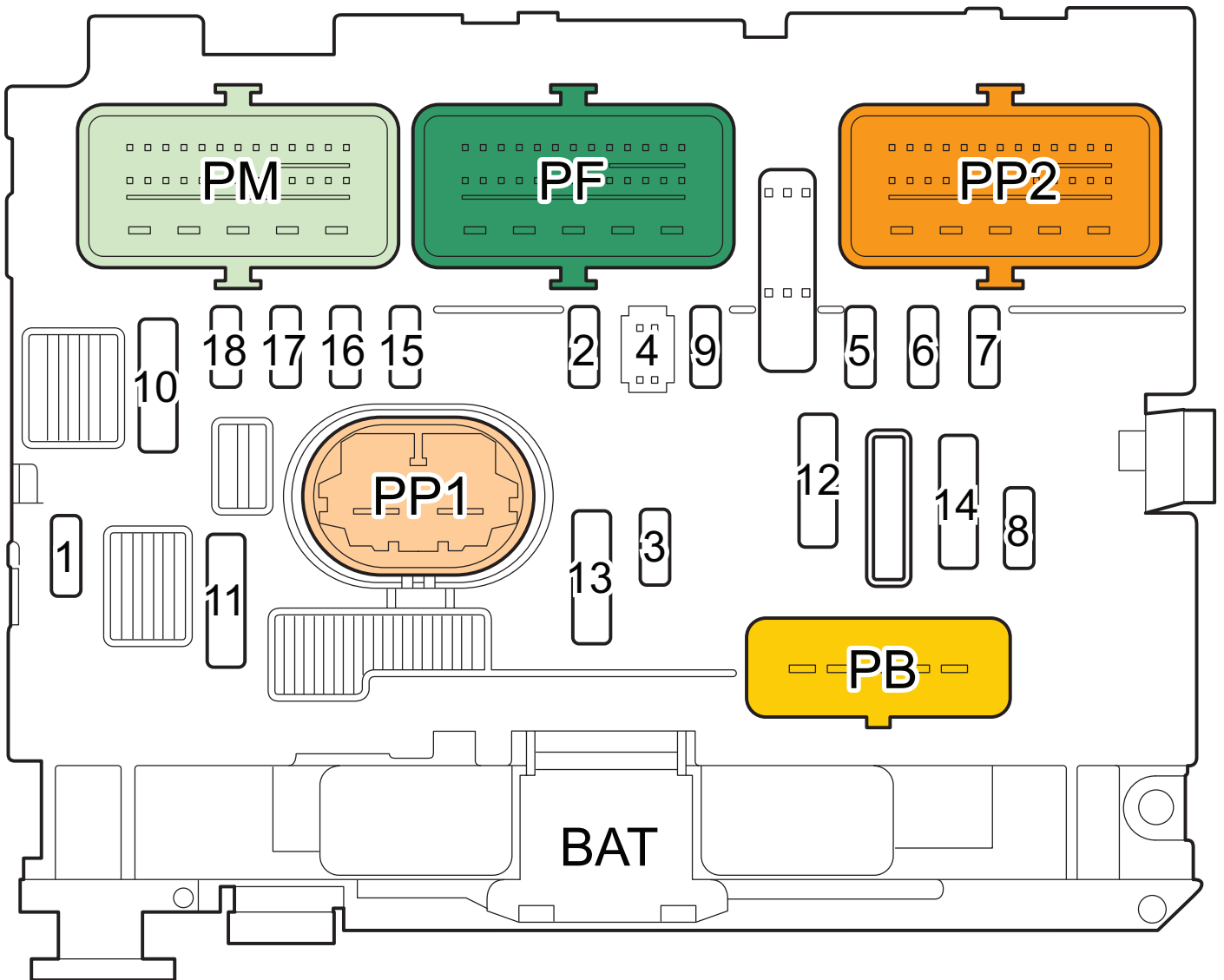
	PB (5V JA)
PB 01	Commande du compresseur de climatisation
PB 02	Commande solénoïde démarreur
PB 03	Commande excitation alternateur
PB 04	
PB 05	Masse compresseur de climatisation, contacteur feux de recul (TU) et capteur vitesse véhicule

	PP2 (28V GR)
PP2 01	Alim (+Batt) réchauffeur gasoil (1276)
PP2 02	Commande relais GMV (1500 ou 1524) ou hacheur (1513) (DV4TD)
PP2 03	Alim (+APC) BCP3 (chauffage additionnel)
PP2 04	Alim (+APC) capteur vitesse véhicule (1620) ou relais actionneur blocage levier de vitesses et ensemble commande BVA
PP2 05	Alim (+BAT) pompe à carburant (1211)
PP2 06	Masse électronique
PP2 07	
PP2 08	
PP2 09	Demande pilotage démarreur (entrée position clé)
PP2 10	
PP2 11	CAN CAR HIGH (BSI)
PP2 12	CAN CAR LOW (BSI)
PP2 13	Contacteur feux de recul (DV) (2200)
PP2 14	
PP2 15	Entrée signal P/N (BVA)
PP2 16	Excitation démarreur
PP2 17	Répéteur clignotant avant gauche
PP2 18	Répéteur clignotant avant droit
PP2 19	Masse
PP2 20	
PP2 21	Masse capteur niveau eau moteur (4010) (DV)
PP2 22	
PP2 23	Alim palette de sélection BVMP
PP2 24	
PP2 25	Entrée arrêt fixe essuie vitre avant (5015)
PP2 26	Masse caisse
PP2 27	Alim (+BAT) moteur essuie vitre avant grande vitesse
PP2 28	Alim (+BAT) moteur essuie vitre avant petite vitesse

5 Connecteurs :

- PM : 28 V Noir
- PF : 28 V Marron
- PP1 : 2 V Noir
- PP2 : 28 V Gris
- PB : 5 V Jaune

- BAT : Alimentation venant de la batterie



Dessin : BSM (Delphi)

Affectations des voies BSI

AP (2V GR)	
AP 01	+ BATTERIE
AP 02	+ BATTERIE

EA (6V NR)	
EA 01	Alim (+BAT/coupé sur parc) alarme
EA 02	Masse alarme
EA 03	Eclairage bouton
EA 04	CAN CAR High
EA 05	Alim (+CAN) module auto-école
EA 06	CAN CAR Low

EH1 (40V BA)	
EH1 01	Entrée arrêt fixe essuie vitre AR (5215) (sauf C3 plu)
EH1 02	Entrée info déploiement / rabattement rétroviseurs (6406)
EH1 03	
EH1 04	Entrée contacteur porte ouverte AV G (6202)
EH1 05	Entrée contacteur porte ouverte AV D (6207)
EH1 06	
EH1 07	
EH1 08	Masse température extérieure (6416)
EH1 09	Commande relais rétroviseurs (6409)
EH1 10	Commande relais rétroviseurs (6408)
EH1 11	
EH1 12	Contacteur lève-vitre avant et TO
EH1 13	Entrée contacteur coffre (6222) (sauf C3 plu)
EH1 14	Alim (transistor) Feux stop ARD
EH1 15	Alim (transistor) Feux stop ARG
EH1 16	Alim (transistor) 3ème Feux stop
EH1 17	LED sécurité enfant (sauf C2) (BCM2)
EH1 18	Entrée info température air (6416)
EH1 19	
EH1 20	
EH1 21	CAN CAR Low (CDPL)
EH1 22	
EH1 23	CAN CAR High (CDPL)
EH1 24	CAN CAR High (Alarme)
EH1 25	Entrée position plafonnier
EH1 26	CAN CAR Low (Alarme)
EH1 27	Entrée info décondamnation AVG (6202)
EH1 28	
EH1 29	Entrée info décondamnation AVD (6207)
EH1 30	
EH1 31	Entrée sécurité enfant D (6217) (uniquement C3)
EH1 32	Entrée info commande plafonnier (3015)
EH1 33	Entrée contacteur porte ARD ouverte (6217) (uniquement C3)
EH1 34	Entrée contacteur porte ARG ouverte (6212) (uniquement C3)
EH1 35	Entrée contacteur frein de parking (4400)
EH1 36	Entrée sécurité enfant gauche G (6212) (uniquement C3)
EH1 37	Entrée ceinture de sécurité conducteur (4730)
EH1 38	CAN CONFORT Low (TO C3 plu)
EH1 39	
EH1 40	CAN CONFORT High (TO C3 plu)

PH1 (16V NR)	
PH1 01	Lunette arrière chauffante (8120)
PH1 02	Commande sécurité enfants (C3) / Ouverture coffre (C3 PLU)
PH1 03	Alim (+CAN) AAS
PH1 04	Alim (transistor) feux de brouillard ARD (2630)
PH1 05	Alim (+BAT) Essuie vitre AR ou relais ouverture coffre (C3 plu)
PH1 06	Alim (transistor) Feux de recul droit
PH1 07	Commande interrupteur siège chauffant AV (8302 et 8303) (sauf C3 PLU)
PH1 08	Alim (+BAT/coupé sur parc) relais rétroviseur (6409)
PH1 09	Lunette arrière chauffante (8120)
PH1 10	Alim (+ACC) allume cigare avant
PH1 11	Eclairage bouton commande rétroviseur (6406)
PH1 12	Alim (transistor) feux de brouillard ARG (2635)
PH1 13	Alim (transistor) Clignotant ARD
PH1 14	Alim (transistor) Clignotant ARG
PH1 15	Alim (transistor) Feux de recul gauche
PH1 16	Alim (+BAT) relais ouverture coffre (6287)

PB (10V NR)	
PB 01	Alim (+BAT/coupé sur parc) CV00, EMF, RD4, RT3
PB 02	Entrée Contacteur feux de détresse (2300)
PB 03	Entrée info commande condamnation (6220)
PB 04	Alim (+ACC) montre (C3 et C2)
PB 05	Alim (+BAT) Contacteur antivol
PB 06	Alim (+CAN) Tdc Clim RF et RFTA, combiné, kit main libre, molette correcteur de site manuel
PB 07	Eclairage bouton de commandes tableau de bord (BCM1 et BCM2)
PB 08	CAN CONFORT High
PB 09	Entrée info état système (6220)
PB 10	CAN CONFORT Low

EH2 (40V BE)	
EH2 01	
EH2 02	
EH2 03	
EH2 04	
EH2 05	
EH2 06	
EH2 07	
EH2 08	
EH2 09	
EH2 10	Entrée contact ouverture coffre
EH2 11	Contacteur ouverture lunette (6824) (C3 plu)
EH2 12	Alim (transistor) Feux position ARD
EH2 13	Alim (transistor) Feux position ARG
EH2 14	Alim (transistor) éclairage seuil AV
EH2 15	Alim commutateur réglage de rétroviseur extérieur (6406)
EH2 16	Alim (transistor) éclairage coffre
EH2 17	
EH2 18	Alim (transistor) éclairage plaque police (2633 et 2636)
EH2 19	
EH2 20	Alim (+ACC) lecteur de carte, miroir de courtoisie G et D
EH2 21	
EH2 22	
EH2 23	
EH2 24	Entrée sécurité enfant (C3) sécurité enfant vitre AR (C3 PLU) (BCM2)
EH2 25	
EH2 26	
EH2 27	
EH2 28	
EH2 29	
EH2 30	
EH2 31	
EH2 32	
EH2 33	
EH2 34	
EH2 35	Ouverture coffre (sauf C3 PLU)
EH2 36	CAN CONFORT High (AAS)
EH2 37	CAN CAR Low (airbag)
EH2 38	CAN CONFORT Low (AAS)
EH2 39	CAN CAR High (airbag)
EH2 40	

PH2 (16V GR)	
PH2 01	Alim (+ACC) prise 12 volts arrière (uniquement C3)
PH2 02	
PH2 03	Alim (+CAN) capteur de pluie (5007)
PH2 04	
PH2 05	Alim (+APC) calculateur coussin gonflable
PH2 06	
PH2 07	Alim (+BAT) rétroviseur chauffant G et D (6416 et 6411)
PH2 08	Alim (+BAT) Lève vitre impulsif AV (6031 et 6032)
PH2 09	Contacteur arrière LV
PH2 10	Alim (+BAT) calculateur toit ouvrant (6811) ou calculateur TO (C3 plu)
PH2 11	Alim (+CAN) calculateur airbag
PH2 12	
PH2 13	Condamnation centralisée (6212, 6202, 6207, 6217)
PH2 14	
PH2 15	Décondamnation centralisée (6212, 6202, 6207, 6217)
PH2 16	

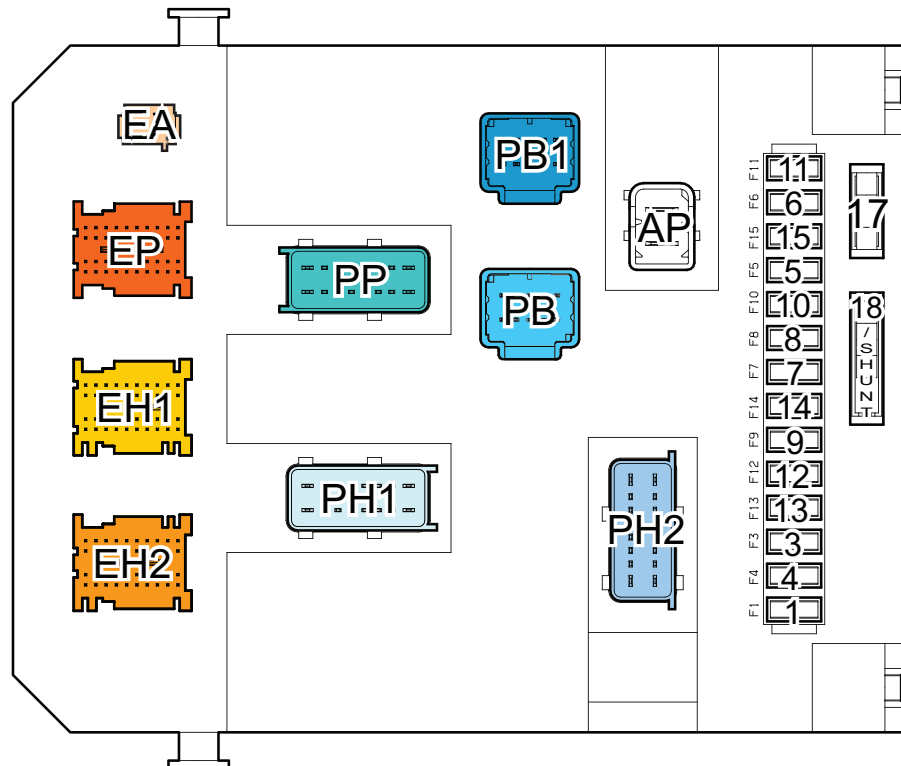
PB1 (10V BA)	
PB1 01	
PB1 02	
PB1 03	CAN CAR High (CV00)
PB1 04	Entrée "info+APC" (CA00)
PB1 05	CAN CAR Low (CV00)
PB1 06	Entrée "info +DEM" (CA00)
PB1 07	
PB1 08	CAN H I/S (500Kbits/s)
PB1 09	
PB1 10	CAN L I/S (500Kbits/s)

PP (16V VE)	
PP 01	+APC (venant du BSM)
PP 02	Alim (+APC) prise diag , pompe ADDGO
PP 03	Alim (+CAN) relais calculateur ABS
PP 04	Contact feux stop (entrée)
PP 05	
PP 06	Masse
PP 07	
PP 08	Masse caisse carrosserie
PP 09	Alim (+APC) capteur angle volant, contacteur embrayage
PP 10	Alim (+BAT) BVA AL4, prise diagnostic (si BF5)
PP 11	Alim (+BAT/coupé sur parc) Sirène (alarme)
PP 12	Alim (+BAT/coupé sur parc) calculateur stop & start
PP 13	
PP 14	
PP 15	
PP 16	BSM module 2, contacteur de frein principal, levier BVMP

EP (40V NR)	
EP 01	
EP 02	CAN I/S High (500Kbits/s)
EP 03	LIN (FAP)
EP 04	CAN I/S Low (500Kbits/s)
EP 05	
EP 06	
EP 07	
EP 08	
EP 09	
EP 10	E/S information REVEIL (RCD)
EP 11	
EP 12	Entrée Info présence bouchon de carburant (4320)
EP 13	Masse analogique capteur présence bouchon de carburant (4320)
EP 14	Masse analogique jauge à carburant (1211)
EP 15	Entrée info jauge à carburant (1211)
EP 16	Entrée info sonde évaporateur (8006)
EP 17	Masse analogique sonde évaporateur (8006)
EP 18	
EP 19	
EP 20	
EP 21	CAN "COMMUTE" High
EP 22	Entrée info niveau liquide de frein (véhicule sans ABS)
EP 23	Bouton activation / neutralisation ESP
EP 24	CAN "COMMUTE" low
EP 25	CAN CAR Low (BSM)
EP 26	
EP 27	CAN CAR High (BSM)
EP 28	
EP 29	
EP 30	
EP 31	CAN ON DIAG H
EP 32	
EP 33	CAN ON DIAG L
EP 34	
EP 35	
EP 36	
EP 37	
EP 38	
EP 39	
EP 40	

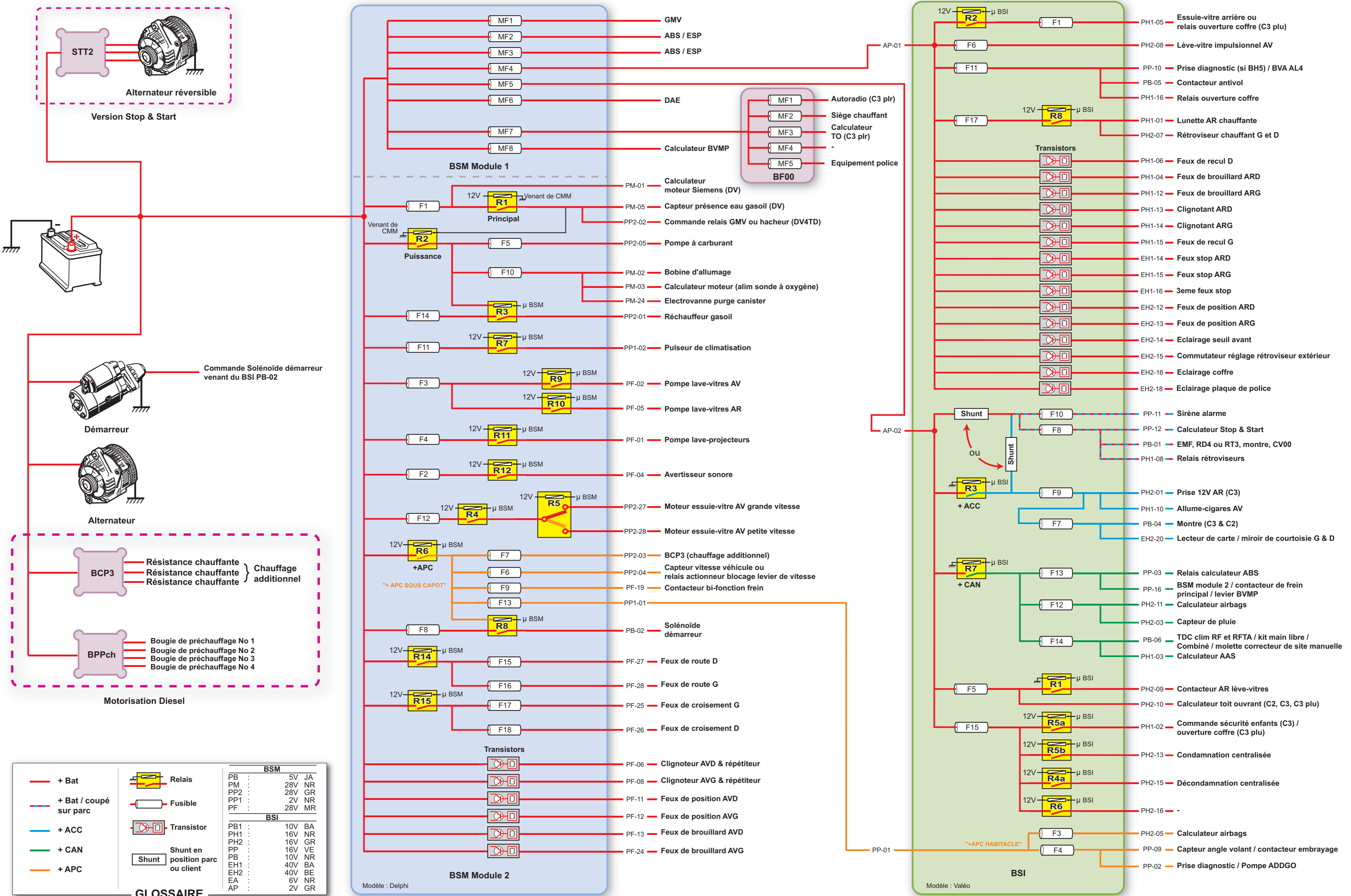
10 Connecteurs :

- EH1 : 40 V blanc (électronique faisceau habitacle)
- EH2 : 40 V bleu (électronique faisceau habitacle)
- EP : 40 V noir (électronique faisceau principal)
- EA : 6 V noir (électronique faisceau accessoire)
- PP : 16 V vert (puissance faisceau principal)
- PB : 10 V noir (puissance faisceau planche de bord)
- PB1 : 10 V blanc (puissance faisceau planche de bord)
- PH1 : 16 V noir (puissance faisceau habitacle)
- PH2 : 16 V gris (puissance faisceau habitacle)
- AP : 2 V gris (alimentation puissance faisceau principal)



Dessin : BSI (valeo)

Distribution électrique C3



GLOSSAIRE

— + Bat	Relais	BSM
— + Bat / coupé sur parc	Fusible	PB : 5V JA
— + ACC	Transistor	PM : 28V NR
— + CAN	Shunt en position parc ou client	PP2 : 28V GR
— + APC		PP1 : 2V NR
		PF : 28V MR
		BSI
		PB1 : 10V BA
		PH1 : 16V NR
		PH2 : 16V GR
		PP : 16V VE
		PB : 10V NR
		EH1 : 40V BA
		EH2 : 40V BE
		EA : 6V NR
		AP : 2V GR

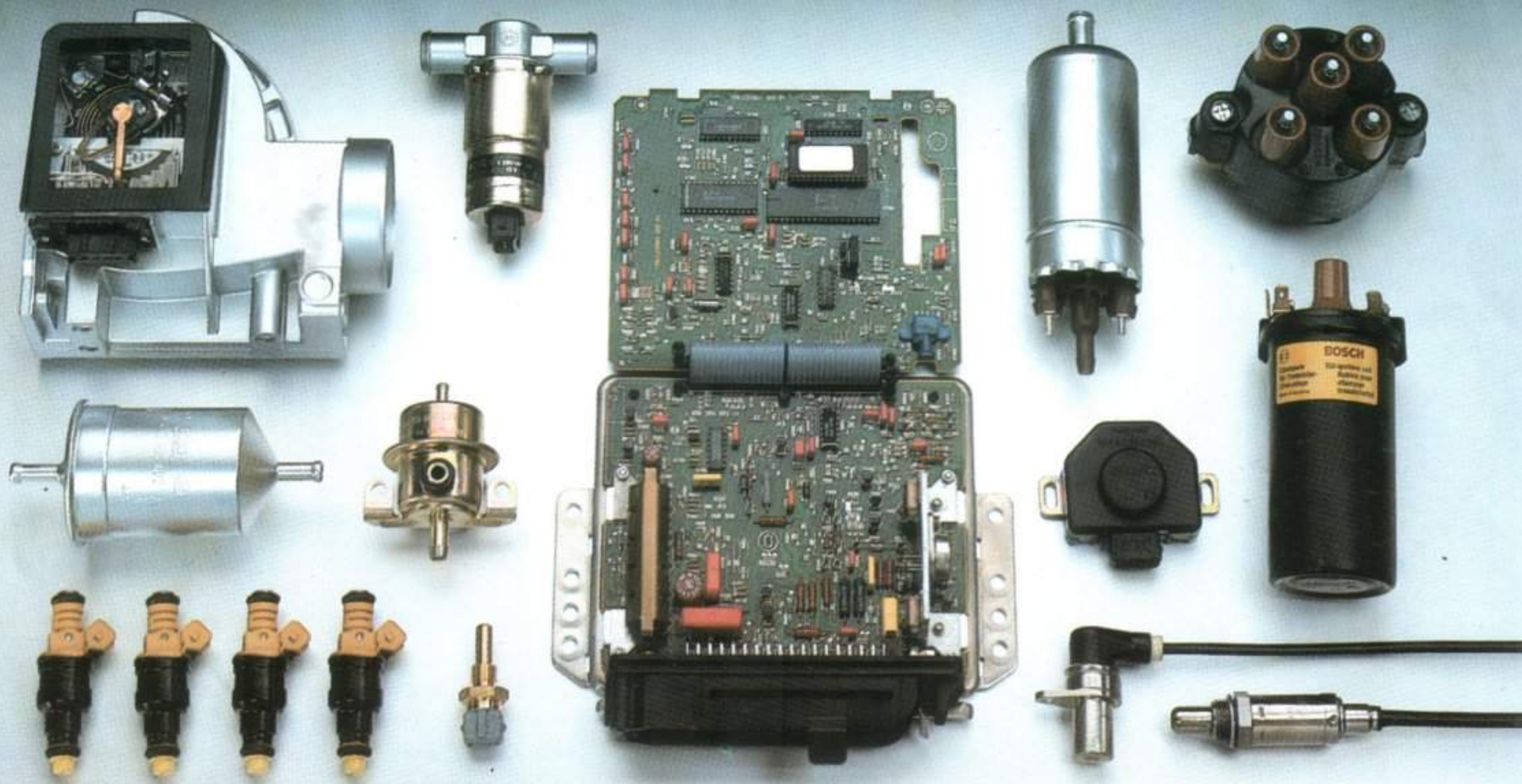
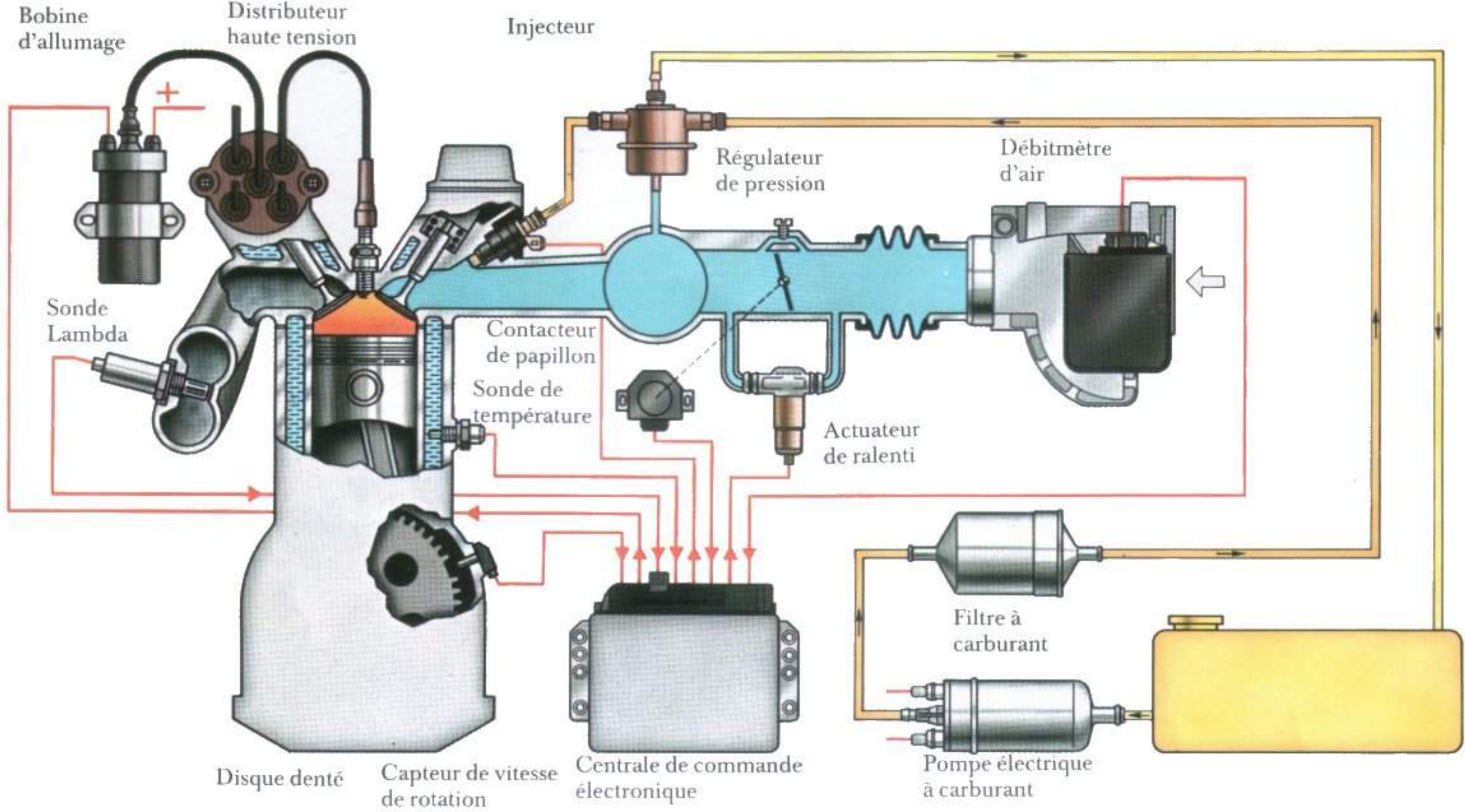
STEP7

Les **mnémoniques** globaux (tous les blocs d'un même CPU) sont entre guillemets, et acceptent tous caractères. Les mnémoniques locaux débutent par # et comportent lettres, chiffres et souligné.

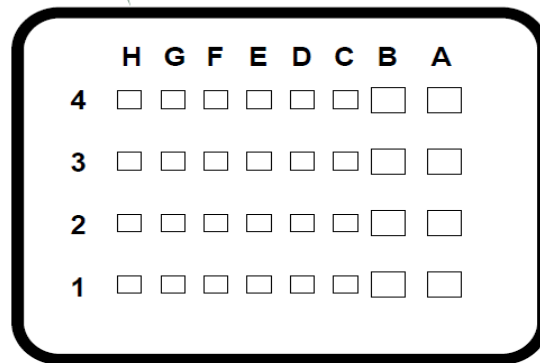
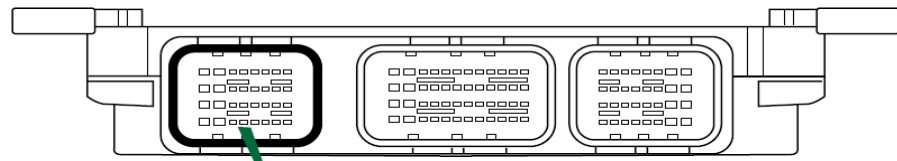
Ci-dessous tous les types de variables pouvant être associées à un mnémonique :

Anglais	Allemand	Désignation	Type de données	Plage d'adresses
I	E	Bit d'entrée	BOOL	0.0..65535.7
IB	EB	Octet d'entrée	BYTE, CHAR	0..65535
IW	EW	Mot d'entrée	WORD, INT, S5TIME, DATE	0..65534
ID	ED	Double mot d'entrée	DWORD, DINT, REAL, TOD, TIME	0..65532
Q	A	Bit de sortie	BOOL	0.0..65535.7
QB	AB	Octet de sortie	BYTE, CHAR	0..65535
QW	AW	Mot de sortie	WORD, INT, S5TIME, DATE	0..65534
QD	AD	Double mot de sortie	DWORD, DINT, REAL, TOD, TIME	0..65532
M	M	Bit de memento	BOOL	0.0..65535.7
MB	MB	Octet de memento	BYTE, CHAR	0..65535
MW	MW	Mot de memento	WORD, INT, S5TIME, DATE	0..65534
MD	MD	Double mot de memento	DWORD, DINT, REAL, TOD, TIME	0..65532
PIB	PEB	Octet de périphérie d'entrée	BYTE, CHAR	0..65535
PQB	PAB	Octet de périphérie de sortie	BYTE, CHAR	0..65535
PIW	PEW	Mot de périphérie d'entrée	WORD, INT, S5TIME, DATE	0..65534
PQW	PAW	Mot de périphérie de sortie	WORD, INT, S5TIME, DATE	0..65534
PID	PED	Double mot de périphérie d'entrée	DWORD, DINT, REAL, TOD, TIME	0..65532
PQD	PAD	Double mot de périphérie	DWORD, DINT, REAL,	0..65532

Anglais	Allemand	Désignation	Type de données	Plage d'adresses
		de sortie	TOD, TIME	
T	T	Temporisation	TIMER	0..65535
C	Z	Compteur	COUNTER	0..65535
FB	FB	Bloc fonctionnel	FB	0..65535
OB	OB	Bloc d'organisation	OB	1..65535
DB	DB	Bloc de données	DB, FB, SFB, UDT	1..65535
FC	FC	Fonction	FC	0..65535
SFB	SFB	Bloc fonctionnel système	SFB	0..65535
SFC	SFC	Fonction système	SFC	0..65535
VAT	VAT	Table des variables		0..65535
UDT	UDT	Type de données utilisateur	UDT	0..65535



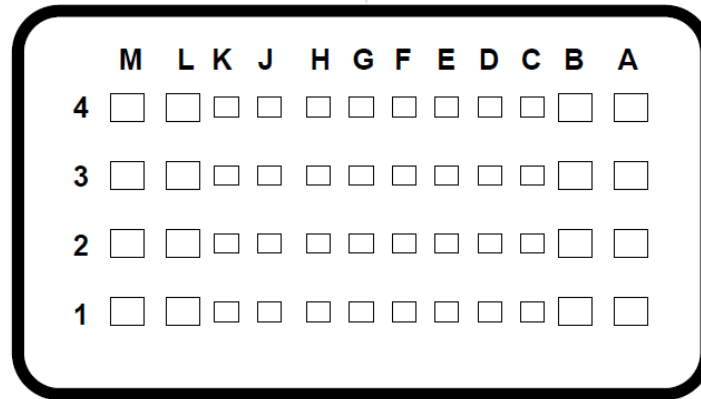
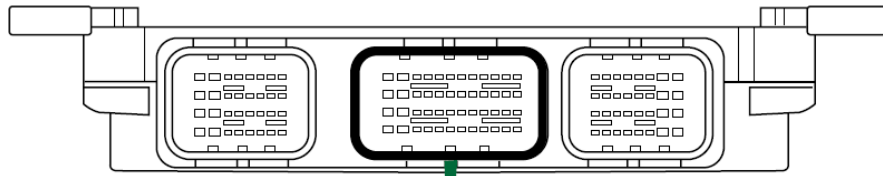
DISPOSITION DE LA CONNECTIQUE SUR LE CALCULATEUR Connecteur noir (32V NR)



32V NR

Borne	A1	-
Borne	A2	-
Borne	A3	CAN low
Borne	A4	CAN high
Borne	B1	Commande chauffage additionnel (circuit de chauffage 1)
Borne	B2	Commande GMV vitesse 1
Borne	B3	-
Borne	B4	Ligne diagnostic (ligne K)
Borne	C1	Commande chauffage additionnel (circuit de chauffage 2)
Borne	C2	Capteur pédale accélérateur signal 2
Borne	C3	+APC (+ après contact)
Borne	C4	Diagnostic GMV
Borne	D1	-
Borne	D2	-
Borne	D3	-
Borne	D4	Commande GMV vitesse 2
Borne	E1	-
Borne	E2	-
Borne	E3	Signal contacteur d'embrayage
Borne	E4	Signal contacteur de freins redondant
Borne	F1	-
Borne	F2	Alimentation capteur climatisation
Borne	F3	-
Borne	F4	Masse du capteur pression climatisation
Borne	G1	-
Borne	G2	Alimentation du capteur pédale accélérateur
Borne	G3	Capteur pédale accélérateur signal 1
Borne	G4	Masse
Borne	H1	Masse
Borne	H2	Signal du capteur pression climatisation
Borne	H3	Masse du capteur pédale accélérateur
Borne	H4	Masse de puissance

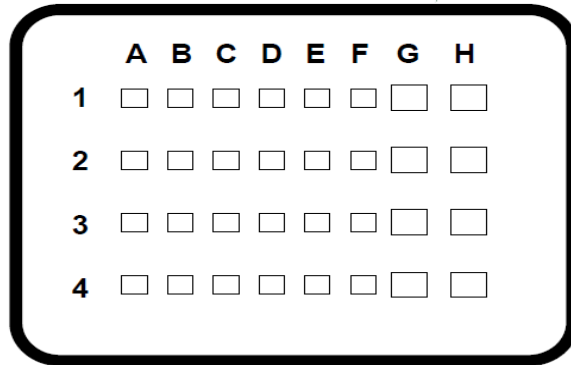
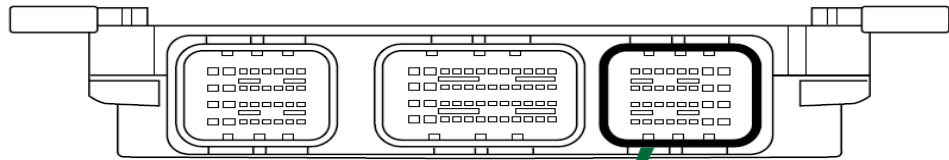
Connecteur marron (48V MR)



48V MR

Borne A1	Masse capteur référence cylindre	Borne G3	Signal capteur pression gazole
Borne A2	-	Borne G4	-
Borne A3	-	Borne H1	Masse capteur température eau moteur
Borne A4	-	Borne H2	Signal capteur température gazole
Borne B1	Signal capteur régime moteur	Borne H3	-
Borne B2	-	Borne H4	-
Borne B3	Info vitesse véhicule (ABS non multiplexé)	Borne J1	-
Borne B4	Alimentation capteur pression gazole	Borne J2	-
Borne C1	Masse capteur régime moteur	Borne J3	-
Borne C2	-	Borne J4	-
Borne C3	-	Borne K1	-
Borne C4	Masse capteur pression gazole	Borne K2	-
Borne D1	Signal capteur référence cylindre	Borne K3	-
Borne D2	-	Borne K4	-
Borne D3	-	Borne L1	-
Borne D4	-	Borne L2	Commande électrovanne de vanne EGR
Borne E1	Commande relais principal	Borne L3	-
Borne E2	Signal débitmètre (Us -)	Borne L4	-
Borne E3	-	Borne M1	-
Borne E4	-	Borne M2	Commande relais de puissance
Borne F1	-	Borne M3	-
Borne F2	Signal capteur température eau moteur	Borne M4	Commande régulateur de débit (pompe haute pression gazole)
Borne F3	Alimentation capteur régime moteur		
Borne F4	Alimentation capteur référence cylindre		
Borne G1	Signal débitmètre d'air (Us +)		
Borne G2	Signal capteur température air admission d'air massique		

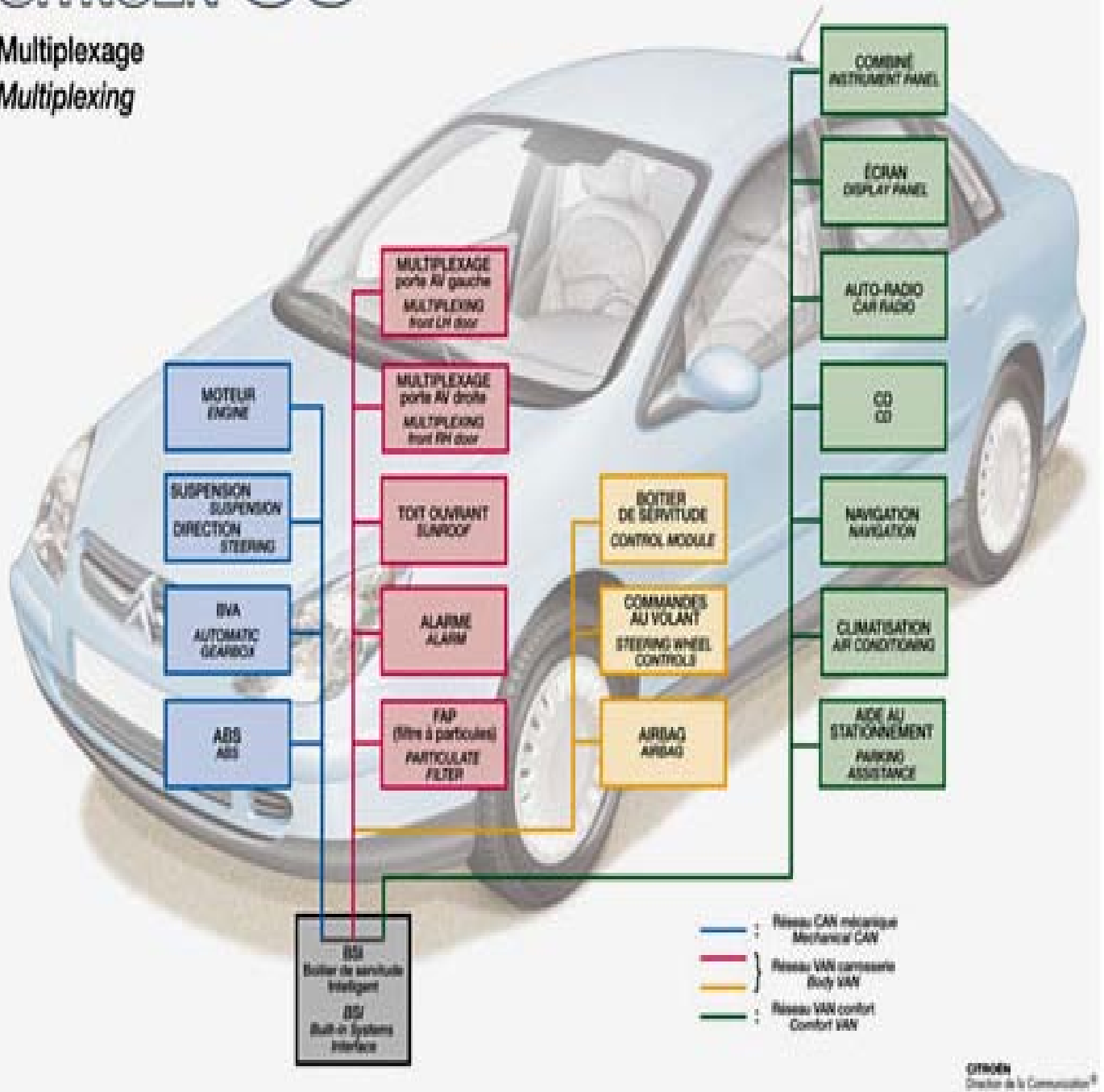
Connecteur gris (32V GR)



32V GR

Borne A1	-
Borne A2	-
Borne A3	-
Borne A4	Diagnostic relais de pré/post-chauffage
Borne B1	-
Borne B2	+ APC
Borne B3	-
Borne B4	-
Borne C1	-
Borne C2	-
Borne C3	-
Borne C4	-
Borne D1	-
Borne D2	-
Borne D3	-
Borne D4	-
Borne E1	-
Borne E2	Commande relais de pré/post-chauffage
Borne E3	-
Borne E4	-
Borne F1	Masse capteur température gazole
Borne F2	-
Borne F3	-
Borne F4	-
Borne G1	Injecteur cylindre 4
Borne G2	Injecteur cylindre 2
Borne G3	Injecteur cylindre 1
Borne G4	Injecteur cylindre 2
Borne H1	Injecteur cylindre 1
Borne H2	Injecteur cylindre 3
Borne H3	Injecteur cylindre 4
Borne H4	Injecteur cylindre 3

Multiplexage Multiplexing



Circuit bleu : CAN (moteur, transmission, suspension et direction)

Circuit rouge : VAN (carrosserie : portes avant, toit ouvrant, alarme et FAP)

Circuit jaune : VAN (carrosserie : commandes au volant, airbag et divers)

Circuit vert : VAN (confort : radio, GPS, climatisation,...)

Résumé

Depuis la création de la première automobile fin XIXème siècle l'industrie automobile a évolué rapidement et pour cause plusieurs facteurs :

- Progrès technologiques.
- Pression des contraintes réglementaires.
- Pression des attentes clients : individuelles et collectives.

L'avènement de l'électronique, l'informatique embarquée et l'automatique moderne a dans ce contexte un rôle majeur à jouer. Il permet de remplacer les principaux composants mécaniques et hydrauliques (direction, freinage, suspension...). Tous les modules de la voiture sont devenus plus intelligents, le couplage des fonctions par l'électronique devient alors possible, la voiture devient communicante et les services associés se développent. En 1985, une voiture embarquait un calculateur d'injection réalisant 10 fonctions. Aujourd'hui, une voiture embarque 25 calculateurs électroniques sur lesquels se répartissent 90 fonctions. Ces chiffres parlent d'eux-mêmes. L'électronique est devenue incontournable dans l'automobile. Impossible de s'en passer. Elle est d'ailleurs la principale source d'innovations. 80 à 90 % des innovations dans une voiture viennent de l'électronique. Alors que les calculateurs se sont multipliés à bord, leurs fonctionnalités et leurs interactions sont devenues plus complexes. Aussi, au fil des ans, les constructeurs se sont dotés de compétences techniques et d'outils de test de plus en plus spécifiques pour valider le fonctionnement des systèmes électroniques et électrotechniques embarqués.

De plus, il est actuellement difficile de considérer une fonction indépendamment des autres ; par exemple, la vitesse véhicule qui est élaborée notamment par le système de contrôle du moteur est nécessaire à la réalisation d'autres fonctions comme le contrôle de la suspension.

C'est ainsi que, actuellement, sur un véhicule il peut y avoir jusqu'à 2500 informations, ou signaux, échangés entre des fonctions réparties sur environ 70 ECUs. Dès lors, pour des raisons de coût, de poids d'encombrement, de complexité de câblage, il est devenu rapidement impossible de supporter ces échanges par des connexions point à point et l'utilisation de réseaux locaux embarqués est apparue comme une solution incontournable qui a donné naissance au multiplexage de données (CAN et VAN) et par la suite, le LIN a été introduit pour encore simplifier l'échange d'informations entre les différents ECUs.

Le travail qui nous a été demandé rentre dans cette optique.

Au terme de ce travail, nous avons pu acquérir deux expériences importantes.

D'une part,

Le développement de l'électronique et de l'informatique a permis l'évolution rapide et logique des systèmes embarqués. Elle a remplacé les systèmes mécaniques et électriques qui ne communiquent pas entre eux par des réseaux multiplexés (VAN, CAN, LIN, ...) se substituant entièrement aux câbles électriques très encombrants.

Ainsi donc l'électronique à bord des véhicules a permis d'assurer un nombre croissant de fonctions plus ou moins critiques (sécurité, confort,...) sous le commandement de différents calculateurs pour des fonctions encore plus complexes. La puissance de calcul sera répartie entre plusieurs calculateurs pilotant des zones géographiques du véhicule.

Nous avons fait l'étude d'un système électronique embarqué (Calculateur d'injection 1320) plus communément appelé calculateur moteur et pris connaissance de l'importance de l'injection commandé électroniquement en remplacement du carburateur.

Nous avons enfin pus confronter le système d'injection électronique réel (industrielle) à sa réalisation en laboratoire et présenté une simulation qui montre les différentes étapes de l'injection d'un moteur.

D'autre part,

le stage effectué en atelier chez BMKS MOTOR-CITROEN Tizi-Ouzou, nous a permit de démontrer le grand intérêt du calculateur moteur qui est un élément indissociable du système complexe qu'est devenu la voiture, mais aussi la maintenance de ce calculateur avec les différents ordinateurs (unités de diagnostic) mis a disposition par le constructeur CITROEN qui permet d'identifier et de corriger les éventuels défaillances liées au calculateur d'injection 1320 (Calculateur moteur).