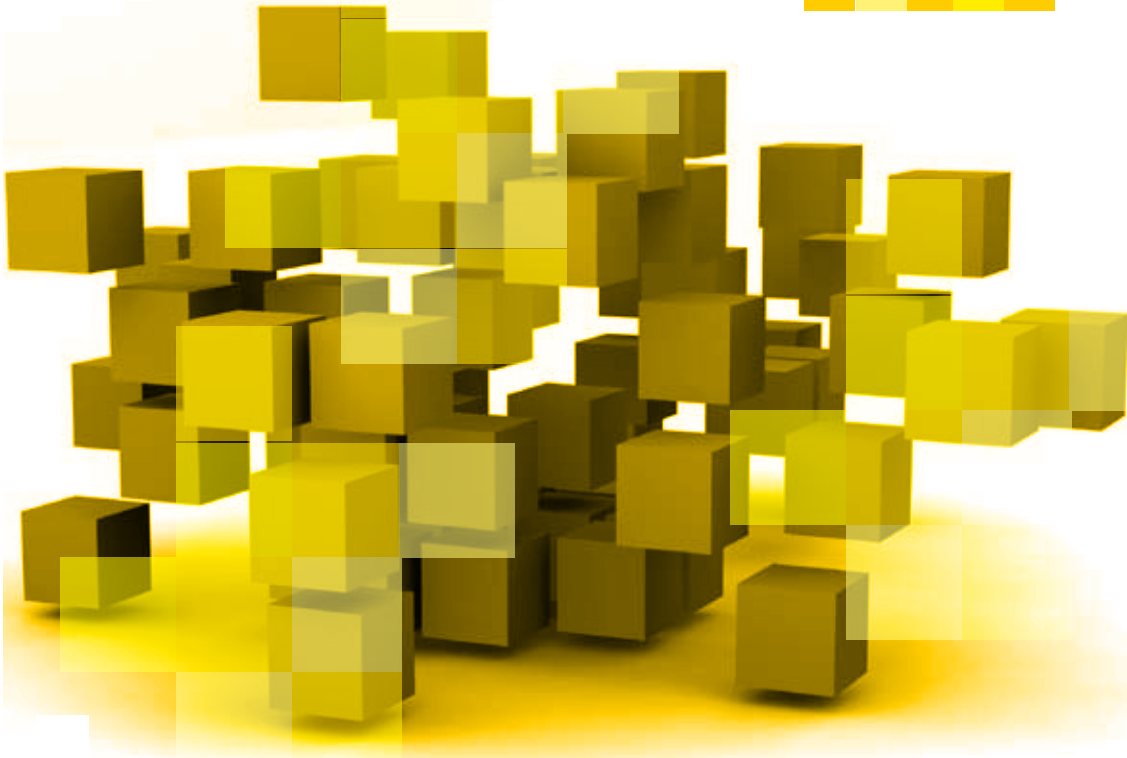


La Géolocalisation

Les cahiers de veille de la Fondation TELECOM



FONDATION
TELECOM



Édito

Janvier 2009

Ce premier numéro des cahiers de veille de la Fondation TELECOM est consacré à un thème sensible et riche d'innovations : la géolocalisation des biens et des personnes.

Nel Samama, enseignant-chercheur de l'Institut TELECOM, a réuni des chercheurs et des industriels pour livrer une analyse de l'amélioration conjointe des techniques de télécommunications et de positionnement ; il ouvre ainsi la perspective de services en mobilité qui, il y a quelques années encore, relevaient de la science-fiction.

Je forme le vœu que les partenaires de la Fondation, premiers destinataires de ce cahier de veille, trouvent là un support de réflexion pour leur stratégie d'innovation.

Francis Jut and
Directeur de la Fondation TELECOM

Sommaire

- P03 **Technologies des Systèmes de Positionnement**
- P03 **Se positionner : un besoin grandissant**
- P04 **Omniprésence et prédominance des solutions satellites**
- P04 **...et leurs limites**
- P05 **Deux GNSS aujourd'hui et demain : GPS et Galileo**
- P07 **Piste 1 : améliorer les performances : HS-GNSS, A-GNSS et E-GNSS**
- P08 **Piste 2 : l'apport d'autres technologies**
- P09 **Finally, quelles alternatives pour quelles solutions ?**
- P10 **Vers une convergence entre deux mondes : positionnement & télécoms**
- P13 **Contexte socio-économique et environnemental**
- P13 **Le positionnement : un besoin individuel et universel**
- P14 **Le marché du positionnement et son organisation**
- P16 **Applications émergentes**
- P18 **Perspectives stratégiques**
- P18 **Les acteurs en présence**
- P19 **Les actions à lancer**
- P22 **L'Institut TELECOM, moteur d'une nouvelle approche**

Cahier central P12

Figure centrale : les usages de la géolocalisation en perspective

Biographies & Glossaire P23

Technologies des Systèmes de Positionnement

« - Entendu ! Je vais vous procurer un indicateur. »

On appelait ainsi un petit objet banal que l'on tenait dans la paume de la main, et qui se réchauffait à mesure que l'on s'approchait du lieu cherché ; de même, il se refroidissait dès que l'on s'éloignait du but. Il n'y avait qu'à le régler, au départ, sur une destination donnée.

[Les cavernes d'acier
Isaac Asimov - 1953]

« Nokia aims to be the Location Product and Service Leader by compelling and novel location enabled products that exceed customer expectations.

[...] Location products and services work in all environments via implementation of best available technologies »
Teemu Toroi, Director of Strategy and Business Development, Nokia.
Growing Galileo Event,
Bruxelles, 14-15/11/2007

Se positionner : un besoin grandissant

« Quelle heure est-il ? » Si cette question nous paraît si naturelle, c'est parce que chacun d'entre nous a l'heure sur soi, ou sa journée suffisamment rythmée et structurée dans le temps. Dans l'avenir, « Quel lieu est-il ? » pourrait devenir aussi banal avec les techniques de localisation et les systèmes d'information géographiques qui se répandent autour de nous. Cette localisation concerne, à vrai dire, autant celle des personnes, que celle des biens et celle des terminaux mobiles qui nous l'offrent. Et si donner l'heure est devenu une des fonctions de base des mobiles (à en remplacer les montres), connaître sa position pourrait bientôt se généraliser au point d'influencer la plupart des actes de la journée. Pour autant, certaines limitations technologiques - que nous détaillons plus bas - expliquent

la faiblesse actuelle observée des services associés au positionnement (*Location Based Services, LBS*). Mais le mouvement est inéluctable : l'utilisation de l'information de positionnement devrait peu à peu s'étendre des applications et des services aujourd'hui, aux couches physiques demain. Comme les SMS en leur temps, le marché du positionnement et de la localisation est apparu fortuitement, issu de l'émergence non planifiée d'applications liées au système américain GPS, puis découlant des promesses des systèmes en cours de déploiement comme l'européen Galileo. GPS, Galileo : ces deux systèmes font partie, dans la famille des systèmes de positionnement, de la branche des *GNSS, Global Navigation Satellite Systems*.

	Couverture	Service commercial	Situation 2008	# satellites	Altitude	Période orbitale	Inclinaison des plans orbitaux	# Plans orbitaux
GPS	Mondiale	En service	Modernisation	32	Medium Earth Orbit, 20200 km	12 heures	55°	6
Galileo	Meilleure couverture des régions polaires que le GPS	2012 - 2013	Tests	30 prévus	Medium Earth Orbit, 23222km	14 heures	56°	3 : 9 satellites + un secours par plan
GLONASS	Mondiale, mais partielle par manque de satellites	En service	3 ^e génération en cours de lancement. 17 satellites en fonctionnement	24 (nominal)	Medium Earth Orbit, 19100km	11 heures 15 mn	64,8°	3 : 7 satellites + 1 secours par plan
COMPASS / Beidou	70°E - 140°E, 5°N - 55°N	En service	5 satellites	35 prévus dont 5 en géostationnaire	Medium Earth Orbit, 21500km			
IRNSS	Inde	2012	Premier lancement en 2009	7 prévus			29°	
QZSS	Japon	En développement	Premier lancement en 2009		Highly Elliptical Orbit	12 heures	70°	

Tableau 1 : les différents GNSS en service ou à venir (informations connues en décembre 2008). IRNSS et QZSS ne sont pas des constellations proprement dites, mais des systèmes dits d'augmentation.

Plus récent, en cours de déploiement, Galileo dispose d'avantages concurrentiels par rapport au GPS américain actuel : il possède notamment une notion d'intégrité qui pourrait permettre de proposer des applications commerciales dans des domaines aussi variés que la banque, l'assurance, le péage routier, l'énergie, et bien sûr les transports et les télécommunications. En août 2001, le rapport du Volpe National Transportation Centre, commissionné par le gouvernement américain, avait démontré les limites de fiabilité du système GPS, et fait des propositions pour accroître la robustesse des GNSS. Galileo s'inscrit dans cette voie, et son budget de R&D dans le 7^e PCRD (2007-2013, avec un premier appel d'offres en octobre 2007, et un deuxième fin 2008) est porté à

350 millions d'euros, dont une grosse partie a finalement été allouée au programme suite à l'échec du partenariat Public-Privé. À l'horizon 2020, ce sont 3 milliards d'utilisateurs qui pourraient être concernés par les applications des systèmes de navigation par satellites, 60 millions en Europe dès 2011, pour un marché global d'équipements et de services estimé à 10 milliards d'euros par an. Les acteurs des télécommunications, et parmi eux les constructeurs de terminaux, tout en étant conscients des limites actuelles des systèmes de positionnement -satellites et autres- dans les services de télécommunications et de la nécessité de les améliorer ou les faire coopérer, s'engagent résolument dans ce marché qu'ils estiment essentiel à l'avenir.

Omniprésence et prédominance des solutions satellites...

Les GNSS sont aujourd'hui la solution technique naturelle pour le positionnement, et parmi elles, le GPS est devenu le nom commun que l'on sait, recouvrant des déploiements et des fonctionnalités différents selon les cas (GPS américain historique, Galileo, etc.). Initialement prévu aux États-Unis pour les besoins des militaires, le GPS a trouvé également un marché chez les professionnels et le grand public, grâce à sa simplicité d'utilisation, ses coûts réduits, et surtout la réponse qu'il apportait pour résoudre des tâches demandant autrefois beaucoup plus d'efforts.

En découle alors un enjeu stratégique pour les États : plus nombreux sont les secteurs d'activités dépendant du GPS (transports, sécurité, télécommunications...) et plus il est nécessaire de disposer de son propre GNSS. Mais au-delà des nouveaux secteurs d'activités concernés, c'est chacun d'entre nous qui demande aujourd'hui à pouvoir se positionner, ou être positionné (dans les cas d'urgence par exemple).

C'est d'ailleurs en raison des cas de situations d'urgence que le positionnement en intérieur (ou en *milieu contraint*) est devenu un défi technique majeur de la géolocalisation. Et les

besoins se multiplient : disponibilité, fiabilité, précision, indicateurs temps réel divers, cartographie indoor, mode 3D, réalité virtuelle, gestion des diverses technologies et performances, limites des réseaux de données ; allant de pair avec les usages : trouver son chemin une fois sorti de la voiture, retrouver un ami, rechercher les restaurants, ou le dernier film à l'affiche dans un rayon de 100 m, jouer de façon géolocalisée, autant de services qui vont au-delà de la simple localisation et nécessitent de plus en plus un échange avec des serveurs tiers et des bases de données. Voir à cet effet le schéma central page 12 montrant quelques situations dans des bâtiments, des canyons urbains, des tunnels...

Comment relever ce défi en intérieur ? Deux pistes s'offrent à nous :

- améliorer les GNSS actuels
 - utiliser d'autres technologies en intérieur
- et le résultat jugé le plus probable actuellement serait un système hybride avec les GNSS prédominants en extérieur, ou plus précisément dans les *milieux réceptifs*.

...et leurs limites

Si les GNSS sont si répandus, c'est notamment grâce à leurs avantages indéniables par rapport à d'autres systèmes de positionnement. Ils sont en effet beaucoup moins chers et très performants, ils offrent une couverture mondiale

et une disponibilité permanente, fournissent une estimation en temps réel de la précision du positionnement, donnent la vitesse, proposent une synchronisation de grande qualité, et qui plus est sont gratuits d'utilisation.

On doit distinguer les services d'urgence aux États-Unis et en Europe. E911 aux États-Unis impose aux opérateurs de fournir une solution de positionnement, et le choix du GPS a été fait la plupart du temps, même s'il ne couvre pas tous les lieux. E112 en Europe (Directive 2002/22) demande simplement un best effort, et le répartit entre opérateurs de télécommunications et fournisseurs de services.

Fondements technologiques des GNSS et quelques concepts

L'utilisation des signaux satellites des GNSS se fait à la fois dans les domaines temporels et fréquentiels. Dans le premier cas, il s'agit de comparer le code émis par le satellite avec sa copie connue par le récepteur, on calcule ainsi le temps de propagation du signal entre les deux (*flight time measurement*). Dans le domaine fréquentiel, il est indispensable de tenir compte de l'effet Doppler dû au mouvement relatif de ces deux éléments. Les deux domaines de recherche sont assez importants : +/-10kHz en fréquence, et 1 ms en temps, la durée d'un code complet. Le pas de recherche est également assez petit : quelques Hz et une fraction de chip. En conséquence, le temps nécessaire au récepteur pour obtenir la première position (*fix*), le *Time To First Fix* (TTFF), est assez long, et tout l'enjeu est de le réduire.

La première génération des GNSS (Transit, Tsikada) était fondée sur la mesure de l'effet Doppler. Pour fournir une couverture permanente toute la journée, avec un positionnement dans les 3 dimensions, le nombre de satellites en orbite basse devait être important.

La deuxième génération est fondée sur des mesures de temps de propagation entre le satellite et le récepteur, qui ont été rendues possibles grâce aux travaux de recherche sur le comportement des horloges atomiques dans l'espace. Les difficultés proviennent des multiples chemins de propagation du signal dans l'environnement du récepteur, et de la nécessité de synchroniser les deux extrémités du lien. Dans ce dernier cas, une mesure supplémentaire par rapport à ce qui est strictement nécessaire pour un positionnement 3D permet de considérer le temps de désynchronisation comme une simple variable, et réduit la complexité des oscillateurs dans le terminal, qui n'ont besoin d'être stables que pour de courtes périodes de temps (typiquement quelques ms).

Une troisième génération de satellites intègre à la fois les fonctions de positionnement et de télécommunications. C'est le cas du japonais QZSS, et du chinois COMPASS dans sa version actuelle.

Cependant, les performances reconnues des GNSS ne sont pas optimales partout. Nécessitant la vue d'au moins 4 satellites -pour un positionnement dans les trois dimensions-, obtenu à partir de mesures de temps de parcours d'un signal, dont la puissance reçue est

très faible (-125 à -130 dBm), le calcul de positionnement est rendu difficile en présence d'obstacles, de trajets multiples et d'atténuations des signaux, c'est-à-dire en particulier en ville et en intérieur.

Alors, si nous n'observons pas un développement des services de positionnement aussi rapide que nous l'avait promis les prévisions de ces dernières années, c'est autant parce que le positionnement en intérieur reste imparfait que parce que les solutions de continuité entre extérieur et intérieur (un environnement somme toute réel) ne sont pas au rendez-vous.

Or, c'est à travers le téléphone mobile que le GPS est en train de se démocratiser, et ce terminal est porté la plupart du temps par un piéton, amené à franchir régulièrement cette frontière. Et aux limites de couverture, de disponibilité et de précision s'ajoute également l'impérieuse nécessité d'une faible consommation électrique du terminal supportant la fonction GPS.

Mais finalement, que souhaite-t-on en situation intérieure au juste ? La disponibilité et la

précision des informations de localisation (ou de vitesse, ou de temps) sont les deux piliers d'un système de positionnement, mais a-t-on besoin des deux en tous lieux et en toutes circonstances ? Par exemple, a-t-on besoin de moins, ou de plus de précision en intérieur ? De l'ordre de quelques mètres pour les services de guidage, la précision est moins cruciale pour un service diffusant des publicités géo-contextuelles. De même, a-t-on besoin d'une localisation en continu, comme cela est le cas dans les systèmes GNSS, ou peut-on se contenter d'une localisation à la demande, avec un délai court ? En réalité, tout est ouvert, mais selon les technologies employées et les usages souhaités, il faut savoir faire des choix.

Mais voyons tout d'abord comment deux GNSS actuels peuvent répondre à cette demande croissante de localisation.

Deux GNSS aujourd'hui et demain : GPS et Galileo

Les futurs GNSS seront caractérisés par une multiplication des signaux transmis par les satellites, une multiplication du nombre des satellites, ainsi qu'une multiplication des bandes de fréquence et de la largeur de ces bandes. De plus, les niveaux de puissance seront légèrement augmentés, de quelques dB, en même temps que les modulations et codages utilisés permettront d'améliorer sensiblement les performances globales. Cependant, toutes ces améliorations restent insuffisantes pour résoudre les difficultés énoncées de couverture et de disponibilité dans des environnements typiques des nouvelles applications. En particulier, ceci ne permettra pas de fournir la continuité du service de positionnement dans des conditions acceptables pour un utilisateur en intérieur.

GPS

Le système américain est entré dans une phase de modernisation qui a commencé le 26

septembre 2005 avec le lancement d'une nouvelle génération de 12 satellites prévus. Cette constellation est caractérisée par un nouveau signal *civil C/A code* sur L2, et un M-code sur L1 et L2 pour les besoins des militaires. La présence d'une seconde fréquence civile améliore le service quand les effets de propagation sont sensibles, et l'arrivée du M-Code a ouvert une nouvelle approche : nous sommes passés de la «disponibilité sélective» au «déli sélectif», un mouvement rendu nécessaire par l'arrivée de GNSS concurrents.

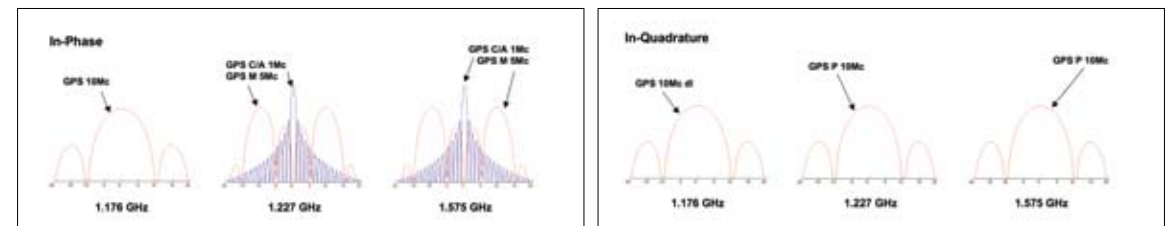
Un deuxième signal civil sur L1, L1C, est prévu pour 2012, reposant sur une meilleure modulation avec un niveau de -125.5 dBm à comparer au -128.5 dBm du signal C/A actuel. Il a également été prévu pour une meilleure interopérabilité avec les signaux L1 de Galileo.

À ces nouveaux signaux on doit ajouter un troisième signal civil dans la bande des 1176 MHz, pour les besoins de l'aviation civile, à partir de 2008.

	Récepteurs grand public	Récepteurs professionnels
Horizontal (m)	2.5	0.5
Vertical (m)	4.5	1.1
Temps (ns)	5.7	1.3

Tableau 2 : amélioration des performances du GPS (horizon du GPS III, premiers lancements en 2012).

Figure 1 : bandes de fréquence et forme des signaux GPS. dl : dataless. Mc : mega chips.



Galileo

Galileo, le GNSS européen, est un système qui repose sur un jeu de trois fréquences. Il sera disponible en 2012/2013. Monté et cofinancé par l'Union Européenne et par l'Agence Spatiale Européenne, il a été d'emblée conçu en terme de marchés adressés et de revenus espérés. Il a été d'abord pensé en terme de services, puis la forme des signaux requis a ensuite été choisie. Du reste, ces services sont portés par une combinaison subtile des signaux et bandes disponibles. Mais il peut y avoir loin des objectifs décrits à la réalisation effective. Il en est ainsi d'une des pièces censée apporter une solution aux limites du GPS en couverture intérieure : le chapitre *local elements* du programme Galileo n'est pas encore complètement bouclé.

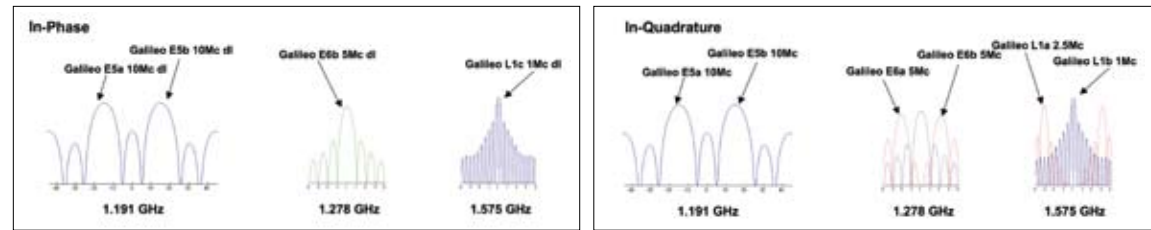
Cinq services composent l'offre Galileo :

- **Open Service (OS)** : prévu pour les marchés grand public, il repose sur des signaux ouverts et une utilisation gratuite, comme pour GPS ou GLONASS

- **Safety of Life Service (SoL)** : complète l'OS avec des données d'intégrité. Le domaine d'application visé est, entre autres, celui des transports
- **Commercial Service (CS)** : avec deux signaux supplémentaires, il permet une réception plus rapide des données et une précision accrue. Il fournit également des services à valeur ajoutée payants
- **Public Regulated Service (PRS)** : dédié aux services publics comme la police ou les douanes
- **Search and Rescue Service (SAR)** : est la contribution de Galileo au système de recherche et de sauvetage international COSPAS-SARSAT

Un premier satellite expérimental, *GIOVE-A*, a été lancé le 28 décembre 2005, suivi d'un second, *GIOVE-B*, le 27 avril 2008. Ces deux satellites servent de démonstrateurs et permettent de valider les signaux et les modulations, d'ici le lancement effectif de la constellation à partir de 2009/2010.

Figure 2 : les 3 bandes de fréquence de Galileo, entre 1.164 GHz et 1.591 GHz, deux bandes étant partagées avec GPS (L1 et E5a).



On le voit, aussi bien GPS que le futur Galileo sont engagés dans une voie de modernisation des GNSS, mais tout ne se joue pas à hauteur des satellites pour améliorer les services de

localisation. Les enjeux sont aussi la réduction de la complexité du terminal, la réduction de la consommation, ou encore la continuité de service entre extérieur et intérieur.

Piste 1 : améliorer les performances : HS-GNSS, A-GNSS et E-GNSS

L'intervalle de temps initial pour accrocher un premier satellite GNSS est d'autant plus long [cf. encart "fondements technologiques des GNSS" page 4] que le niveau du signal est faible, ce qui est le cas en intérieur. L'HS-GNSS, *High Sensitivity GNSS*, cherche à améliorer la reconnaissance de ces signaux faibles. Trois méthodes ont été explorées.

La première consistait à trouver directement la fréquence du signal recherché à l'aide de systèmes électroniques complexes. Malheureusement, cela signifie aussi des circuits consommant beaucoup d'énergie, et cette piste a été écartée.

La deuxième propose une architecture parallèle, avec un grand nombre de circuits élémentaires explorant en même temps l'espace fréquentiel. Un calcul rapide montre que l'espace de recherche est de l'ordre du million de possibilités soit un million de chaînes de traitement parallèles pour pouvoir trouver la solution en un temps d'horloge. Certains produits HS-GNSS actuels sont composés de 200 000 corrélateurs en parallèle.

La troisième voie est fondée sur des calculs d'intégration d'énergie. Cette intégration peut être cohérente ou non-cohérente, cette seconde possibilité étant moins efficace pour

une durée donnée. Dans le cas de signaux GPS, l'intégration cohérente est limitée à 20ms. Galileo permet de faire des intégrations cohérentes de plus longue durée grâce aux *pilot tones* qui sont des signaux ne contenant pas de données de navigation.

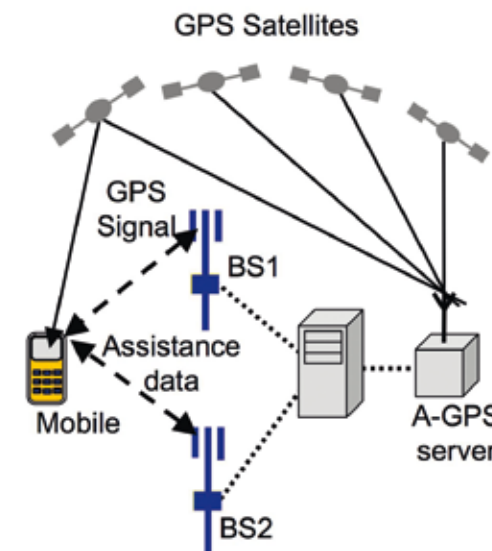
L'avantage principal de l'approche HS-GNSS est qu'il n'est nul besoin d'intervenir sur l'infrastructure actuelle des GNSS. Mais si les performances sont effectivement améliorées, les cas de mauvaise détection du signal, et donc de positionnement hasardeux, restent fréquents, surtout en présence de signaux très faibles.

L'approche suivante, *A-GNSS, Assisted GNSS*, fait intervenir de nouveaux éléments dans l'infrastructure globale (voir figure 3). Le récepteur GPS est relié au réseau mobile, et reçoit de ce dernier des informations sur la constellation, reçues dans de bonnes conditions au niveau d'une station de base du réseau mobile. L'idée est de réduire le *Time To First Fix*, ce qui est l'une des principales préoccupations dans le cadre de services géolocalisés qui doivent être rapidement disponibles. Une infrastructure l'A-GNSS peut également suggérer au mobile (qui doit pouvoir interpréter ces informations) quels satellites observer en premier.

Cette approche nécessite à la fois que les stations de base et les mobiles récepteurs soient compatibles A-GNSS. Les États-Unis ont ici une longueur d'avance, à la fois côté technologie et marché.

Une troisième approche appelée *Enhanced GNSS, E-GNSS*, et fondée sur la mise en œuvre de la technique du *Time Difference of Arrival (TDOA)* dans les réseaux mobiles, a été proposée par la société *Cambridge Positioning System, CPS* (depuis rachetée par la société *CSR*). Elle fait partie des solutions dites hybrides, utilisant à la fois les signaux GNSS et ceux de réseaux terrestres. Quand le signal GNSS est de mauvaise qualité ou non disponible, les calculs de positionnement via le TDOA prennent le relais.

Figure 3 : architecture de l'Assisted GNSS (BS : base station).



Piste 2 : l'apport d'autres technologies

Dans cette optique de solutions hybrides, de nombreux autres dispositifs techniques peuvent être utilisés en complément des GNSS : les réseaux de senseurs (infrarouges, ultrasons, capteurs de pression), les réseaux mobiles que nous venons de voir, des capteurs supplémentaires comme des accéléromètres, magnétomètres, gyroscopes, les réseaux PAN et WLAN (bluetooth, Wi-Fi, UWB...), voire même des technologies de type GNSS comme les *pseudolites* et les *répéteurs*.

Pour mesurer l'intérêt de telle ou telle hybridation, il faut tout d'abord considérer les différentes variables d'une fonction de localisation : sa disponibilité, son niveau de précision, son coût (en complexité électronique et en énergie), les

besoins qui en découlent, différents en extérieur ou en intérieur, ses sous-fonctions possibles, comme l'aide à la navigation, ses contraintes, comme la continuité de service entre extérieur et intérieur...

Le schéma page 12 montre qu'à une multitude de cas d'usages - mixant utilité du positionnement et niveau de précision exigé - se superpose un grand nombre de solutions techniques. Et les besoins peuvent être encore plus fins que le simple positionnement, si l'on considère par exemple le cas d'une visite guidée dans un musée qui implique que l'utilisateur et son terminal se tournent aussi dans la bonne direction pour recevoir le commentaire sur la bonne statue !

Tableau 3 : précision offerte par les technologies utilisées pour le positionnement.

TECHNIQUES	INTÉRIEUR	EXTÉRIEUR
Réseaux de Capteurs	1 cm à 5 m	Non Adapté
RFID	< 1 m	< 1 m
WLAN	Quelques m	Non adapté
UWB	Environ 10 cm	Non adapté
Cell-Id	500 m à 10 km	100 m à 10 km
E-OTD (2G) / TDOA (3G)	>> 200 m	< 100 m
GNSS	Non disponible	Environ 5 m
A-GNSS	10 m à Non disponible	Environ 5 m
Pseudolites	Environ 10 cm	Environ 5 m
Répéteurs	Environ 1 à 2 m	Environ 5 m
Inertiel	< 1 m (si recalage)	< 1 m (si recalage)

Le tableau 3 liste les différentes technologies de positionnement disponibles en intérieur et en extérieur. Leur degré de précision est également lié à leur portée. Si dans le cas des GNSS la précision est inférieure à 5m partout où le signal est disponible, la précision de moins d'un mètre permise par les RFID ou les réseaux de capteurs l'est parce que la portée de ce signal est du même ordre de grandeur, et un grand nombre d'émetteurs RFID est donc nécessaire quand cette technologie est employée.

Aucune des techniques TDOA, E-TDOA ou même AOA, n'a été réellement implémentée à grande échelle dans les réseaux mobiles. Seule le Cell-ID (et de façon confidentielle le TDOA dans le cadre des E-GNSS) a fait l'objet d'un développement commercial.

Les *pseudolites* (pseudo-satellites) et *répéteurs* sont des équipements qui ne sont pas des satellites, se trouvent au niveau du sol ou à des altitudes basses, et se comportent comme

les satellites en relayant, répétant ou diffusant leurs signaux.

Le positionnement inertiel consiste à calculer en continu le déplacement du mobile grâce à son accéléromètre embarqué, à partir de positions intermédiaires obtenues via les autres techniques de localisation quand elles sont disponibles. Il est également possible de prendre en compte l'orientation du mobile dans les 3 dimensions.

À ces techniques reposant sur du matériel, ajoutons enfin deux applications récentes de la réalité augmentée : la première fait usage des images filmées par le mobile pour reconnaître l'environnement de l'utilisateur et le positionner, ce qui implique des bases de données et des algorithmes de reconnaissance des bâtiments plutôt impressionnants ; la deuxième repose sur des codes barres contenant l'information de localisation et scannés par l'utilisateur à la volée.

Finalement, quelles alternatives pour quelles solutions ?

Il est légitime de se poser la question de l'intérêt de la localisation en intérieur, ainsi que du besoin en précision dans un tel milieu, et pour quelles applications. Le constat technique est le suivant : il existe une solution de positionnement de précision (quelques mètres), qui ne fonctionne qu'à l'extérieur, et une autre, peu précise, qui fonctionne partout où le réseau mobile est disponible. Les applications grand public qui pourraient tirer profit d'une bonne précision en intérieur sont actuellement la navigation et les services d'urgence. Existe-t-il une solution optimale ? L'ingénieur dispose de nombreux choix et doit effectuer des arbitrages :

- le dispositif donnant le positionnement : codes barres, détecteurs magnétiques, reconnaissance d'images, infrarouges, ultrasons ou systèmes radio
- dans ce dernier cas, les techniques utilisées : direction d'arrivée, temps de parcours, niveaux de puissance reçus
- les cibles des applications : allant du monde des transports à celui du tourisme, en passant par la sécurité civile ou par l'assistance à des personnes présentant un risque médical
- sans oublier que les choix pertinents peuvent être différents en fonction des utilisateurs concernés : un voyageur en quête de son avion n'a pas les mêmes besoins que l'agent de sécurité qui surveille l'aéroport

À ces éléments, l'ingénieur doit également ajouter les considérations suivantes :

- la couverture du dispositif peut être globale ou locale. Elle est globale dans le cas du GNSS et du GSM, et améliorer ne serait-ce qu'un peu les performances de ces systèmes en intérieur est une solution attractive du point de vue coûts. Les approches inertielles sont également globales au sens où elles ne nécessitent aucun émetteur supplémentaire. Les infrarouges, ultrasons et UWB sont en revanche des approches locales, nécessitant des déploiements importants de composants, certes peu chers en comparaison. Les pseudolites et répéteurs, qui reprennent un signal global, offrent également une couverture locale. Enfin, des réseaux comme les WLAN, amenés à se répandre de plus en plus, ont une couverture glocale : à portée locale, ils sont globalement présents dans tous les bâtiments.
- l'infrastructure utilisée peut être déjà présente ou à construire. Les solutions faisant appel à HS-GNSS, au GSM voire au WLAN utilisent des infrastructures existantes (au bémol près que pour atteindre les précisions souhaitées, il faut dans le cas WLAN une infrastructure plus étoffée). Toutes les autres sont à construire, en retenant si possible la plus légère, soit en terme de coût, soit en terme de facilité de déploiement.

Tableau 4 : atouts des différentes technologies de positionnement aujourd'hui.

	Pos	Préc	Disp	Infra	Ter	Σ
Réseaux de capteurs	R	+++	++	---	+	+3
WLAN	A	+	++	--	+	+2
Réseaux mobiles	A	--	+	++	+	+3
Navigation par satellites	A	++	+	++	++	+7
Systèmes inertiels	R	+	++	+++	-	+5
	R	+	+++	+++	-	+6

Le tableau 4 résume les alternatives qui se posent. Pour chaque technologie, la ligne supérieure représente les performances en intérieur, et la ligne inférieure celles en extérieur. La colonne Position indique si cette dernière est donnée de manière Absolue ou Relative. Viennent ensuite les caractéristiques de précision, de disponibilité des signaux, de complexité des infrastructures requises, et de complexité des terminaux. À chaque cellule est associée une note, correspondant à l'état des lieux aujourd'hui, la dernière colonne permettant de trier les technologies en sommant leurs atouts. Ce type de tableau évoluera avec le temps.

Dans le schéma central de ce cahier page 12, nous proposons également un autre point

de vue éclairant les choix du concepteur de services de géolocalisation. Un fond de carte présente des usages de tous types, en intérieur comme en extérieur, dans des contextes impliquant la sphère privée ou professionnelle, et dans des situations où le souci de confort, le besoin d'assistance, ou l'exigence d'urgence sont requis. On voit que selon les situations et l'environnement, le degré de précision demandé et l'importance de la disponibilité de la localisation varient fortement. À ce schéma de fond on peut superposer les technologies listées ci-dessus, les services aujourd'hui disponibles et ceux à venir, et surtout les applications qui profiteront d'une optimisation conjointe des aspects positionnement et télécommunications.

Vers une convergence entre deux mondes : positionnement & télécoms

Tout au long de ces lignes nous avons vu peu à peu que les deux domaines du positionnement et des télécommunications étaient finalement très liés. Ils le sont parce que le terminal principal qui propose aujourd'hui les services de géolocalisation est le mobile. Ils le sont aussi parce que les composants électroniques GPS sont de moins en moins chers à intégrer, que les cartographies numériques se banalisent, et que les usages de la géolocalisation se démocratisent. Ils le seront de plus en plus parce que chacun des deux domaines peut apporter des solutions aux problématiques de l'autre. Des réseaux de capteurs sans-fil aux services géolocalisés, en passant par les RFID, les WLAN et le cas particulier des piétons, petite revue des points de convergence entre positionnement et télécoms.

Réseaux de capteurs sans fil

Le sujet actuellement le plus proche des deux domaines est certainement celui relatif à la localisation dans les réseaux de capteurs (WSN). Les approches théoriques qui y sont développées sont tout à fait intéressantes car inhabituelles par rapport à ce qui se fait en positionnement classique. Le faible coût des composants permet littéralement de les semer dans un espace donné, et même si chacun d'entre eux pris isolément diffusait sa position avec une faible précision, des algorithmes astucieux au niveau du terminal utilisateur pourraient profiter de la masse d'informations en provenance de ces capteurs. Ajoutons également que l'autonomie de ces capteurs, et les processus d'auto-reconfiguration des réseaux ainsi construits permettent une relative robustesse des services de positionnement proposés.

Le rapprochement ainsi réalisé peut être considéré comme une première brique.

Réseaux de communication sans fil

L'utilisation des WLAN pour le positionnement constitue aussi un lien avec les télécommunications. Il en va de même de toutes les techniques de positionnement utilisant les étiquettes électroniques (RFID), passives ou actives. Les systèmes de positionnement utilisant les WLAN réclament un nombre important de stations de base pour fournir une précision de bonne qualité. Ceci les différencie assez nettement des réseaux de télécommunication. Cependant, sous réserve de pouvoir définir la zone dans laquelle le terminal se trouve de façon fiable, la précision nécessaire n'est de quelques mètres que dans de rares cas.

Certains systèmes mettent en œuvre une approche dite « symbolique ». Le positionnement est alors donné en termes de pièce(s) ou de couloir(s), et plus sous la forme de coordonnées géographiques. Le principal objectif de cette méthode est de pouvoir se débarrasser de contraintes d'implantation et de calibration des systèmes de positionnement WLAN actuels. Il est en effet nécessaire, dans la grande majorité des solutions proposées, d'avoir recours à une phase de calibration et d'enregistrement de données afin de créer des bases de données qui serviront soit de bases de comparaison, soit de points de départ à des modélisations de la propagation en intérieur. L'approche symbolique n'a pas besoin de ces phases d'initialisation.

Le cas des piétons

Les nouvelles cibles des systèmes de positionnement qui, comme nous l'avons déjà mentionné, s'invitent dans les téléphones portables, sont maintenant les biens, les objets et bien sûr les individus. Le cas du piéton est alors très difficile pour les divers systèmes de positionnement, mais également pour tous les éléments constitutifs d'un système complet de navigation. Parmi ces éléments, il est important de citer la représentation graphique et l'interface homme machine. Pour le premier, tout reste à faire côté cartographie : les grandes sociétés comme NavTeq ou TeleAtlas n'en sont qu'aux toutes premières réflexions sur le sujet. Pour le second, c'est un nouveau point de convergence avec les télécommunications qui, depuis plusieurs années, cherchent à inventer de nouvelles interfaces, plus intuitives et adaptatives.

Les services géolocalisés

Les diverses études menées, en particulier dans le cadre de Galileo, mettent en avant deux domaines principaux : les transports et les « LBS ». Les usages ainsi que les contextes d'emploi de la fonction « localisation » sont cependant très différents dans les deux cas. S'il s'agit principalement d'une fonction de guidage et de navigation dans le monde de l'automobile, réclamant une précision de localisation de quelques mètres, la majorité des applications envisagées dans les LBS (recherche d'un point d'intérêt local, retrouver un ami, jouer de façon géolocalisée, etc.) ne réclame qu'une localisation beaucoup plus « lâche » [parfois jusqu'à quelques centaines de mètres].

Par exemple, tous les opérateurs français proposent des services fondés sur la localisation,

et utilisent pour cela l'identification de cellule (le « Cell-Id » implémenté dans les réseaux mobiles). Cette technique n'autorise pas la navigation : les services proposés dans ce sens ont recours à un système de navigation par satellite.

Un des résultats du projet européen AGILE (*Application of Galileo In the LBS Environment*)

– <http://www.galileo-in-lbs.com/>) est représenté dans la figure ci-dessous. Il apparaît clairement que plus de la moitié des applications réclameraient la disponibilité d'un positionnement en zones de non couverture des GNSS.

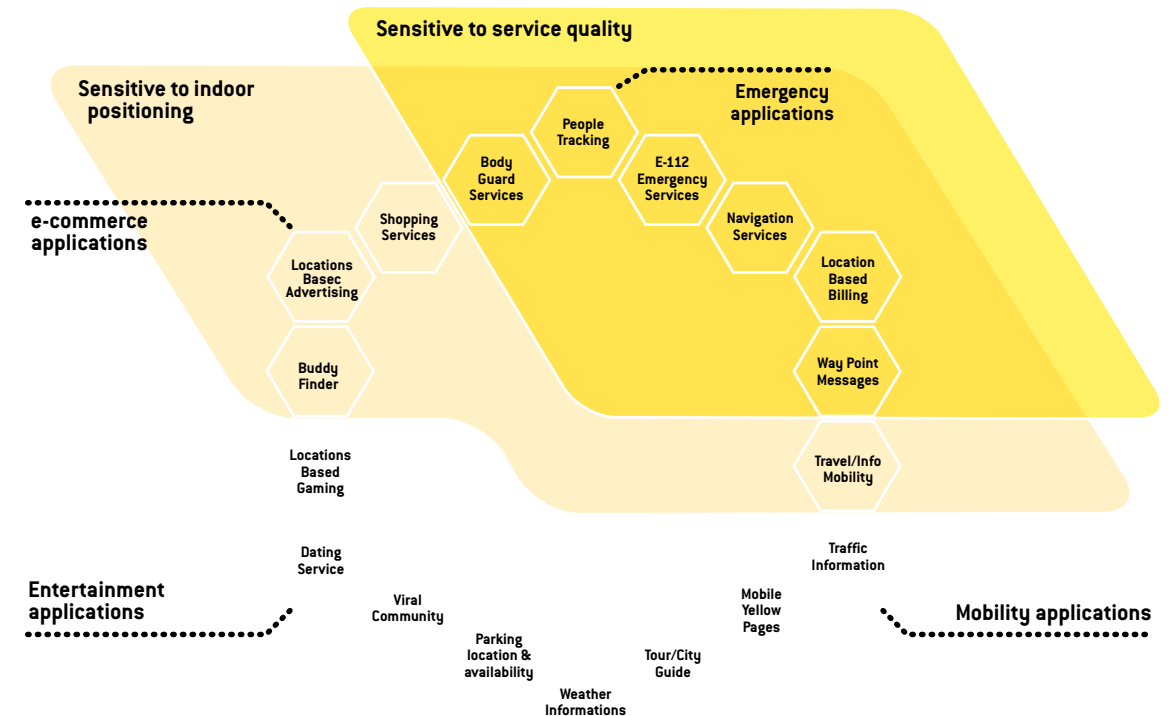
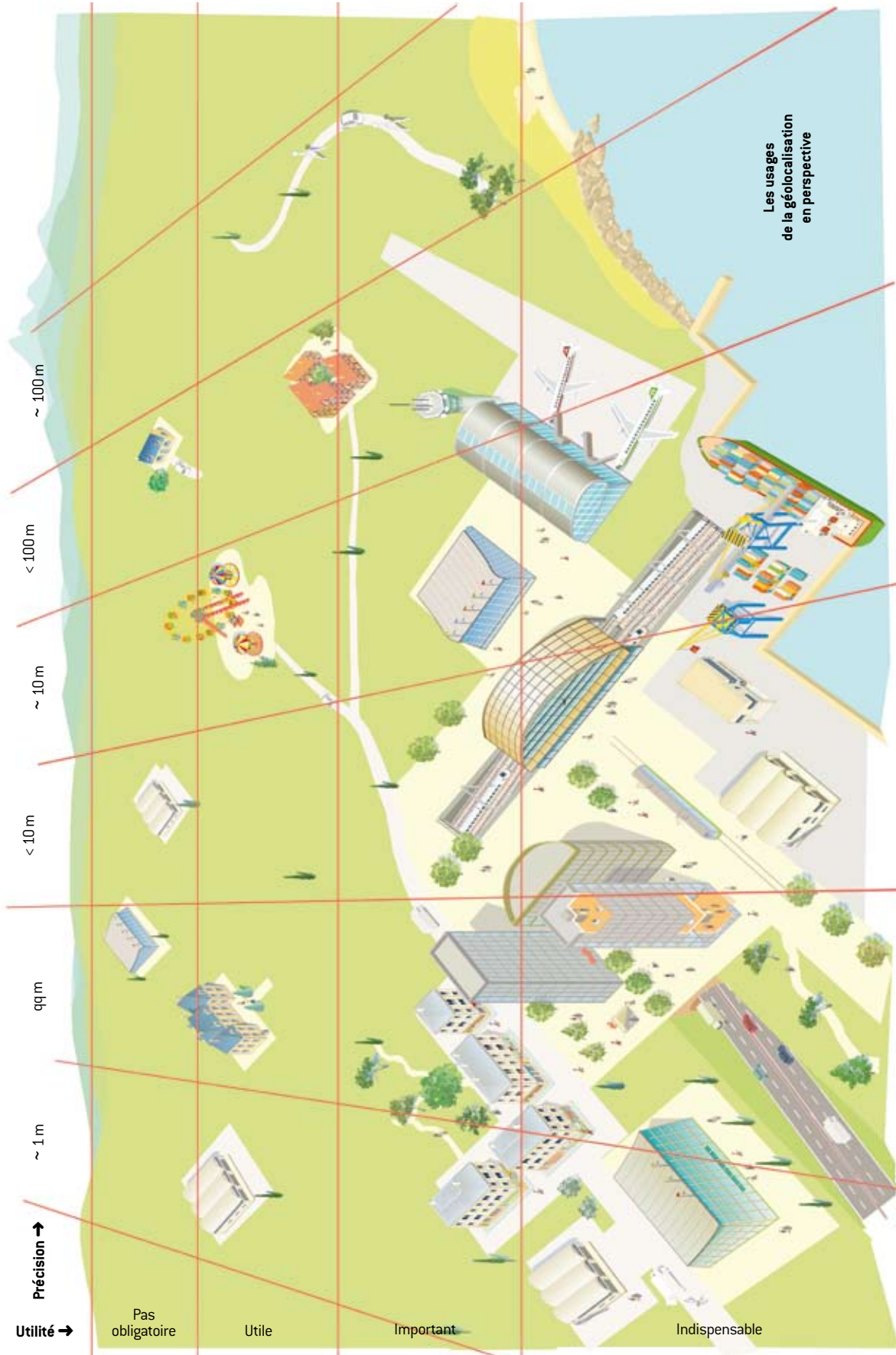


Figure 4 : les services géolocalisés dans le cas de Galileo. Projet européen AGILE

De même, les notions de qualité de service ont été mises en avant. Les « plates-formes » visées sont également aussi variées que l'automobile, le train, l'individu et son téléphone mobile ou encore l'animal ou les biens. Enfin, la notion de continuité du service de localisa-

tion est fondamentale : peut-on déployer des systèmes différents, ayant la même fonctionnalité, et présentant des performances très différentes suivant les conditions d'environnement ?



Contexte socio-économique et environnemental

Le positionnement : un besoin individuel et universel

Une formule célèbre prétend que toute nouvelle technologie doit comporter une part de magie pour connaître un large succès. Le positionnement individuel en est un exemple frappant, comme le montre le succès foudroyant des GPS portables pour voitures et la fascination qu'exercent les tous premiers téléphones mobiles équipés de GPS.

Cet engouement correspond à des besoins, anciens, qui s'amplifient du fait des contraintes de notre société, et trouvent avec les technologies de positionnement individuel une réponse satisfaisante.

Un individu...

Dans notre société actuelle, chaque individu qui peut se le permettre est attentif à :

- **son temps** : il est de plus en plus rare ; on veut perdre le moins de temps possible à chercher un lieu, une personne et à se diriger, que ce soit en voiture ou à pied
- **sa sécurité** : la demande sécuritaire va croissante. Pouvoir se localiser ou localiser ses proches en toutes circonstances et pouvoir communiquer sa position réduit l'incertitude
- **ses loisirs** : les nouvelles générations sont celles des jeux vidéo, du portable et du surf sur internet. Elles ont adopté ces usages comme d'autres ont fixés autrefois une montre à leur poignet
- **son confort** : en minimisant l'effort de recherche
- **sa liberté et sa mobilité** : l'incroyable sensation de maîtrise que de pouvoir trouver presque tout ce que l'on cherche en quelques clics

...influencé par l'évolution de la société et notamment les contraintes environnementales...

L'évolution récente des prix de l'énergie combinée aux contraintes environnementales croissantes vont amener des changements profonds dans l'organisation de la société et des modes de vies. De nouvelles pratiques dans le travail, les loisirs, la vie sociale vont se développer. La bonne gestion de la mobilité prendra une importance capitale. Elle devra être optimisée, devenir multimodale, partagée, coordonnée.

La directive 2002/58/CE «Vie privée et communications électroniques» s'applique dans les 27 États membres de l'Union européenne. Comme le souligne Claire Levallois-Barth de TELECOM ParisTech, elle régit les données de trafic et les données de localisation, et a été transposée dans chaque État membre, et plus spécifiquement en France dans le code des Postes et Communications électroniques. De manière schématique, il faut retenir que les données doivent être anonymisées ou détruites après la fourniture de la communication. Si tel n'est pas le cas, il faut le consentement de l'utilisateur ou de l'abonné. De plus, la directive européenne 95/46/CE régit la collecte et le traitement des données personnelles. Si un service de géolocalisation collecte de telles données, la directive s'applique. En France, cette directive a été transposée par la loi Informatique et Libertés. Qu'il s'agisse de la réglementation spécifique issue du code des postes et communications électroniques ou de la loi Informatique et Libertés, la CNIL est compétente.

La sécurité est devenue un sujet prioritaire à l'échelle de la société. Les aléas provenant d'événements non contrôlés sont de moins en moins bien acceptés. Les drames de la vie ne sont plus mis sur le compte de la fatalité et de la malchance comme autrefois ; c'est la société qui est directement mise en cause. On attend de l'autorité publique qu'elle prenne les mesures qui s'imposent et conçoive les politiques et les systèmes qui permettent de palier non seulement aux impondérables, mais également aux errements des individus, et ce quel qu'en soit le coût.

Les technologies de positionnement et de télécommunication ont un rôle à jouer dans l'élaboration de solutions répondant à ces enjeux.

...vigilant sur l'atteinte à ses libertés...

Les agences gouvernementales sont particulièrement vigilantes, en Europe continentale, sur le sujet de la protection des données privées qui, entre autre, incluent les informations de localisation. Tout système de remontée de positions géographiques d'une personne ou d'un véhicule doit faire l'objet d'une étude préalable et recevoir l'agrément de l'autorité compétente. En France la CNIL a déjà statué sur des projets de gestion de flotte et d'assurance et a accepté certains d'entre eux pour peu qu'ils respectent les principes suivants :

- les données récoltées sont utilisées aux seules fins de fonctionnement du service pour lequel elles sont destinées,
- les échanges de données à caractère privé et confidentiel sont limités au strict minimum nécessaire au bon fonctionnement du service,
- l'utilisateur, notamment privé, est informé de l'utilisation des données de positionnement et a donné son accord préalable,
- les données personnelles sont stockées pour une durée limitée.

Les nombreux systèmes déjà en fonctionnement en Europe montrent qu'il n'y pas d'incompatibilité, moyennant une étude préalable et quelques aménagements le plus souvent sans conséquence sur la qualité et les performances, entre des services fondés sur des technologies de positionnement et le respect de l'intimité des utilisateurs.

Quelques exemples d'usage en Europe aujourd'hui : gestion de flotte de véhicules, information de trafic routier à partir des informations des véhicules (GPS ou téléphone mobile), détection d'erreurs cartographiques à partir d'enregistrements de trajets dans les systèmes de navigation portables (PND), système de péage routier utilisant les technologies GPS/GPRS en Allemagne et bientôt aux Pays-Bas.

...exprime une large palette de besoins

- **privés**, qui relèvent de la sphère de consommation de chaque individu. L'individu a besoin de se situer dans son environnement, ou de situer des personnes, des biens ou des services par rapport à lui. On touche ici à un besoin de confort, de sécurité et de productivité personnelle ;
- **professionnels**, qui sont en relation directe avec l'activité économique. Ils sont d'ordre organisationnel, - optimisation de la produc-

tivité, de la qualité et de la sécurité de processus de production de biens et de services, - ou concernent la gestion d'actifs pour en tirer le meilleur rendement financier ou en assurer la sécurité ;

- **publics et « sociétaux »**, qui correspondent aux enjeux de mobilité et de sécurisation des personnes et des biens auxquels la société doit faire face. Il s'agit de gérer et d'optimiser des systèmes de transport, d'infrastructure, d'information à l'échelle de la communauté.

Le marché du positionnement et son organisation

Il est courant pour un nouveau produit électronique grand public de subir une période de probation de 4-5 ans avant, soit de connaître un véritable succès auprès du grand public, soit de disparaître purement et simplement. Cette loi s'est parfaitement appliquée à des produits comme le CD audio, le DVD, les ca-

méscopes numériques. Plus récemment les GPS portables, introduits en 2003, ont mis à peine plus de 3 ans pour prendre leur envol, les consommateurs étant déjà familiarisés avec les systèmes de navigation embarqués dans les véhicules introduits 10 ans plus tôt.

Projections de marché en volume

Compte tenu de la familiarité de la plupart des consommateurs avec la cartographie sur Internet (Google Map), le GPS dans la voiture et les communications mobiles, l'acceptation par le grand public d'outils de positionnement personnel et notamment de téléphones équipés de GPS et de cartographie devrait être rapide. Les premiers produits, disponibles depuis début 2007, sont situés dans le haut de gamme du marché ; les constructeurs prévoient cependant un déploiement rapide sur tous les segments dans les prochains 24 mois. Nokia a déjà annoncé que d'ici 2010-12, plus de 50% de leurs téléphones vendus dans le monde seront équipés de GPS.

Figure 5 : production globale de mobiles équipés de GPS – Source : iSuppli, oct. 2007

Tableau 5 : production annuelle de mobiles 3G équipés de GPS – Source : Berg Insight 2007

Million units	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Europe						
GPS Handset	5	22	65	156	170	190
Share of total	2 %	8 %	23 %	65 %	58 %	63 %
North America						
GPS Handset	3	9	25	45	60	70
Share of total	4 %	12 %	32 %	57 %	75 %	88 %

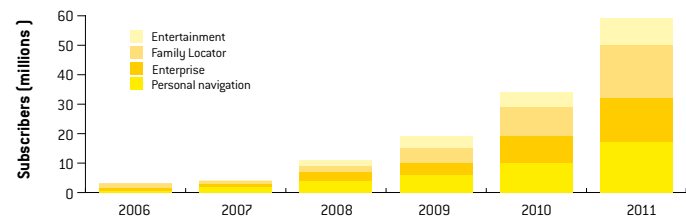
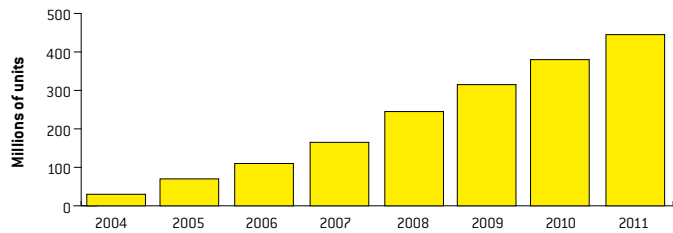


Figure 6 : nombre de souscripteurs aux services LBS, par catégories, en Europe Occidentale. Source : ABI Research 2007

Figure 7 : plate-forme de services de positionnement

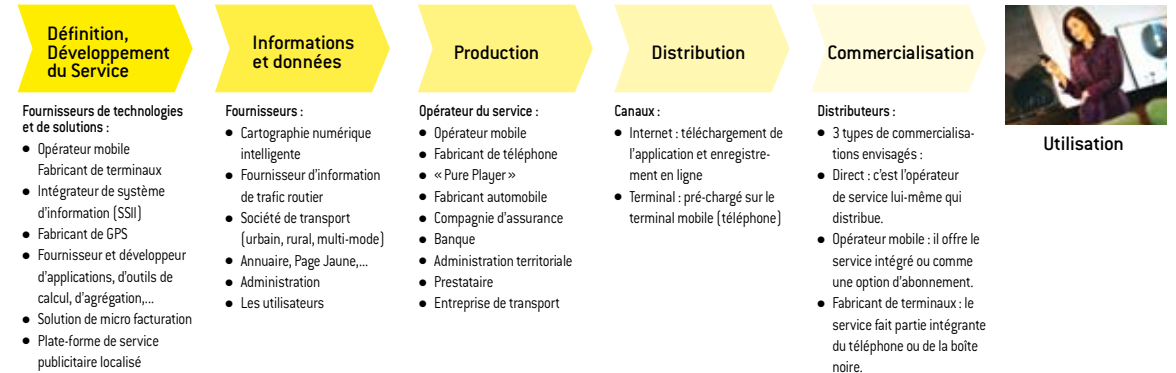
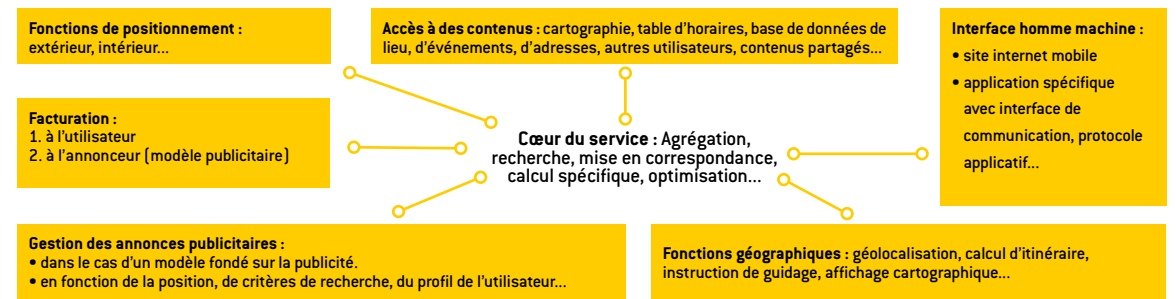


Figure 8 : un modèle de chaîne de valeur du positionnement.

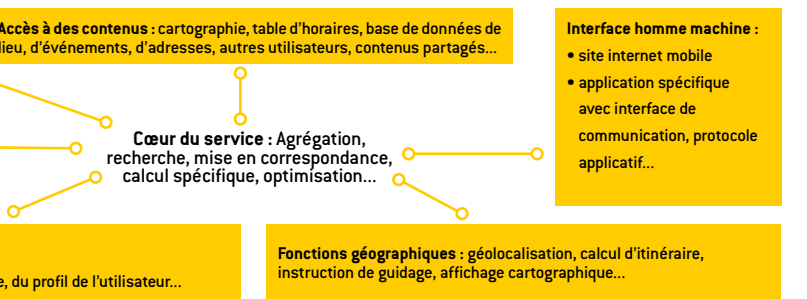
Modèle fonctionnel

Aux besoins exprimés plus haut répondent des applications offertes par des fournisseurs de services et des opérateurs. Ces applications mixant positionnement et communication mobilisent des données relatives à un environnement physique localisé. S'ajoute bien entendu une thématique spécifique à la nature du service. Le diagramme ci-dessous représente une tentative de modélisation fonctionnelle d'un service géolocalisé.

Même partiel, ce modèle permet d'identifier et de visualiser les ressources et les tech-

nologies nécessaires au développement de services géolocalisés qui constitue une partie essentielle de leur valeur. Il s'intègre dans la chaîne de valeur comme la première étape de création du service.

Il n'est pas possible de synthétiser une chaîne de valeur représentant toutes les applications géolocalisées, le découpage propre de la valeur entre les participants dépendant en effet du type de service qui est adressé. Le schéma ci-dessous donne cependant un cadre général.



Modèles économiques

Différents modèles économiques peuvent s'appliquer et sont dans certains cas déjà utilisés ou en cours d'expérimentation :

- **licence attachée à la durée de vie du terminal** : c'est le modèle utilisé pour les services d'information trafic en Europe (RDS-TMC). Son grand avantage est sa simplicité. Le coût du service est intégré dans celui du terminal ; il ne nécessite aucun enregistrement préalable et permet de commercialiser le service sans effort supplémentaire. Ce

modèle s'applique tout particulièrement au service très grand public ou dans le cas de réseaux de commercialisation mal adaptés à la vente par abonnement (ex : concession automobile). Il implique en revanche une structure de coût fixe dans le temps ou la possibilité de lisser les coûts variables sur une durée estimée d'utilisation moyenne, sans prendre trop de risque.

- **licence limitée dans le temps** : variante du précédent, ce modèle garde la même simplicité de commercialisation mais offre plus de flexibilité dans l'équilibre entre la structure

de coût et l'offre de prix. Ce modèle est utilisé par les systèmes de navigation portable pour l'information trafic ou la mise à jour des radars routiers. À l'issue de la période prépayée (1 à 3 ans), l'utilisateur doit de nouveau souscrire pour une autre période, le plus souvent par Internet. C'est aussi l'un des modèles les plus efficaces pour lancer un nouveau service. Les utilisateurs peuvent tester sans contrainte sur une durée limitée.

- **abonnement mensuel** : les opérateurs mobiles sont parmi les seuls à avoir pu déployer ce type de modèle. La plupart des tentatives en dehors de leur réseau de distribution, notamment dans le domaine de la télématique automobile, ont échoué. Confrontés à des services nouveaux, dont ils n'ont pas encore pu tester la pertinence sur une période suffisamment longue, les utilisateurs rechignent à s'engager.
- **paiement à l'usage** : ici le mode de calcul peut être fonction du temps, des volumes de données échangées ou simplement d'un nombre de transactions à prix unitaire fixe. C'est un des modèles les plus rassurants pour l'utilisateur à condition qu'il ait une parfaite visibilité sur les conditions tarifaires. L'utilisateur doit au préalable s'enregistrer,

ce qui peut dans certains cas présenter un frein à la commercialisation.

- **modèle publicitaire** : les expériences, tant sur Internet que sur les mobiles, montrent qu'il est très difficile voire impossible d'atteindre l'équilibre financier uniquement avec des revenus tirés de la publicité. La pub sur mobiles, limitée par la taille de leur écran, est souvent vécue comme intrusive. Or l'enjeu consiste à capter l'attention d'un consommateur, de manière positive, pendant un temps donné pour lui communiquer un message qu'il n'a pas sollicité. La publicité géolocalisée, qui interpelle le consommateur dans son contexte géographique et qui peut ainsi lui apporter une information utile, reste à explorer et pourrait constituer le véritable gisement de revenus publicitaires que beaucoup rêvent d'extraire des portables.
- **moteur de recherche** : qu'il soit Internet (Google) ou « géolocal » (Page Jaunes), ce modèle qui constitue un véritable enjeu stratégique n'est pas un modèle publicitaire au sens classique du terme. Aucune bannière n'est en effet présente sur les pages Google et peu ou prou sur celles des annuaires Pages Jaunes.

Applications émergentes

Parler d'applications potentielles comporte toujours un risque tant leurs contours peuvent être flous et n'avoir d'autre limite que celle de l'imagination. Nous passons ici en revue celles qui sont déjà sur le marché, en développement ou qui font l'objet de réflexions sérieuses. On note que les applications en intérieur restent pour la plupart à venir, mais que télécoms et positionnement sont déjà associés dans certains cas.

On distingue trois domaines principaux : les applications personnelles relevant de la sphère privée, les applications relevant de la sphère professionnelle, et celles d'utilité publique mixant souvent sphères et usagers personnels et professionnels en situation de déplacement.

Les applications personnelles

La **recherche locale** est une fonction déjà disponible avec GoogleMap pour mobile et NokiaMaps. Elle est l'application la plus utilisée sur les téléphones portables équipés de GPS. L'utilisateur, à partir de la position détectée sur son mobile, peut rechercher un lieu ou un **point d'intérêt** (banque, restaurant...) dans un périmètre proche. **Introduction : faite / Banalisation : 2 ans.**

La **localisation sur une carte** est l'application de base que l'on retrouve sur tous les téléphones équipés de GPS, y compris les assistants de poche type BlackBerry. Lorsque le GPS n'est pas disponible, les coordonnées de la station de base du réseau mobile sont utilisées, permettant d'obtenir une position approxi-

mative à l'intérieur d'un bâtiment (aérogares, halls d'exposition, bâtiments complexes, centres de conférences, musées, hôpitaux, parcs d'attraction, centres commerciaux...). **En extérieur : Introduction : faite / Banalisation : 2 ans. En intérieur : Introduction : 3 ans / Banalisation : 6 ans.**

Les systèmes de **navigation routière** portables évoluent vers des **systèmes connectés**, équipés de module GPRS afin d'étendre le champ de fonctionnalités à des services tels que l'information trafic en temps réel, la recherche de points d'intérêt, l'appel d'urgence, la mise à jour de la cartographie, le téléchargement d'adresses... Le développement est prometteur sur le long terme. À court terme, le coût (10€/mois) et la nécessité de souscrire à un abonnement qui complique le processus de vente, freinent son essor. Les acheteurs potentiels souhaitent en effet une solution où tout est compris dans le prix d'achat. Plusieurs fabricants connus (TomTom, Garmin, Navigon) lancent actuellement de nouveaux **PND** connectés. **Introduction : faite / Banalisation : 5 ans.**

À l'instar de la navigation routière, le **guidage pédestre** consiste à assister l'utilisateur dans ses déplacements. Les cartographies numériques spécifiques aux piétons sont disponibles pour la plupart des grandes métropoles et continuent de s'étendre. L'étape suivante consiste à franchir la barrière des bâtiments. Les utilisateurs qui auront pris l'habitude d'être guidés dans leur voiture et à pied dans la rue, trouveront très frustrant d'être soudain démunis à l'entrée d'un parking, d'une gare, d'un hall d'aéroport ou d'exposition. **En extérieur : Introduction : faite / Banalisation : 3 ans. En intérieur : Introduction : 3 ans / Banalisation : 6 ans.**

La géolocalisation permet l'émergence de services facturés en fonction du comportement réel. Ainsi, dans le cadre de l'**assurance auto au kilomètre**, la prime d'assurance est calculée en fonction du kilométrage parcouru. Le calcul peut également prendre en compte les « bonnes pratiques de conduite » des assurés sous forme d'à bonus, et constituer une incitation à la prudence et à la responsabilité. Le système

se compose d'une boîte noire intégrant un récepteur GPS et un module de communication de type GPRS qui envoie les données à un centre de traitement. Ce modèle d'assurance a été introduit commercialement en Italie et des pilotes sont actuellement en cours d'évaluation en Grande Bretagne et en France. **Introduction : en cours / Banalisation : 3 ans.** Parmi les applications futures, **rechercher une personne** ou un groupe pour un rendez-vous dans un lieu inconnu est une variante de la recherche locale en ajoutant des points de recherche temporaires et mobiles. Les utilisateurs échangent leurs positions respectives au travers d'un protocole sécurisé après avoir accepté cet échange. Cette application peut être complémentaire avec d'autres comme le covoiturage, la surveillance... **Introduction : 2 ans / Banalisation : 3 ans.**

Développé notamment au Japon ou en Corée, le service d'**alerte de zone** destiné à la surveillance d'enfants, de personnes âgées, ou encore d'animaux domestiques, lance une alerte dès que la cible à protéger quitte un espace défini par l'utilisateur (ex : un rayon de x m autour de l'utilisateur). **Introduction : 3 ans / Banalisation : 4 ans.**

Les applications professionnelles

Il s'agit pour l'instant principalement de la **gestion de flottes**. Déjà très développée parmi les grandes entreprises de transport, l'optimisation des tournées et des déplacements de véhicules professionnels s'étend également aux plus petites structures. Les principaux facteurs sont la standardisation des technologies (GPS, GPRS, Internet, API carte) et la baisse des coûts d'équipement et de fonctionnement qui en résulte. Les acteurs du PND (TomTom, Garmin, Navigon) proposent des solutions clés en main adaptées à des flottes de quelques véhicules. **Introduction : faite / Banalisation : 5 ans.**

La **sécurisation des actifs**, ou l'utilisation de GPS et communication mobile pour le suivi de conteneurs et de marchandises, suit de près ce type d'application.

Les applications partagées

Le **péage routier au kilomètre** est déjà largement déployé en Allemagne avec le système TollCollect qui combine le positionnement par satellite et des flux de données GPRS et s'applique aux camions. La directive de la Commission Européenne sur le péage routier spécifie les technologies GNSS et GPRS comme prioritaires. Les systèmes de péage routier par positionnement satellite sont amenés à se développer dans toute l'Europe. La France doit prochainement lancer un appel d'offre pour la mise en place d'un tel système. **Introduction : faite / Banalisation : 5 ans.**

Encore un peu exotique en France, le covoiturage est un mode de transport promis sans doute à un bel avenir. Plusieurs sites Internet offrent déjà des possibilités de partage de véhicule. L'étape suivante est le covoiturage en temps réel et mobile en utilisant le téléphone portable GPS. Dans le scénario idéal, un covoiturant reçoit un message qu'une personne, située sur son itinéraire propose ou recherche un covoiturage. S'il accepte, une transaction est initiée qui sera clôturée, une fois la personne transportée, par le paiement d'une partie des frais de transport. **Introduction : 1 an / Banalisation : 3 ans.**

Autre mode de transport alternatif en vogue, les véhicules en libre service (Velib, Autolib) peuvent se localiser à l'aide d'un récepteur GPS et transmettre leur position à un centre de contrôle. Des fonctions de guidage et d'information à l'utilisateur peuvent également être ajoutées pour l'informer sur les stations les plus proches disposant d'un emplacement libre. La position permet de gérer le système sous la forme d'une flotte de véhicules, d'optimiser son fonctionnement et d'améliorer la sécurité et le confort des utilisateurs. **Introduction : faite / Banalisation : 3 ans.**

Imaginer les applications par le biais des défis technologiques

La rencontre d'Internet, du GPS et du téléphone mobile va ouvrir un nouveau champ d'applications géolocalisées d'une extrême richesse, que nous ne faisons qu'entrevoir, avec des possibilités sans aucun doute bien supérieures à celle de l'Internet fixe. Tenter de les énumérer serait vain ; nous nous trouvons dans une situation similaire à celle d'Internet à la fin des années 90, où peu de gens pouvaient prétendre imaginer les applications qui allaient en découler. On sait cependant énumérer les défis technologiques à relever : ils constituent autant d'opportunités de création d'avantages compétitifs et de valeur.

- améliorer les performances des systèmes de positionnement par satellite notamment en zone urbaine dense et avec des mouvements à vitesses pedestres

L'étape suivante est un vieux rêve de tous les spécialistes de transport : pouvoir planifier un déplacement en optimisant l'utilisation de différents moyens de transport. La principale difficulté des **transports multimodaux** consiste à disposer de la connaissance en temps réel de l'état de chaque sous-système (bus, métro, train, taxi, trafic routier, vélib...) afin d'optimiser l'usage de chacun sur un trajet particulier et surtout de pouvoir communiquer des informations fiables aux utilisateurs. Il reste beaucoup à faire dans ce domaine. **Introduction : 3 ans / Banalisation : 20 ans.**

Sur des horizons de déploiement similaires, et pouvant participer au dispositif multimodal, les **systèmes de conduite coopérative** permettent aux véhicules de communiquer avec des éléments d'infrastructure, par exemple un émetteur fixé sur un panneau et indiquant la vitesse limite, mais surtout de communiquer avec d'autres véhicules circulant dans un environnement proche. Par exemple, à l'approche d'un carrefour sans visibilité les véhicules entrent en communication, s'échangent leurs positions et informent leurs conducteurs du danger potentiel. De même, un véhicule en panne par temps de brouillard informe automatiquement les véhicules proches de sa position de son état ; les conducteurs sont avertis et anticipent le danger.

Ce concept a fait l'objet de nombreuses réflexions mais s'est heurté aux coûts élevés des technologies et à l'absence de standard. La Commission Européenne vient cependant d'allouer des fréquences spécifiques pour ce type d'application. **Introduction : 5 ans / Banalisation : 15 ans.**

D'ici là, l'appel d'urgence géolocalisé, le fameux système eCall/bCall, cher à la Commission Européenne devrait en principe équiper tous les nouveaux véhicules à partir de 2012. **Introduction : 2 ans / Banalisation : 4 ans.**

- mettre au point des technologies de positionnement en intérieur permettant d'assurer une continuité de services et d'imaginer de nouvelles applications
- créer des supports cartographiques de sites et de bâtiments intérieurs en relation avec les besoins de positionnement intérieur
- collecter, transmettre et agréger des informations temps réel provenant de divers systèmes, notamment ceux de transport. Ex : positions de véhicules de transport, horaire de train, bus, situation de trafic, groupe de personnes, etc.
- concevoir les algorithmes et modèles de représentation et de prédiction de systèmes complexes (transport multimodal)
- concevoir les plates-formes de gestion informatique d'applications géolocalisées
- concevoir les réseaux de communication participatifs véhicule / véhicule et véhicule / infrastructure

Perspectives stratégiques

Cette partie est la synthèse d'une consultation effectuée auprès des chercheurs de l'Institut Telecom

Les groupes de recherche et les industriels de la géolocalisation sont issus aujourd'hui de l'histoire de l'évolution de la navigation et du positionnement au cours des dernières décennies : génie civil, topométrie, aéronautique, traitement du signal ou géodésie. Les plus modernes se sont orientés vers la **géomatique**, regroupant les aspects positionnement, géodésie, imagerie et cartographie. Très peu prennent en compte les aspects télécommunications, notamment comme thème de recherche. Il nous est possible de créer une compétence

Les acteurs en présence

Universitaires, Institutionnels & Industriels

Dans le domaine du positionnement, des groupes importants en taille sont présents dans diverses universités prestigieuses. Sans être exhaustifs, citons :

- l'IESSG de l'University of Nottingham, UK
- le Department of Geomatic Engineering de l'University college, London, UK
- le GPS Lab de la Stanford University, California, USA
- le Laboratory of Geodetic Engineering de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse
- le Department of Telecommunications de la Norwegian University of Science and Technology
- le SNAP group de l'University of New South Wales, Sydney, Australia
- le PLAN group de l'University of Calgary, Canada

Il existe par ailleurs d'autres équipes, en Europe par exemple, de plus petite taille. C'est le cas notamment de la France (ENAC, ENPC, UMLV, ULCO, Université de Rennes, Université de Franche-Comté, etc.) ou de l'Italie avec le Politecnico di Torino et de l'Espagne avec l'Universitat Politècnica de Catalunya.

Citons également l'École Supérieure de Technologie (Canada), Konkuk University, Seoul University, Tampere University of Technology, et le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.

Parmi les institutionnels, relevons dans divers pays les acteurs suivants : INRETS, CNES, IGN, Fraunhofer, DLR (German Aerospace Center), DGA/LRBA, ESA, GSA, NLR (National Aerospace Laboratory Netherlands), ONERA, NICT.

Enfin, la liste des industriels suivants n'est certes pas exhaustive. On y trouve aussi bien des grands groupes que des PME : EADS, Thales Alenia Space, SAGEM, FT, NavTeq, Nokia, TomTom, uBlox, Septentrio, Nemerix, Nottingham Scientific, Novatel, Telecom Italia, LogicaCMG,

de pointe dans le rapprochement étroit des deux domaines des télécommunications et du positionnement. Ce rapprochement s'étendrait des services géolocalisés jusqu'à des notions avancées d'optimisation conjointe entre positionnement et télécommunications. L'institut TELECOM et la Fondation TELECOM possèdent toutes les compétences requises et pourraient se donner les moyens de se situer dans ce domaine à un niveau de tout premier rang international en quelques années. Nous pourrions être à l'origine de la **Télégéotique**...

Deimos, Pole Star, M3Systems, Silicom, BCI, Eutelsat, CLS, Chronos Technology Ltd, IFEN GmbH, Spirent Communications, Telematica e.K., Helios, Leica Geosystems AG, Galileo Services, Cambridge Silicon Radio, Sinovia, etc.

Quelques acteurs à cibler

Une première cible est bien sûr celle des **opérateurs de télécommunications** qui se trouveront être les vecteurs des applications et services. Ils sont cependant à la recherche de modèles de services qui ne mettraient pas en péril leurs réseaux en générant un trafic non gérable. De même, les performances de localisation doivent encore être analysées et il faut trouver l'adéquation entre le service, les performances, les attentes et le respect de la vie privée des clients. Sur des thèmes très ciblés des partenariats sont dès à présent possibles. Les **constructeurs de téléphones mobiles** sont également une cible de nos approches. Nokia a clairement montré la voie, mais beaucoup reste à faire. Le caractère innovant est ici primordial.

Les **transports** constituent l'une des deux premières sources de revenus identifiées par les industriels liés au programme européen Galileo. Les réflexions en cours vont bien plus loin que l'utilisation actuelle du GPS automobile pour le guidage. Dans le cadre des systèmes futurs et en accord avec les grands programmes liés à la ville et au développement durable, les acteurs du monde des transports investissent les problématiques de géopositionnement et de déplacement. Le guidage, mais également la télématique et les services aux utilisateurs ont une place de choix. Les questions relatives à la réduction de l'automobile en ville, à l'amélioration de la sécurité, à la réduction de la pollution, à l'optimisation des réseaux, au contrôle à distance et à l'assistance aux conducteurs, ou encore aux transmissions d'alerte sont abordées. Les sociétés d'autoroute, les groupes de travaux publics et divers acteurs régio-

naux sont parties prenantes. Il est également possible de citer toutes les actions en faveur des moyens de déplacement alternatifs, allant des transports publics aux actions de covoiturage en passant par des flottes de véhicules en libre service. Toutes ces actions ont là encore un point en commun : le besoin de localiser et de transmettre des données.

Par ailleurs, une nouvelle tendance se dessine dans le monde des **jeux**, incluant le positionnement des joueurs, soit de façon relative les uns par rapport aux autres, ou de façon plus globale dans leur environnement. Le **géocaching** en est une forme actuellement disponible par exemple. Dans ce cadre, les biens et

les objets font également partie des éléments à positionner.

L'Institut TELECOM n'a aujourd'hui pas d'action coordonnée, et donc visible, dans le domaine du positionnement, alors que le monde des télécommunications dans son ensemble constitue le premier débouché identifié par les diverses études réalisées en Europe et dans le Monde. De plus, la prise en compte en amont de la localisation dans les concepts télécoms est de nature à permettre un accroissement des performances ainsi qu'un positionnement original, efficace et de haut niveau de la recherche académique de l'Institut dans son cœur de métier.

Les actions à lancer

Les forces actuelles présentes à l'Institut sont sans doute suffisantes, bien que non organisées en ce sens, pour atteindre rapidement un tel but. Et l'Institut et la Fondation ont la capacité de fournir les outils performants pour adresser les problèmes d'optimisation par la géolocalisation dans les enjeux d'avenir, des problèmes de sécurité au développement responsable.

La représentation en 3 dimensions de l'environnement, sujet d'études chez Google ou à l'IGN, illustre cette capacité : le développement de techniques d'acquisition et de traitement d'images et des interfaces intuitives sont nécessaires, la prise en compte de l'utilisateur et les enjeux économiques demandent des modélisations et des études terrains avancées, le nombre potentiellement très élevé des communications doit conduire à de nouvelles stratégies, de nouveaux protocoles et peut-être de nouvelles radios.

Convergence entre positionnement et télécommunications

Les systèmes de télécommunication commencent à utiliser la perception de l'environnement, du contexte ou encore de la situation. Les modules radio sont aujourd'hui capables de fournir une quantité impressionnante d'information sur l'environnement radioélectrique, fournissant ainsi des éléments aux couches supérieures. Ainsi, les middlewares sont susceptibles de découvrir et d'optimiser les services en tenant compte du contexte ou de la situation, tout comme les couches applicatives. On citera également les aspects d'auto-adaptation des réseaux ou la possibilité de reconfigurer ces derniers. La radio cognitive en est un exemple.

Les deux domaines ont donc des intérêts communs. Ces informations d'environnement, disponibles au niveau des modules radio, sont de nature à permettre un positionnement physique ou géographique, dont la précision et la fiabilité restent à caractériser. Par ailleurs, une connaissance de la position géographique des divers acteurs du réseau est source de profit dans l'optique d'améliorer les divers protocoles en jeu (routage, hand-over...) ou encore pour l'optimisation du trafic, des flux ou de l'énergie. D'autres domaines comme la sécurité ou l'identification sont également à inclure dans la liste.

Enfin, le coût en baisse des GPS portables (moins de 5€ en marginal, intégration comprise), le développement des cartographies numériques, la couverture sans cesse grandissante des réseaux sans-fil, sont des facteurs qui rendent cette convergence tout à fait réelle.

Les deux axes de travaux à développer sont alors schématiquement les suivants :

- l'apport des télécommunications dans le positionnement, pour définir des techniques complémentaires des GNSS et les caractériser en termes de précision et de fiabilité
- l'apport du positionnement pour les télécommunications, dans toute sa diversité. Des processus s'adaptant à une large gamme de fiabilités et de précisions devront être imaginés. De plus, le positionnement devrait permettre la mise en œuvre de processus non plus réactifs à leur environnement, mais également prédictifs

Une attention spéciale doit être portée au fait que tous les positionnements ne sont pas équivalents : certains sont très fiables, mais relativement peu précis, d'autres extrêmement précis, mais présentant une disponibilité

restreinte, et d'autres encore précis et fiables, mais limités en couverture. Enfin, les niveaux d'intégrité de ces systèmes sont différents, et variables en fonction de l'environnement. Le cas ultime, tout à fait concevable, est celui dans lequel aucune information de positionnement n'est disponible. Il est primordial d'imaginer des approches auto-reconfigurables qui ont la capacité à gérer cette fantastique diversité.

Quand le positionnement aide les télécommunications

Le hand-over dans les réseaux mobiles est fondé sur l'analyse de la diminution de la qualité de la liaison avec une station de base alors qu'une autre apparaît d'un point de vue radioélectrique-, potentiellement de meilleure qualité. La disponibilité du positionnement du terminal mobile, sur une échelle globale, de même que celles des stations de base environnantes, permettraient d'optimiser le hand-over. En effet, compte-tenu par exemple de la connaissance du déplacement du mobile, la prédiction des changements de cellules pourrait être dynamique. De plus, il serait possible de déterminer l'instant idéal de la transition. Il ne s'agit pas pour autant de remplacer le mode de fonctionnement actuel, mais plutôt de l'aider et d'en permettre l'optimisation -diminution des échanges, amélioration de la synchronisation, réduction de la consommation d'énergie, etc.

Cette découverte de l'environnement radioélectrique est également utilisée dans le routage, notamment des réseaux ad-hoc. De nombreux travaux ont été publiés sur les routages géographiques, et notamment de nouveaux algorithmes dans le cadre d'un projet incitatif de l'Institut TELECOM. Cependant, la très grande majorité des protocoles proposés repose sur le fait que la donnée de positionnement est disponible et qu'il suffit de l'utiliser. Cette situation idéale est peu réaliste. De nouvelles techniques de positionnement utilisant les réseaux locaux sans fil voient le jour -comme le *positionnement symbolique* par exemple- et les terminaux mobiles seront équipés, à terme, de GPS : tout ceci permet de poser les bases d'approches réalistes d'optimisation du routage à l'aide de données géographiques. De plus, le fait de disposer d'un positionnement non plus uniquement en termes de position, mais également de vitesse et de direction de déplacement est de nature à permettre une optimisation efficace du routage.

Quand les télécommunications aident le positionnement

L'opposé est également source d'innovation : la perception de son environnement [réalisée par le module radio par exemple] doit permet-

tre au terminal de se positionner. Ceci peut s'imaginer de plusieurs manières.

La première serait de développer des méthodes qui, de proche en proche, utiliseraient les divers signaux (en provenance de sources comme le Wi-Fi, la TV, le réseau mobile, les réseaux de capteurs, etc.) afin de définir un positionnement, relatif ou absolu, plus ou moins précis suivant les situations.

La seconde, par l'intermédiaire d'échanges de données entre terminaux, obtiendrait une position fiable d'un terminal (par exemple parce que ce dernier est équipé d'un GPS et se trouve en zone de bonne réception). Cette approche réclame la mise en place de méthodes spécifiques de gestion du transfert de cette position initiale et de l'étude de son enrichissement ou de sa dégradation lors du transfert.

Études en milieux contraints

Les services géolocalisés en développement se fondent principalement sur l'Assisted-GPS et sur le positionnement possible par l'intermédiaire du réseau mobile (Cell-Id). On l'a vu, ces deux techniques présentent chacune des limitations fortes : en termes de couverture pour la première (canyons urbains ou milieu intérieur), et en termes de précision de positionnement pour la seconde. De ce fait, les LBS ne connaissent pas le succès qu'on leur prédisait il y a seulement quelques années. Les performances du GPS en zones de bonne couverture sont comparativement excellentes : coût réduit, précision de très bonne qualité, disponibilité des signaux proches de 100%, même s'il n'y a pas de garantie de ceux-ci, fiabilité et reproductibilité importante, utilisation de l'infrastructure gratuite, etc. Dans ce cadre, il semble difficile de proposer, afin d'assurer la continuité du service de positionnement dans tous les types d'environnements, des solutions onéreuses réclamant le déploiement d'infrastructures dédiées. Cette absence de continuité de service est sans doute, pour une certaine part, à l'origine de la stagnation des LBS. Les travaux du Groupe Navigation de l'Institut TELECOM sur des méthodes de continuité du positionnement GPS avec des précisions métriques en intérieur, ou encore ceux relatifs au positionnement WLAN symbolique, s'inscrivent clairement dans cette direction. Les aspects de perception d'une capacité donnée aux terminaux mobiles de suivre les individus est certainement également un point important pour lequel des études sont nécessaires. Ici encore, l'Institut TELECOM est particulièrement bien placé pour mener à bien de telles analyses.

En raison des obligations réglementaires concernant la localisation des appels d'urgence, il n'y a plus vraiment de débat sur l'importance d'une couverture en intérieur, mais les

techniques acceptables (coût, disponibilité, précision, etc.) manquent. Dans ce cadre, une analyse détaillée et pragmatique des besoins prenant en compte à la fois les techniques et technologies disponibles actuellement et celles qui le seront dans un avenir proche, tant d'un point de vue positionnement que télécommunication, devrait être menée afin de définir les grands axes des applications et services futurs. Des travaux sur des déploiements réels pourraient alors être conduits efficacement.

Focus sur le monde des transports

Au niveau applicatif, sans entrer dans les détails des implications que cela engendre au niveau des middlewares, nous pourrions proposer quelques pistes originales. Par exemple afin d'optimiser la consommation de carburants et réduire les congestions des réseaux routiers tout en accroissant la sécurité, nous pourrions imaginer des réseaux de capteurs déployés sur les éléments de l'infrastructure routière. Ces équipements se trouvant généralement en zone dégagée, nous pourrions les équiper d'un récepteur de navigation par satellites. Cela permettrait d'avoir ainsi un ensemble de capteurs synchronisés de façon très précise, et positionnés de manière précise et fiable (par effet de moyenne des positions calculées sur une longue période, ces équipements étant en général fixes).

Ces réseaux en place communiquent avec les véhicules et permettent :

- le calcul automatique de la vitesse idéale afin d'optimiser les temps d'attente et la consommation d'énergie
- l'information automatique de limitations de vitesse dynamiques, adaptables aux conditions (météo, horaires, périodes dans l'année, événements particuliers, etc.)
- le transfert des conditions de circulation (météo, accidents, bouchons, travaux, etc.)
- la navigation routière, dans une vision à long terme, qui ne serait plus autonome grâce à un récepteur embarqué, mais distribuée dans l'infrastructure routière. Ceci serait rendu possible par le déploiement à grande échelle des réseaux de capteurs associés. Cette approche permettrait de plus une optimisation du trafic par la prise en compte de l'ensemble des déplacements, sur un mode prédictif.
- l'échange étant également bidirectionnel, il est possible d'envisager que les véhicules fournissent de l'information à l'infrastructure.

Des liens plus étroits entre positionnement et télécommunication pourraient nous amener à repenser totalement le mode d'utilisation des infrastructures routières actuelles, voire de proposer des évolutions de ces dernières.

Les véhicules peuvent fournir de l'information à l'infrastructure routière :

- l'information trafic déduite de la densité des échanges par exemple
 - la prédiction de zones dangereuses et l'adaptation du réseau routier, devenu proactif
- la prise en compte en temps réel des conditions particulières comme les accidents ou les pannes
 - la destination commune de véhicules permettrait de réaliser des « trains routiers »

Création d'une équipe pluridisciplinaire

La constitution d'une équipe pluridisciplinaire est la première étape pour porter quelques projets de convergence. Les appels d'offres sont relativement nombreux et la localisation en tant que « domaine » possède une bonne visibilité : les chances de succès de l'Institut et de la Fondation sont d'ores et déjà réelles. Citons ainsi, en plus des projets et actions internes Institut / Fondation (incitatifs, innovantes ou spécifiques), les ANR, VANS et ULISS (orientés applications de positionnement) ou encore les projets FP7, ICT ou ceux liés spécifiquement à Galileo.

Partant du constat global dressé dans ce cahier, nous proposons la création, au sein de l'Institut et avec la coopération des membres de la Fondation, d'une unité pluridisciplinaire en charge de la thématique Télécommunications et Positionnement afin de mener des études sur ce thème dans les directions principales suivantes :

- à court / moyen terme (un à trois ans) à finalité applicative et de services
- à moyen / long terme (trois à six ans) à finalité d'innovation forte dans la gestion des réseaux (optimisations) et dans les techniques fondamentales

Les travaux de cette équipe seraient déclinés selon trois axes :

- **couplage faible** : tout d'abord et à court terme une approche principalement liée aux applications et services qu'il est d'ores et déjà possible de proposer. Les travaux porteront sur la conception des services et sur leur déploiement réel en tenant compte des aspects techniques mais également des aspects sociétaux, d'acceptabilité, de perception, etc. La maîtrise de ces différents aspects, et le positionnement en particulier, par les équipes de l'Institut TELECOM sont de nature à permettre la prise en compte rapide et efficace des divers points durs exposés dans ce document. Des travaux de fond restent cependant nécessaires mais les grandes orientations existent déjà : des résultats applicables à court terme sont ainsi envisageables.
- **couplage serré** : ensuite, une approche de fond entreprise au sein de l'Institut consistant à redéfinir certains fondamentaux de la gestion des réseaux. Nous proposerons de nouvelles approches de la sécurité, du routage, de l'adaptabilité ou encore de la découverte de l'environnement fondées sur une disponibilité de la donnée de position du terminal. Les questions liées à la fiabilité et à la disponibilité de cette donnée seront

L'organisation d'une telle structure reste à préciser, ainsi que son orientation vers les thématiques de R&D, les applications et services ou encore par domaines. La diversité et l'étendue des sujets impliquent des choix clairs qui seraient discutés en comité d'orientation de la recherche de l'Institut et en comité d'orientation stratégique de la Fondation.

également abordées. En particulier, le problème de l'adaptabilité des processus, des applications et des protocoles au degré de précision, ou même simplement de connaissance d'une position, nous semble tout à fait fondamental. Les objectifs de cet axe sont à la fois à court, moyen et long terme en fonction des ambitions que l'on se donnera.

- **optimisation conjointe** : enfin, un axe à long terme vise à positionner l'Institut comme force de proposition sur des thèmes d'avenir. Il s'agit ici d'utiliser les systèmes de télécommunications comme des éléments utiles au positionnement, et vice-versa, en imbriquant les procédures. Le routage dans les réseaux, par exemple, sert alors également à propager une position, tout en permettant l'optimisa-

L'Institut TELECOM, moteur d'une nouvelle approche

Ce cahier montre clairement deux orientations fortes : les services géolocalisés sont appelés à connaître un développement important dans les prochaines années, même s'il reste des points durs à lever, et le terminal mobile qui en sera le support, au moins pour les 5 à 10 ans à venir, est le téléphone.

Le monde des services semble penser qu'une solution de continuité aux systèmes de navigation par satellites est assez simple à trouver, voire existante. De nombreuses applications sur mobiles permettent les échanges de fichiers, photos, données et ceci pourrait être une piste à suivre pour fournir cette continuité. Des géants économiques comme Microsoft ou Google ont des actions en ce sens (le cas de Google Maps sur l'iPhone est remarquable). Cependant, notre avis sur la continuité de service de positionnement est tout à fait différent : les solutions ne sont pas encore matures, à l'exception de l'identification de cellules (le «Cell-Id») des réseaux mobiles qui n'a toutefois pas la précision, de loin, du GPS. Les efforts d'analyse de la couverture Wi-Fi afin de proposer une localisation, une piste suivie par exemple par la société américaine Skyhook, soulève au minimum quelques interrogations de fond sur la mise à jour et la fiabilité des bases de données.

Nous avançons pour notre part l'idée d'un couplage indispensable entre le monde des télécommunications dans son ensemble, des services aux couches physiques, et celui du positionnement. Des solutions réalistes de continuité doivent être trouvées afin de libérer les énergies vers de nouveaux services. Des domaines aussi variés que les réseaux radio sans fil, le traitement d'images et la gestion des bases de données sont concernés.

tion géographique et en tenant compte de la dilution de la précision engendrée par un manque de précision des mesures. L'inverse peut également être envisagé avec, par exemple, une cartographie a priori des zones de déploiement de certains services et ainsi la mise en place de mécanismes de fiabilisation de la donnée de position. On peut citer d'autres exemples de cette optimisation conjointe, en particulier dans les domaines de l'identification, de la sécurité ou encore de la gestion de l'énergie. Tous ne donneront pas de résultats exploitables mais ils seront porteurs d'idées nouvelles. Tous les niveaux sont susceptibles d'être étudiés, des couches basses physiques aux applications et aux services.

Il semble primordial d'identifier précisément les besoins réels et les attentes afin de ne plus attendre et espérer que la technique fournisse une solution miracle de GPS universel, qui n'interviendra sans doute pas à l'horizon du déploiement souhaité (quelques années) considéré ici.

Notre proposition repose, dans un premier temps, sur une concentration des efforts dans l'objectif de montage de projet de type ANR (ou mieux encore de gré à gré) entre les membres de la Fondation TELECOM et l'Institut TELECOM, avec au cas par cas des partenariats élargis. Les sujets seront ceux d'intérêt immédiat pour les membres dans le domaine des services (banque, publicité, divertissement, transport...).

Dans le même temps, l'Institut TELECOM mettra en place une équipe pluridisciplinaire, regroupant les compétences identifiées afin de développer une thématique de recherche associée au couplage entre les télécommunications et le positionnement. Dans ce cadre, des actions à moyen terme doivent permettre à l'Institut TELECOM de se positionner comme un acteur innovant majeur. Des actions à plus long terme sont également considérées afin de conserver, et d'amplifier, la composante d'innovation de l'Institut : le concept d'optimisation conjointe présenté dans ce cahier est une des pistes envisagées.

Les solutions techniques disponibles aujourd'hui sont loin d'être adaptées et suffisantes pour les services de demain mais l'Institut TELECOM possède des atouts indéniables pour être une force de proposition rapidement incontournable.

Biographies

Nel Samama, Enseignant-Chercheur à TELECOM SudParis.

Auteur de l'ouvrage "Global Positioning: Technologies and Performance" paru chez Wiley Interscience en 2008, Nel Samama a mené une étude comparative de nombreuses techniques de positionnement. Il anime le Groupe Navigation de l'Institut TELECOM et a proposé des techniques originales de positionnement en intérieur, verrou fort des systèmes satellitaires. Ces travaux ont fait l'objet de nombreuses publications ainsi que de plusieurs dépôts de brevets.

nel.samama@it-sudparis.eu

Philippe Saint-Martin, Ingénieur ESIEE, est actuellement Directeur de la Stratégie Europe chez NAVTEQ* où il participe aux choix et orientations stratégiques de la société sur le marché européen. Auparavant Directeur du Marketing Automobile il a également occupé différents postes opérationnels dans l'industrie de l'électronique automobile, notamment chez Philips Car Systems et Valeo. Son implication dans le développement et le lancement des premiers systèmes GPS de navigation routière et son expérience des applications liées à la cartographie numérique en font un observateur privilégié de l'évolution des acteurs et du marché des produits et services de géolocalisation.

*NAVTEQ est leader mondial la cartographie numérique et depuis Juillet 2008 filiale du groupe Nokia.

Glossaire

A-GNSS : Assisted GNSS

AOA : Angle of Arrival

Cell-ID : identifiant unique par opérateur d'une cellule GSM

Chip : élément unitaire du code (fait de 1023 chips) diffusé dans le signal GNSS

COMPASS / Beidou : système GNSS chinois, du nom de la constellation de la Grande Ourse en chinois, Beidou

COSPAS-SARAT : Cosmicheskaya Sistyema Poiska Avariynich Sudov -Search and Rescue Satellite Aided Tracking

dBm : puissance en mW exprimée en dB.

0 dBm = 1 mW ; 3 dBm = 2 mW

dBW : similaire au dBm avec une puissance de référence d'1W (contre 1 mW)

eCall / bCall : emergency call / breakdown call . Services souhaités par la Commission européenne pour 2010

Effet doppler : décalage de fréquence d'une onde entre la mesure à l'émission et la mesure à la réception lorsque la distance entre émetteur et récepteur varie au cours du temps

E-GNSS : Enhanced GNSS

E-TDOA : Enhanced TDOA

Galileo : système GNSS Européen

Géocaching : loisir consistant à retrouver grâce au GPS des objets cachés

Géodésie : science qui mesure et représente la surface terrestre

Géomatique : ensemble des outils et méthodes permettant de représenter, analyser et intégrer des données géographiques

GIOVE-A : Galileo In-Orbit Validation Element. Premier satellite Galileo lancé

GLONASS : Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema. GNSS russe

GNSS : Global Navigation Satellite Systems

GPS : Global Positioning System. GNSS américain, devenu un nom générique

HS-GNSS : High Sensitivity GNSS

Intégrité : indicateur qui permet d'évaluer la confiance que l'on peut avoir envers le positionnement

Milieux contraints : environnements mal adaptés à la réception des signaux GPS.

Intérieur et certains extérieurs particuliers, comme les canyons urbains

Milieus réceptifs : environnements offrant de bonnes conditions de réception du GPS.

L'extérieur dégagé et parfois un peu l'intérieur

IRNSS : Indian Regional Navigational Satellite System

LBS : Location Based Services

Local elements : éléments au sol améliorant la couverture de Galileo

PAN : Personal Area Network

PND : Personal Navigation Device

POI : Point of Interest

Positionnement symbolique : positionnement relatif non pas à des coordonnées géographiques, mais à des objets remarquables (couloir, porte E)

Pseudolites : équipement au sol simulant un signal GNSS

Répéteurs : équipement au sol répétant un signal GNSS

QZSS : Quasi-Zenith Satellite System.

Augmentation japonaise aux GNSS

TDOA : Time Difference Of Arrival

Télégéotique : discipline – à créer – reliant les deux domaines des télécommunications et du positionnement

TTFF : Time To First Fix. Premier temps pour accrocher le signal GNSS

WAN : Wide Area Network

WSN : Wireless Sensor Network

Les cahiers de veille de la Fondation TELECOM

Les cahiers de veille de la Fondation TELECOM sont le résultat d'études menées conjointement par des enseignants-chercheurs de l'Institut TELECOM et des experts industriels. Chaque cahier, qui traite d'un sujet spécifique, est confié à un chercheur de l'Institut qui réunit autour de lui des experts reconnus. Tout à la fois complet et concis, le cahier de veille propose un état de l'art technologique et une analyse tant du marché que des aspects économiques et juridiques, en mettant l'accent sur les points les plus cruciaux. Il se conclut sur des perspectives qui sont autant de pistes possibles de travail commun entre les partenaires de la Fondation TELECOM et les équipes de l'Institut TELECOM.



Fondation TELECOM
46, rue Barrault - 75634 Paris Cedex 13 - France
Tél. : + 33 (0) 1 45 81 77 77
Fax : + 33 (0) 1 45 81 74 42
info@fondation-telecom.org
www.fondation-telecom.org

