

# Tracking de sécurité à très haute performance

## Le projet TOCHA : Traçabilité Opérationnelle en Continu à Haute Autonomie

Antoine GUENIN<sup>1</sup>, Mohamed HIMDI<sup>2</sup>, Jean-Yves LAURENT<sup>3</sup>, Stéphane SCHMOLL<sup>4</sup>

<sup>1</sup>PHOTOSPACE 30, domaine du bois de la garenne 77760 ACHERES LA FORET

<sup>2</sup>INSTITUT D'ELECTRONIQUE ET DE TELECOMMUNICATIONS DE RENNES

Bât 11 D, Campus de Beaulieu - Av du Général Leclerc - 35042 Rennes

<sup>3</sup>COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE-LITEN 17 rue des Martyrs - 38054 Grenoble Cedex 9

<sup>4</sup>DEVERYWARE, 101, Bd Etienne Macdonald 75019 PARIS

[aguenin@free.fr](mailto:aguenin@free.fr) [mohamed.himdi@univ-rennes1.fr](mailto:mohamed.himdi@univ-rennes1.fr) [jean-yves.laurent@cea.fr](mailto:jean-yves.laurent@cea.fr) [stephane.schmoll@deveryware.com](mailto:stephane.schmoll@deveryware.com)

**Résumé** - La localisation de véhicules, d'objets et de personnes constitue un moyen de prévention et de protection contre divers risques et menaces et peut contribuer à protéger les citoyens contre le terrorisme, la grande criminalité et la petite délinquance. L'utilisation de balises embarquées permet de localiser leurs porteurs dans des cadres préventifs ou de crise, coopératifs ou non. Ce type de balise constitue un outil de renseignement et de collecte d'informations, notamment dans la surveillance de réseaux criminels ou terroristes. La protection peut aussi concerner des personnes vulnérables, des suspects, et toutes sortes de marchandises précieuses ou dangereuses ou de biens sensibles.

Le projet TOCHA doit démontrer la faisabilité d'une traçabilité longue et continue, indépendante des environnements physiques variés pouvant limiter la transmission d'informations à distance, des contraintes fragilisant les dispositifs embarqués et des efforts des parties adverses pour déjouer les dispositifs.

L'objectif est la traçabilité en temps réel à longue distance et en toutes circonstances, y compris à couvert, pendant 1 ou plusieurs années, sans contrainte de pose ou d'installation, et avec contrôlabilité à distance des missions.

Le consortium regroupe des spécialistes de l'électronique, du logiciel, des sources d'énergie, et des antennes. Son comité de pilotage comprendra des utilisateurs types de ses livrables.

### **Abstract** – TOCHA: High Autonomy Seamless Operational Tracking

Tracking of vehicles, objects and people can prevent and protect against various risks and threats, as to protect citizens against organized crime and terrorism. Use of miniaturized beacons can locate their bearers in preventive or crisis frames - cooperative or not. Such beacons are a mean to collect information and develop intelligence to monitor criminal and terrorist organizations. They can also protect vulnerable people as well and precious or dangerous goods or assets.

The TOCHA project shall prove feasibility of long-time, continuous tracking in multiple conditions, facing adverse physical constraints or counter-measures.

Goal is to permit long-term, real-time tracking in open or covert environment, during one or several years, without limitations in installation or remote controllability of missions.

The consortium gathers specialists in electronics, software, energy sources and antennas. Its steering committee will group typical users of deliverables.

# 1. Les défis du projet TOCHA

A ce jour, il n'existe pas véritablement de marqueur capable d'assurer une traçabilité longue et continue, indépendante des environnements physiques variés pouvant limiter la transmission d'informations à distance, des contraintes fragilisant les dispositifs embarqués et des efforts des parties adverses pour déjouer les dispositifs.

Les objectifs opérationnels et technique du projet TOCHA sont de permettre la traçabilité en temps réel d'objets, de véhicules, voire de personnes, avec un marqueur de taille acceptable (de l'ordre d'un ou deux paquets de cigarettes), et :

- pendant plusieurs années (au moins deux)
- sans contrainte de pose ou d'installation (c'est-à-dire sans alimentation externe et sans contrainte forte d'emplacement de pose), avec isotropie maximale (c'est-à-dire dont le bilan de liaison radio soit aussi peu sensible que possible à l'orientation du marqueur et au positionnement relatif du détecteur ad hoc)
- opérationnel en champ ouvert et à couvert (au moins un sous-sol de parking en béton), à longue distance (couverture du réseau GSM/GPRS pour le cell-id) et à courte distance (min 1km pour la radio directe) avec précision (moins de 5 mètres)
- aux modes opératoires pilotables à distance (par internet et en partie par mobiles GSM) et/ou ajustables automatiquement en fonction des missions et des contraintes ou attaques (des innovations véritables sont attendues des automates de basculement « seamless »)
- rendant compte à distance (sur le serveur) de sa réserve d'énergie restante (avec une précision meilleure que 25% de la capacité maximale)

De multiples techniques et technologies existent déjà dans ces domaines, mais la plupart des dispositifs et systèmes existants présentent des inconvénients qui en limitent significativement l'utilité ou la fiabilité.

En effet, la mobilité et les champs d'application visés impliquent par nature :

- des environnements physiques variés pouvant limiter la transmission d'informations à distance

- des contraintes physiques multiples fragilisant les dispositifs embarqués
- l'absence de sources d'énergie en quantité suffisante
- des erreurs de manipulation ou de mise en œuvre par les hommes
- des efforts des parties adverses pour déjouer les dispositifs de protection

Le projet TOCHA démontrera également la faisabilité de différentes combinaisons différentes techniques de localisation, en optimisant la consommation par la combinaison de capteurs intelligents autonomes et programmables à distance en fonction des missions, et en intégrant une micropile à combustible et des antennes à haute efficacité.

La maîtrise de l'ensemble des combinaisons permettra de créer des produits très innovants, d'une grande variété d'emploi dans les problématiques et missions de sécurité globale.

Pour élaborer un système de localisation fiable et de haute sécurité, et pour réaliser une véritable percée dans ce domaine, plusieurs défis de taille doivent être relevés.

## 1.1 La haute autonomie

Le système doit être opérationnel pendant des durées suffisantes pour des missions par essence longues sans possibilité de restaurer la source d'énergie. L'objectif visé est de plusieurs années pour des missions typiques, grâce à une combinaison de solutions :

- ❖ La répartition de l'intelligence du système entre la balise et le serveur central. Seules les tâches indispensables à l'analyse de l'environnement (position et mouvement), à la mesure de l'énergie restante et à la communication seront logées dans la balise. Selon sa mission, celle-ci sauvegardera au maximum son énergie interne en privilégiant le mode de sommeil tant que la mission ne justifie pas un réveil actif plus gourmand en énergie. Le mode sommeil présente accessoirement l'avantage d'une discrétion radioélectrique optimale.
- ❖ A l'inverse, toutes les tâches de traitement pouvant être déportées seront logées dans le serveur central, qui ne sollicitera la balise qu'en cas de besoin réel. Il en résultera une optimisation de la consommation d'énergie de la balise.
- ❖ Pour la source d'énergie proprement dite, une nouvelle technologie de micro pile à combustible à base d'hydrures métalliques sera mise en œuvre pour la

première fois. On en attend une capacité volumique environ 4 fois plus importante que l'actuelle capacité des batteries Li-Ion. Il faudra également adapter le circuit d'alimentation à des consommations de courant présentant des régimes très différents, de la veille profonde à l'émission de signaux radioélectriques à moyenne portée. L'industriel qui produira la cartouche de la micro pile à combustible est déjà identifié.

- ❖ Enfin, pour que la consommation en veille soit aussi basse que possible, on utilisera une combinaison poussée d'une horloge de veille, d'un capteur de mouvement, de l'alimentation des différents modules de la balise et de sa pile, ainsi que du logiciel embarqué. La consommation du marqueur devra descendre autour de  $1\mu A$ , alors que les modes de veille des balises existantes à ce jour consomment couramment des milliampères.

## 1.2 Une pose sûre et discrète



La balise doit être robuste, aussi insensible que possible à la température, aux projections de liquide, aux vibrations, tout en

étant aisée à poser par des systèmes de fixation faciles à mettre en œuvre.

La balise sera donc monolithique, d'un volume aussi réduit que possible, et sans voyants, interrupteurs, connexions ni antennes externes. Les techniques d'intégration et de montage électronique privilégieront les objectifs ci-dessus.

Elle pourra être fixée par des vis, des bandes adhésives ou des aimants, selon le support ou l'environnement.



## 1.3 L'isotropie

Que l'on soit en environnement relativement coopératif (cas des marchandises) ou totalement hostile (missions de

surveillance de cibles suspectes), il est presque impossible de connaître et de maîtriser l'impact des masses métalliques et autres obstacles à proximité de la balise.

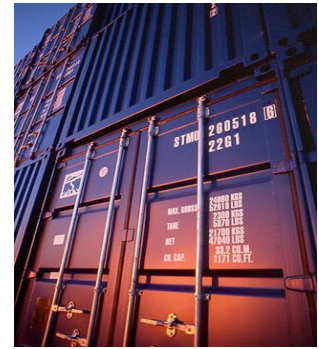
Dans la pratique habituelle, ces masses ou masques proches, ainsi que la colocation de systèmes d'antennes fonctionnant sur des fréquences différentes, peuvent avoir un impact considérable sur le bilan radioélectrique de liaison. Elles engendrent des taux d'ondes stationnaires et des lobes d'émission-réception asymétriques qui influent non seulement sur la portée des signaux mais aussi sur la consommation électrique.

Pour atténuer cela, des techniques très pointues de réalisation d'antennes intégrées, de taille très réduite ( $< \lambda/10$ ) et multiaccès pour assurer une réception multi-polarisation ou multi-faisceaux et un rapport signal/bruit optimal. Elles seront capables à la fois de rayonner de façon aussi isotrope que possible tout en limitant les risques d'interférence des différentes fréquences utilisées par la balise. A cet égard, une approche théorique doublée d'une approche expérimentale permettront de tester plusieurs combinaisons différentes de fréquences et d'antennes afin de déterminer le meilleur compromis.

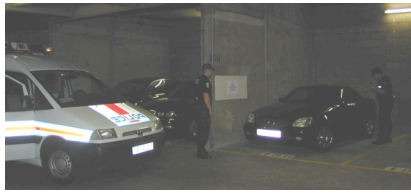
## 1.4 La résistance aux perturbations endogènes ou exogènes

Dans les systèmes de ce type, il existe de multiples sources de dysfonctionnement. Les causes endogènes sont plus souvent attribuables au logiciel qu'aux composants. Les facteurs exogènes, en revanche, sont nombreux et comprennent des contraintes physiques (température, humidité, vibrations) et des risques de brouillage électromagnétique émanant de l'environnement industriel et bien entendu des contre-mesures électroniques des parties adverses.

Pour assurer une résistance maximale à toutes ces perturbations, la solution principale consiste à combiner plusieurs technologies de localisation et de transmission de l'information. Là aussi, la balise disposera d'une capacité propre d'adaptation et de réaction, le serveur central étant doté de puissants algorithmes de basculement et de combinaison, soit en mode automatique, soit en interactif avec l'utilisateur du système.



On cherchera à ce qu'en toutes circonstances, l'utilisateur puisse disposer d'une portée maximale et d'une précision

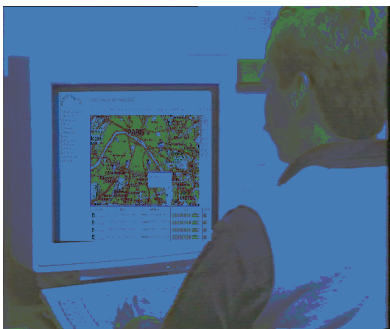


optimale de la localisation. Les techniques de localisation utilisées comprendront le GPS, le GPS assisté, la localisation cellulaire GSM, et la radiogoniométrie directe. Ces deux dernières techniques présentent une efficacité optimale en terme de consommation, de précision, et de pénétration à couvert : la localisation cellulaire fonctionne bien dans les bâtiments, avec une précision de quelques centaines de mètres en ville à quelques kilomètres en milieu rural. Or, cette portée correspond bien aux possibilités d'un repérage goniométrique dépêché sur zone avec un récepteur ad hoc fournissant en final une précision métrique. La localisation GPS et A-GPS, lorsqu'elle est opérationnelle (vue du ciel, notamment), fournit couramment une précision décimétrique sans besoin de se déplacer sur zone, et en tous pays.



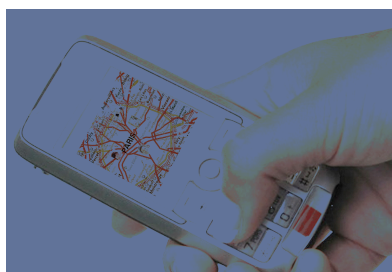
Un des défis du projet est aussi de permettre un accès facile à l'exploitation des données recueillies et à la programmation des missions. Une des difficultés réside dans la détermination de méthodes de basculement et de combinaison de technologies de localisation par détermination à distance des contraintes d'environnement et des circonstances. Une programmation sémantique sans couture (seamless) des méthodes et des veilles/alertes devra être réalisée, avec une ergonomie adaptée à des utilisateurs pas nécessairement scientifiques.

## 1.5 L'ergonomie du système



Qu'il s'agisse de professionnels du transport ou d'officiers de police judiciaire, les champs d'application visés sont abordés par des utilisateurs présentant des profils très variés.

Au fil du temps, les plus aguerris se sont habitués à toutes sortes de contraintes



d'utilisation. Mais parallèlement, il existe de nombreux personnels susceptibles d'utiliser ces systèmes de traçabilité, qui n'ont accumulé ni une telle expérience ni l'instinct qui se développe à l'usage. Pour faciliter l'usage du système, le projet vise également à optimiser l'ergonomie des interfaces entre le serveur et les utilisateurs. Cet axe de développement concerne l'ergonomie des représentations de commandes et de cartographie sur le terminal, qu'il soit fixe (PC) ou mobile (téléphone). Pour ce faire, on adaptera les dernières générations d'API concernant la cartographie interactive, mais aussi la synthèse vocale, des pictogrammes et des avatars, ainsi que de l'aide à la navigation pour les déplacements physiques vers la balise.

## 2. Retombées attendues du projet

Les percées scientifiques issues du programme TOCHA toucheront le fonctionnement à couvert de marqueurs de petite taille dans les conditions de « la vraie vie », c'est-à-dire souvent à couvert, avec une pose et une orientation spatiale non maîtrisables, la combinaison intelligente et automatique de plusieurs techniques de localisation et une très haute autonomie compatible avec le développement durable.

Au-delà des marchés de la haute sécurité, la combinaison des innovations du programme ouvriront aux produits et services dérivés de TOCHA l'accès au marché des marchandises et autres objets non alimentés, pour lequel les besoins sont énormes, sans que des solutions adéquates n'aient encore été proposées.

Dans le domaine des antennes miniatures efficaces, les percées du projet permettront la mise au point de nouveaux produits, et feront progresser la recherche nationale dans le domaine prometteur des objets communicants sans fil à très faible consommation, qui intéresse de très nombreux secteurs.

Enfin, la maîtrise de la pile en combustible dans un appareil électronique portable complexe sera également une percée notable qui relancera la concurrence et les travaux dans le domaine de l'électronique nomade, avec de nombreux débouchés civils et militaires. Le projet démontrera la faisabilité du stockage d'hydrogène par hydrures chimiques et sa parfaite adaptation aux marchés de l'électronique nomade, notamment les téléphones et ordinateurs portables, qui constituent des marchés considérables.

Ces progrès permettront des retombées multiples dans l'électronique nomade ou portable, pour les professionnels et le grand public, en repoussant leurs limites actuelles de performance et en permettant ainsi l'ouverture de

nouveaux marchés dont les besoins sont en partie connus,  
mais dont les solutions actuelles sont trop peu  
performantes pour les satisfaire.

---