

## Un ordinateur sous le capot

L'avènement des microprocesseurs et leur perfectionnement constant résolvent peu à peu tous les obstacles à l'installation, sur une automobile, d'un ordinateur de dimensions compatibles avec les exigences pratiques, et dont la puissance de calcul permet de centraliser l'automatisation complète de toutes les fonctions du véhicule. Le véritable problème est celui de « l'interface » entre l'automobile et son ordinateur.

Afin d'accomplir toutes les fonctions qui lui sont propres, le processeur doit recevoir de façon précise et rapide, les informations, en provenance de l'extérieur, qui sont nécessaires à son intervention finale. Cependant, la variété des tâches à réaliser à bord d'un véhicule et la quantité des paramètres qui les commandent, rendent très complexe le fonctionnement de l'ordinateur.

Un microprocesseur gérant un système d'injection de carburant, par exemple, recevra, afin de fournir un mélange optimal, des informations concernant la vitesse du moteur, son couple, la position des soupapes d'admission, la température et la pression de l'air. Pour chacune de ces valeurs, un **capteur spécifique** sera relié au microprocesseur; si la conception de ces capteurs n'est pas toujours compliquée – une simple came suffit pour enregistrer la vitesse –, il est évident que leur nombre s'accroît avec l'augmentation des fonctions à contrôler.

De plus, les informations captées (signaux) doivent être envoyées à l'ordinateur sous la forme adéquate; autrement dit, toute impulsion enregistrée par le capteur (variation d'une résistance électrique, signaux émis par une cellule photo-électrique, ou toute autre forme d'impulsion) doit être convertie en signal numérique (digital).

Or, l'information issue des capteurs se présente presque toujours sous forme analogique: elle varie en même temps que la quantité mesurée. On obtient ainsi un signal continu qui devra être transformé (échantillonné) en une suite d'informations discrètes (séparées) acceptables par l'ordinateur. Toutefois, avec les techniques actuelles, cette conversion analogique/numérique ne pose plus de problème.

Reste la question de l'interface de sortie, chargée de traduire les décisions de l'ordinateur en commandes numériques appliquées à la voiture. C'est ici qu'une des caractéristiques (sa consommation énergétique très faible) du microprocesseur devient un gros handicap: un signal d'une minuscule fraction d'ampère doit actionner une volumineuse soupape d'alimentation en carburant ou agir sur les freins avec une force suffisante pour arrêter la voiture: il est évident que dans ces cas, le signal doit être considérablement amplifié. Comme en Hi-Fi, on réalise l'amplification en utilisant un petit signal pour en piloter un plus grand. Dans un système en circuit fermé, des oscillations indésirables peuvent alors survenir: une correction, contrebalançant une erreur sans la bloquer et avec un certain retard, peut engendrer une rectification excessive et donc une erreur en sens inverse. Avec un amplificateur Hi-Fi, il se produit alors un bruit aigü; sur un dispositif de freinage, cela pourrait se traduire par un accident mortel.

Même avec une commande correcte et des oscillations bien amorties, de tels risques sont toujours à redouter. Actuellement, par exemple, les **freins** des voitures sont souvent commandés par des systèmes hydrauliques très sensibles aux oscillations. De plus, dans ce dernier cas, l'interface destinée au contrôle du freinage devra non seulement comprendre un amplificateur, mais aussi un système transformant une impulsion électrique en commande hydraulique.

Il est évident que les interfaces représentent actuellement le point faible de l'informatisation des voitures, alors que le problème du microprocesseur est déjà résolu: c'est sur la fiabilité des interfaces que porte à l'heure actuelle la majeure partie des recherches dans ce domaine.

Pour ces différentes raisons, l'application des microprocesseurs à l'automatisation des voitures s'est jusqu'ici restreinte à quelques fonctions particulières. Les constructeurs automobiles ont implanté des microprocesseurs dans les modèles les plus sophistiqués de leur gamme, afin d'améliorer leurs performances ou, plus commercialement, à titre d'argument publicitaire. On a assisté de ce fait



à l'informatisation de trois fonctions principales : l'alimentation en carburant, l'allumage et l'équipement du tableau de bord.

Aujourd'hui, certains modèles récents comportent un microprocesseur auquel sont transmises les données telles que la vitesse du moteur, son couple et la position du piston (obtenue à partir de celle de l'arbre à came) ; ces informations constitueront les paramètres d'entrée des programmes stockés initialement dans la mémoire ROM du microprocesseur. Une suite de comparaisons lui permettra de déterminer le moment d'**allumage** optimal, et une interface transmettra les commandes appropriées. Il a déjà été mis en évidence qu'un tel dispositif électronique améliore les performances du moteur, tout en réduisant l'émission des **gaz d'échappement**. Volkswagen, entre autres, a démontré qu'il est possible de maintenir le moteur en régime minimal, en agissant sur la mise en phase.

Toutefois, ces systèmes ne constituent qu'un point de départ : les possibilités d'optimiser les **commandes** par microprocesseur ne se bornent pas là. Depuis les années 1970, certains constructeurs automobiles ont introduit un **capteur de détonation**, afin de rendre les moteurs plus performants en augmentant leur **taux de compression**. A l'heure actuelle, il est rare que les moteurs à essence aient un taux de compression supérieur à 10:1, taux d'ailleurs souvent limité par la teneur en plomb du carburant ; par ailleurs, si ce taux était plus élevé, le moteur serait sujet à **détonation**. Le capteur de détonation est prévenu avant qu'elle ne se produise, par une variation anormale de la vitesse de l'arbre à came, par exemple ; il retarde alors l'allumage. Si l'utilisation du microprocesseur permet déjà une économie considérable de carburant, un taux de compression très élevé et une émission de gaz très peu polluants, il semble que peu de choses puissent être encore améliorées au niveau du moteur lui-même. On reconnaît cependant au microprocesseur des capacités potentielles d'une plus grande portée. Les **soupapes**, par exemple, constituent un vaste champ d'application de la technologie électronique. La société Lucas-CAV a déjà réalisé, en Grande-Bretagne, des soupapes actionnées par des solénoïdes ; depuis 1980, il existe aux Etats-Unis un prototype de moteur

doté de soupapes hydrauliques.

Le fonctionnement électronique des soupapes offre de nombreuses possibilités : le conducteur pourrait modifier à volonté les caractéristiques du moteur, en modulant la conduite à l'aide d'un commutateur provoquant une simple variation de la mise en phase et de la durée d'ouverture des soupapes ; inversement, le conducteur pourrait actionner la fermeture simultanée des soupapes, transformant ainsi le moteur en un compresseur assurant un freinage plus efficace. Ce système, selon toute probabilité, permettrait d'améliorer les possibilités de n'importe quel microprocesseur.

Mais le moteur ne constitue pas la seule cible dans un véhicule. Un autre domaine sollicite l'imagination des ingénieurs mécaniciens : c'est celui des transmissions. On prévoit en effet que dans un avenir proche, le gain de consommation obtenu par avertissement électronique de la transmission sera supérieur à celui qu'on peut attendre des microprocesseurs adaptés au bloc moteur. En concevant un système de ce genre, on programmerait les caractéristiques du moteur dans le microprocesseur, ce qui modifierait automatiquement le **rapport de transmission** en l'adaptant à la vitesse en cours et aux conditions de charge.

Pour confirmer définitivement l'intérêt de cette technique, il faudra probablement attendre les résultats des recherches dans le domaine de la **transmission continue** (CVT). Quoiqu'il en soit, le contrôle par microprocesseur permettra une adaptation plus précise du rapport de transmission en fonction de la vitesse et de la puissance.

Néanmoins, la présence de l'électronique à bord des véhicules « haut de gamme » se manifeste essentiellement sur le tableau de bord : l'apparition en 1976 de la Lagonda, conçue par l'Aston Martin Company, munie de capteurs intégrés (solid state sensor) et d'un tableau de visualisation numérique, a marqué le début d'un engouement pour les véhicules équipés d'un tableau de bord digne d'un scénario de science-fiction. Ces cadrans n'offrent aucun avantage intrinsèque : une représentation « analogique » traditionnelle indique aussi bien, sinon mieux, la



vitesse, le nombre de tours du moteur ou le niveau du carburant. Reconnaissons tout de même cette tentative comme un pas vers la vulgarisation de concepts tels que l'ergonomie et l'optimisation de la conduite. Quelques constructeurs, d'ailleurs, proposent déjà un contrôle continu de la consommation de carburant et de la vitesse moyenne.

Les concepteurs suggèrent de projeter des informations digitales directement sur le pare-brise, afin que le conducteur n'ait jamais à détourner son regard de la route. Si des indicateurs frontaux de ce type (HUD) sont déjà employés depuis quelques années sur les avions de chasse, leur coût de fabrication et les problèmes liés à leur miniaturisation n'ont jusqu'ici pas permis de les transposer aux véhicules de tourisme ; de plus, on n'a pas encore résolu la question de l'éclairage adéquat pour rendre ces cadrans facilement lisibles même par temps ensoleillé.

Un autre domaine, qui n'a pas retenu l'attention méritée, regroupe les systèmes de freinage et de suspension ; toutefois, BMW et Mercedes offrent actuellement sur leurs modèles de haut de gamme un dispositif de freinage antibloquant. Si l'on considère que ces systèmes équipent les avions depuis plus de vingt ans, on peut s'étonner que leur application au domaine automobile ait nécessité tout ce temps : la force d'adhérence qui s'applique aux roues d'un avion est beaucoup plus importante que dans le cas d'un véhicule léger. Le capteur hydromécanique et le système de contrôle des freins devront donc être plus précis et plus rapides (plage de manœuvre plus réduite) dans le cas d'une voiture.

Sur un système électronique anti-blocage, le capteur mesure la force de décélération appliquée à la roue : si elle est trop forte, la roue risque de se bloquer ; le système commande alors un relâchement rapide des freins, puis, aussitôt après, leur réactivation. Certains ingénieurs pensent que cette technique d'asservissement des freins, à travers un système de tubes hydrauliques, serait transposable à la suspension. Quelques systèmes ont d'ailleurs été mis au point, qui empêchent la voiture d'osciller dans les virages ; mais une solution électronique serait plus efficace. La limitation majeure des tech-

niques traditionnelles de suspension automobile tient au type même de ressort utilisé. Un ressort idéal devrait agir graduellement : ayant une souplesse importante en début de course, de façon à absorber de petites oscillations, il devrait accroître peu à peu sa rigidité, afin de répondre aux fortes sollicitations dont il devient l'objet. Difficile à réaliser avec des ressorts mécaniques, cela devient possible avec des ressorts à forte pression (air liquide) ; un tel système, muni d'un microprocesseur contrôlant une soupape d'évacuation ou de pompage de l'air pourraient assurer une excellente suspension.

Avec l'apparition des microprocesseurs, qui connaissent une importance croissante dans le contrôle de fonctions spécifiques – alimentation en carburant, émission des gaz d'échappement, allumage, transmission, freinage, suspension, direction et instruments de bord –, on peut désormais envisager de réunir tous ces dispositifs, indépendants à l'origine, sous le contrôle d'un ordinateur central. Il y a quelques années, la firme allemande Bosch commercialisa un système de contrôle (Motronic) qui fut installé sur la BMW 732i. L'intérêt du Motronic est qu'il possède un unique processeur pour gérer à la fois l'allumage, l'alimentation en carburant, et de nombreuses autres fonctions optionnelles, grâce à ses interfaces et ses possibilités de programmation externe.

A ses débuts, l'électronique automobile avait tendance à utiliser des processeurs simples, destinés à des fonctions spécifiques. Le VLSI, au contraire, bien qu'encore coûteux, s'avère universel et ouvre le chemin vers une centralisation totale. Un microprocesseur multifonction peut, en effet, être programmé pour contrôler l'allumage, changer de vitesse, allumer automatiquement les phares, etc. En d'autres termes, un seul VLSI accomplira toute une série de tâches, qui requerraient auparavant autant de processeurs spécifiques.

Toutes les fonctions étant asservies par un ordinateur central, il devient plus facile pour une automobile de réagir à la fois rapidement et de manière globale aux stimuli externes, tels que la densité de circulation ou les virages. On pourrait même doter le véhicule d'un radar à micro-ondes relié à l'ordinateur ; la position et la vitesse des autres véhicules,





**Maquette de tableau de bord comprenant un cadran d'indication à capteur intégré (à cristaux liquides) et visualisation par réflexion: les données apparaissent sur le pare-brise. A droite : vue intérieure de l'ordinateur de bord.**

la présence des piétons, seraient rigoureusement évaluées, et le microprocesseur (même dans le cas d'un brouillard épais), activerait automatiquement le système de freinage, de façon à respecter la distance de sécurité ou à stopper le véhicule si nécessaire. En outre, le radar pourrait donner au conducteur la possibilité d'effectuer un dépassement sur route sinueuse, en permettant de « voir » au-delà des virages.

Dès la fin des années 1970, des constructeurs allemands ont expérimenté des systèmes à ordinateur de bord recueillant, depuis la route, les informations sur les conditions de circulation et les parcours conseillés, pour les visualiser sur un cadran à l'intérieur de l'automobile. Il n'est pas utopique de penser que de tels systèmes de « conduite assistée par ordinateur » seront commercialisés dans un avenir proche.

