

---

## Présentation des thèmes du GIS ITS-Bretagne

---

### Systemes Embarqués (thème 3/5)

#### 1- Animateurs

Olivier Berder (Université de Rennes 1 – ENSSAT / IRISA)

Moïse Djoko-Kouam (ECAM Rennes)

#### 2- Mots clés

Architectures électroniques, Faible consommation énergétique, Test, Vérification, Sureté de fonctionnement, Sécurité, Logiciel embarqué, Temps réel, Traitement de signal

#### 3- Résumé

Les systèmes embarqués sont des systèmes électroniques et informatiques autonomes, soumis à des fortes contraintes énergétiques et temps réel. Leur place dans les véhicules est aujourd'hui prépondérante, notamment en matière de sécurité, et leur fiabilité doit être irréprochable.

#### 4- Disciplines concernées

Télécommunications, Traitement du signal, Contrôle-commande

#### 5- Domaines d'applications

Tous modes de transport (route, rail, maritime, piéton, infrastructures de bord de voie,...)

#### 6- Principaux membres du GIS directement concernés

Université de Rennes 1, IFSTTAR, Telecom Bretagne, INSA de Rennes, ECAM Rennes, ENSTA

#### 7- Partenaires extérieurs potentiels impliqués et/ou visés

Universités de Bretagne Sud, Nice, Montpellier, Toulouse, Nantes, Lille, Ecoles Centrales  
ATMEL, ST Microelectronics, CEA, Thales, EADS

Constructeurs et équipementiers automobiles (PSA, Renault, Magneti-Marelli, Valeo,...)

#### 8- Liens avec l'international et les grands programmes

FP7-ICT-FET, ITEA2 et ARTEMIS, ANR INFRA, ANR INS, ANR Predit TTD, FUI...

#### 9- Développement (présentation et points durs)

Les systèmes embarqués représentent la brique de base sur laquelle reposent toutes les applications, que ce soit pour la commande ou le contrôle, la communication ou la géolocalisation. Intégrant le cœur de traitement, simple logique câblée, microcontrôleur ou véritable système sur puce, le domaine des systèmes embarqués essaie aujourd'hui de faire face à deux challenges majeurs, l'efficacité énergétique et la sureté de fonctionnement, tout en répondant à des applications de plus en plus variées.

Le nombre de microcontrôleurs dans une voiture ne cessent de croître, et ils ne peuvent pas tous être alimentés par la batterie du véhicule. Certains systèmes de contrôle de pression des pneus se trouvent par exemple embarqués dans les roues elles-mêmes, et n'ont pas d'accès filaire pour leur alimentation ou leur communication. Ils doivent donc s'auto-alimenter (grâce à l'énergie piézoélectrique) et communiquer par radio avec l'organe de gestion central de la voiture. Ce genre de systèmes proches des réseaux de capteurs se multiplie non seulement dans les

voitures, mais aussi dans les infrastructures routières et le mobilier urbain, qui n'ont pas d'alimentation sur secteur. Les futurs systèmes embarqués devront donc adapter leurs traitements, en particulier leur activité radio, à la quantité d'énergie instantanée et donc mettre en place de véritables organes de gestion de l'énergie (power managers).

Dans la plupart des véhicules, les applications critiques ne sont plus gérées seulement, parfois même plus du tout, par la mécanique, mais plutôt par l'électronique et il est probable que les conducteurs d'aujourd'hui deviendront les passagers de demain, laissant le véhicule s'occuper lui-même de la plupart des problèmes de pilotage. Lorsque l'intégrité physique des usagers est ainsi engagée, il est évident que dès la conception, ces systèmes doivent proposer un très haut niveau de tolérance aux fautes et surtout de sûreté de fonctionnement. Dans des circuits de plus en plus compacts et complexes, cet objectif peut s'avérer compliqué à atteindre, et les circuits reconfigurables de type FPGA peuvent présenter de sérieux avantages par leur flexibilité. Une autre solution est faire appel à des systèmes sur puces intégrant plusieurs processeurs (MPSoCs). Cette multiplication des systèmes embarqués rend également le véhicule vulnérable aux attaques extérieures, et il faut donc implanter des algorithmes de cryptographie dans le logiciel embarqué voire concevoir des éléments de sécurité matérielle.

Le bus CAN, en voie de saturation, n'est plus le seul vecteur de communication intra-véhiculaire, domaine dans lequel la radio fait son apparition (Wi-Fi ou UWB). Les standards de télécommunications appréhendés par le véhicule se multiplient de manière encore plus évidente vers l'extérieur, que ce soit pour les communications V2V ou V2I (802.11.p), pour la téléphonie cellulaire (UMTS puis LTE) ou la géolocalisation. Pour éviter la multiplication des architectures, le futur organe central de communication devra donc faire appel aux techniques de radio logicielle (voire cognitive) pour devenir multi-standards. Ici encore, l'apport des architectures reconfigurables devrait s'avérer particulièrement précieux. Outre les architectures numériques, la partie analogique des systèmes de communication doit également s'adapter à toutes les contraintes mentionnées ci-dessus et à l'environnement du véhicule. Ainsi, pour répondre aux besoins des récepteurs multi-standards, la largeur de bande des antennes doit augmenter sans détériorer la qualité du signal. De nombreux travaux sont également menés pour intégrer ces systèmes de communication dans la structure même du véhicule (antennes transparentes, par exemple).

L'avènement des systèmes de transport intelligents s'accompagne d'une gestion de la compatibilité électromagnétique de plus en plus incertaine. Il ne s'agit pas seulement de la limitation du niveau des signaux parasites rencontrés selon un gabarit fixé mais d'assurer la compatibilité électromagnétique fonctionnelle dans un contexte de complexité croissante des architectures électriques, électroniques et radiofréquences. Les enjeux de compatibilité électromagnétique associés aux véhicules du futur concernent les études de conception situées en amont du développement : les approches théoriques d'analyse de risque, sous l'angle probabiliste, et basées sur une combinaison d'approches topologiques et d'outils de simulation numériques représentent un champ d'investigation important. La prédiction du comportement des réseaux câblés sur le plan CEM est toujours un défi majeur. La prédiction de la performance des communications RF à bord du véhicule constitue un sujet ouvert. Elaborer des méthodes d'essais pertinentes et relier les résultats obtenus aux situations opérationnelles est également fondamental. Les méthodes d'essai doivent présenter des garanties de reproductibilité et de détection de risques potentiels. L'utilisation des chambres réverbérantes ou du champ proche représentent de voies d'investigation pour le futur.