



## **Amélioration du positionnement par satellite**

Résumé des travaux menés par la SCM dans le cadre d'une convention avec l'IFSTTAR (financement MEDD), 2011-2016.

Rédaction : Gottfried Berton  
Janvier 2016

En environnement urbain, les signaux GPS provenant des satellites rebondissent sur les bâtiments. Cela fausse le calcul des distances entre les satellites et le récepteur, et donc la position estimée. L'imprécision peut atteindre plusieurs dizaines de mètres. Le projet INTURB, mené en collaboration avec l'IFSTTAR (financement du Ministère de l'Ecologie), consistait à détecter les satellites en vision indirecte et à les corriger en temps réel.

Pour calculer cette correction, un véhicule de l'IFSTTAR spécialement équipé a parcouru les rues de Paris, Toulouse et Nantes, et a mesuré la position réelle à intervalles de temps réguliers (appelés "époques"). A l'aide d'une base de données topographique, on peut alors connaître à chaque époque les caractéristiques de l'environnement urbain : la hauteur des bâtiments, la largeur de la rue et la position du véhicule dans la rue. L'erreur de positionnement a été réduite de 70% à Paris et Nantes.

Dans la deuxième phase du projet, nous avons intégré les incertitudes : on n'est jamais sûr à 100% que le satellite est en vision directe ou indirecte. Le signal peut faire un, deux, ou aucun rebond, avec une certaine probabilité. L'objectif était de déterminer ces probabilités en fonction de l'environnement urbain, de l'angle d'élévation du satellite, et de son angle azimutal (l'angle entre le cap du satellite et le cap de la rue). La méthode UTPM (Urban Trench Probabilistic Method) mise en place au cours d'INTURB 2, calcule la position et un majorant de l'erreur de positionnement, en tenant compte de ces probabilités. Pour seulement 635 époques sur 163 500, l'erreur de positionnement est supérieure au majorant de l'erreur (en 2D).

Dans la troisième phase du projet, nous avons identifié ces époques : elles se trouvent majoritairement en des lieux où l'environnement urbain est singulier (carrefours, tours, etc.). Nous avons tout de même pu améliorer les performances : les satellites bas sur l'horizon et dans l'axe de la rue étaient mal estimés dans la méthode UTPM et nous les avons corrigés. Le nombre d'époques hors-intégrité a été divisé par deux.

L'éventualité d'un troisième rebond a été modélisée, et une condition sur l'existence du rebond a été ajoutée : lorsqu'un satellite a un angle d'élévation trop grand, il est parfois impossible que le signal fasse un rebond sur le bâtiment car celui-ci n'est pas assez haut ; le signal est arrivé directement au récepteur, et modéliser un rebond dans ce cas est inutile et pénalisant.

Nous avons également remplacé la méthode de positionnement par une méthode probabiliste plus robuste. Le principe de la méthode est de mailler l'espace des positions possibles du récepteur et de calculer la probabilité de présence en chaque point du maillage. La méthode UTPM permet de construire automatiquement pour chaque satellite la loi de probabilité de la distance entre le satellite et le récepteur. En chaque point du maillage, on peut donc calculer la probabilité de présence comme le produit des probabilités des distances entre ce point et chaque satellite. La position est finalement calculée comme l'espérance de la loi de probabilité construite sur le maillage. Cette méthode permet de renvoyer une incertitude sur la position, et ne fait pas d'hypothèse de normalité pour calculer un niveau de protection, contrairement à la méthode combinatoire précédemment utilisée. Grâce à cette méthode et aux différentes améliorations apportées dans INTURB 3, l'erreur de positionnement a été significativement réduite.