



## 2<sup>e</sup> appel à propositions – 20 juillet 2006

# Technologies sans fil pour l'aéronautique et l'espace : Communication et énergie

### Motivation

On assiste depuis quelques années à un développement considérable des technologies sans fil dans des domaines aussi variés que la téléphonie, l'informatique personnelle, la domotique, plus récemment les systèmes embarqués, en particulier dans l'automobile. Des études sont en cours dans l'aéronautique, l'espace et les équipements militaires. L'explosion des utilisations a mis sur le marché de nombreux composants adaptés à la transmission des données sans fil, deux normes se sont imposées. Les applications de transfert d'énergie sans fil sont plus restreintes, on leur préfère souvent des sources électrochimiques locales, dans l'état actuel de l'art elles sont réservées à l'alimentation des badges et étiquettes « intelligentes » lors de leur interrogation.

Dans les domaines aéronautiques ou spatiaux, les transmissions sans fil sont envisagées depuis les années 70 et ont fait régulièrement l'objet d'évaluations. On a ainsi exploré les solutions par diffusion infra-rouge, puis par radiofréquence, ainsi que par fibre optique. Un premier défi scientifique et technologique est le bouleversement des architectures existantes à tous les niveaux, depuis les composants jusqu'aux protocoles et logiciels des couches hautes de traitement et de fusion des données. Les transmissions sans fil sont en effet soumises à de fortes contraintes de criticité dans les systèmes embarqués de l'aéronautique et de l'espace, en particulier les contraintes environnementales. Elles doivent présenter un avantage significatif en termes de coût ou de performances, ou résoudre des problèmes insolubles par les voies classiques. Un deuxième défi est celui de l'autonomie énergétique des composants et sous-systèmes sans liaison filaire.

Ce deuxième appel à proposition de la Fondation de Recherche pour l'Aéronautique et l'Espace porte spécifiquement sur *l'étude et le développement des technologies sans fil pour systèmes embarqués dans l'aéronautique et l'espace*, au niveau d'un ou de plusieurs des problèmes détaillés dans ce qui suit. L'appel se décline en deux sous thèmes :

1. Technologies sans fil pour le transfert de données
2. Gestion de l'énergie et autonomie énergétique pour systèmes embarqués

## 1. Technologies sans fil pour le transfert de données

La progression simultanée du front de la connaissance et de la technologie se traduit aujourd'hui par la disponibilité de données hétérogènes en quantité de plus en plus importante, pouvant être enfouies, largement distribuées, ou dans des environnements difficile d'accès. La multiplication des applications de communications sans fil donne lieu à une diversité de standards, de protocoles de communication souvent non compatibles entre eux qui se traduisent par un ralentissement de la connectivité, effet contraire à celui recherché.

Il apparaît un enjeu majeur que l'on peut désigner sous le vocable de *communication ubiquitaire* autour de la notion d'Objet Communicant Intelligent. Cette notion doit se décliner en termes de technologies matérielles, de technologies logicielles, mais également en termes d'architectures présentant des complexités de plus en plus importantes.

Les orientations scientifiques vont concerner une optimisation conjointe de la miniaturisation, de la multi-fonctionnalité et de l'intégration hétérogène afin d'introduire de plus en plus d'intelligence au niveau matériel et au niveau logiciel dans des modules de communications. Ces modules seront connectés soit par un médium optique soit par un médium hyperfréquence avec des tendances à une montée des fréquences des porteuses vers les longueurs d'ondes millimétriques et sub-millimétriques. Il sera nécessaire de s'intéresser à la sensibilité des modules qui devront pouvoir détecter des données enfouies et donc présenter un caractère faible bruit et qui devront sous certaines conditions véhiculer des puissances importantes. Cette versatilité se traduira par des besoins de recherche en ce qui concerne les techniques de traitement du signal ainsi que les protocoles de communication.

Les champs d'applications visées sont vastes et concernent en priorité les communications dans les systèmes embarqués pour l'aéronautique et l'espace, l'automobile, la surveillance (incluant les aspects liés à la défense), le diagnostic de défaillance (mécanique, électrique...), la sécurité de l'information et ainsi que le secteur de la santé.

Pour toutes ces applications, les contraintes sur le coût vont se traduire par la nécessité de développer également des technologies de fabrication, d'assemblage et/ou de greffage collectives, des architectures matérielles et/ou logicielles « modulaires » (au niveau composant, circuit ou système) c'est-à-dire utilisant des blocs génériques réutilisables ainsi que des méthodes de conception et de modélisation « robustes » afin de minimiser les phases de prototypages « matériels ».

L'appel sur ce volet porte en particulier sur les thèmes suivants :

- Impact des micro et nanotechnologies (Silicium, III-V, GaN, polymères, nanotubes de carbone) sur les architectures des systèmes de communication sans fil.
- Assemblage et packaging pour les fréquences millimétriques et la photonique
- Architectures de circuits millimétriques et/ou photoniques re-configurables.
- Fiabilité et test des composants, circuits et systèmes.
- Architectures et techniques de traitement du signal.
- Protocoles de communication pour réseaux d'objets communicants mobiles.
- Modélisation, simulation, conception : du composant au système.
- Modélisation & simulation système orientée optimisation de la consommation de l'énergie

## 2. Gestion de l'énergie et autonomie énergétique pour systèmes embarqués

Des capteurs et unités de traitement distribués communiquant sans fil ont naturellement besoin de puissance électrique. On dispose de plusieurs options :

- L'alimentation filaire, mais dans ce cas la transmission de données par courants porteurs paraît plus appropriée et on quitte le cadre de la transmission sans fil
- La génération locale de puissance par une méthode dynamique (capteurs de vibrations ou minimevements par MEMS), par des thermopiles, ou des micro générateurs magnétiques. Cette approche est très certainement applicable dans des cas spécifiques. Elle donne lieu à des thèmes de recherche au niveau composant
- La transmission de puissance par voie électromagnétique à partir d'un émetteur central, soit dans le domaine visible, soit dans le domaine radiofréquence. Dans les deux cas des composants d'émission au nitrure de gallium offrent des potentialités prometteuses. Il y a matière à recherche tant pour les émetteurs que pour la sélection de capteurs à haut rendement (photovoltaïques ou rectenna).
- Les sources primaires stockant toute l'énergie dans des matériaux. Si l'énergie massique est importante, ces sources peuvent alimenter les circuits électriques pendant plusieurs années sans maintenance. La miniaturisation de ces sources ( $\mu$ -batteries, piles à combustibles, super capacités, mini générateurs nucléaires) est donc un facteur important pour le développement des systèmes sans fil autonomes.

La puissance peut être conséquente, mais on peut admettre un rendement moindre lorsque la priorité est la suppression du câblage. Un cas typique est la liaison vers un élément mobile, une antenne pointable par exemple. Des onduleurs à transformateur tournant sont une réponse au problème, des études préliminaires ont montré que le rendement de transmission pouvait être suffisant. Des recherches utilisant les nouveaux semi-conducteurs, des matériaux magnétiques plus performants, de nouvelles géométries de bobinage des transformateurs, une topologie des commutateurs bien adaptée peuvent aboutir à des augmentations du rendement.

Dans tous les cas envisagés la gestion de l'énergie au plus près de l'application nécessite que les topologies de convertisseurs et les lois de commande soient adaptées pour des applications à faible tension et fort courant, intégrées dès la conception matérielle du système.

Du point de vue de l'intégration matérielle, il convient de s'intéresser notamment à l'obtention d'éléments passifs (inductances et condensateurs) sur silicium à partir des techniques de la microélectronique, tout en conservant la compatibilité avec les étapes nécessaires à la réalisation des semi-conducteurs actifs. Ceci nécessite des développements spécifiques sur le plan des matériaux et sur celui des technologies. On peut citer, par exemple, les matériaux à forte constante diélectrique, les matériaux magnétiques, les matériaux ferro-électriques, pour lesquels les principaux problèmes sont : la synthèse, les technologies de dépôt adaptées à la stratégie d'intégration, la compatibilité entre les différents matériaux sur les plans technologique, mécanique, thermique, la caractérisation physique et électrique. Le développement de ces alimentations compactes sera basé sur un assemblage tridimensionnel permettant l'intégration d'un grand nombre de fonctions telles que les composants actifs (puissance, contrôle et protection aux ESD et EMI), les éléments passifs, les interconnexions, les drains thermiques et les couches d'isolement électrique.

L'appel sur ce volet porte sur un ou plusieurs des problèmes de gestion de l'énergie et d'autonomie énergétique mentionnés ici.