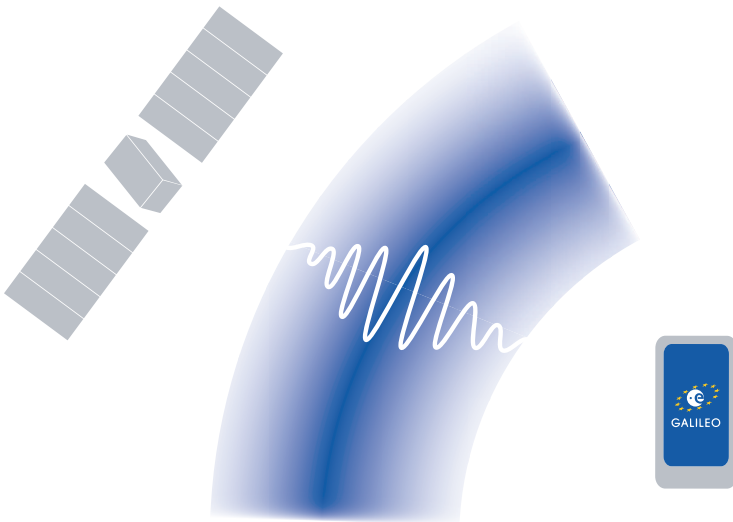


# Modélisation de l'ionosphère pour les utilisateurs Galileo simple-fréquence

Benoît Bidaine



De nos jours, l'ionosphère constitue l'un des milieux naturels les plus souvent modélisés. En effet chaque récepteur GPS parmi presque deux millions d'unités vendues quotidiennement dans le monde utilise un modèle afin de corriger l'effet ionosphérique qui affecte la propagation du signal depuis les satellites. Cette propagation est retardée par les électrons libres dans l'atmosphère de sorte que les signaux de navigation semblent parcourir des distances plus grandes de 7 *m* en moyenne que les distances réelles. Par conséquent cette propagation retardée détériore la précision de positionnement réputée de l'ordre de 10 *m* pour les applications grand public impliquant principalement des utilisateurs simple fréquence.

Demain, le système européen de navigation Galileo offrira une nouvelle stratégie de correction pour les utilisateurs simple fréquence. Cette stratégie s'appuiera sur le modèle ionosphérique NeQuick et des informations émises associées. Pour être correctement mise en oeuvre, elle doit être décrite en détails aux futurs utilisateurs Galileo. Ces utilisateurs s'interrogeront également sur son efficacité à prendre en compte le délai ionosphérique.

La recherche doctorale couverte par la présente thèse s'est appuyée sur l'expertise belge en observation de l'ionosphère pour investiguer le modèle NeQuick et son utilisation pour Galileo. Elle a commencé par la collecte et la prise en main de mesures ionosphériques y compris des données GPS. Elle a analysé différentes situations à différents endroits dans le monde englobant une année entière (2002).

Cette thèse de doctorat présente les tenants et les aboutissants de l'algorithme de correction ionosphérique simple fréquence de Galileo. Elle rassemble une description de l'algorithme, une évaluation des performances et une investigation de variantes. Sous forme d'un recueil d'articles, elle arbore de nombreuses figures comme autant de points d'entrée dans le texte juxtaposé et comprend de nombreuses références permettant d'approfondir les détails.

Les performances de l'algorithme sont utilement caractérisées à la fois en termes de correction du délai et de précision du positionnement. D'une part, le délai ionosphérique résiduel atteint 31% pour les sites et l'année choisis. D'autre part, la précision de positionnement s'élève à 6m horizontalement et de 9,3m verticalement.

L'évaluation des performances a permis de souligner plusieurs aspects de la correction ionosphérique Galileo. Cette correction dépend en grande partie de la modélisation du *topside*, la partie supérieure de l'ionosphère, qui abrite des processus physiques plus complexes. Elle doit ses bonnes performances à l'ingestion de données, la technique d'adaptation du modèle à des mesures réelles, qui sous-tend l'algorithme de Galileo. Elle ne fournit pas nécessairement des niveaux de correction fortement corrélés en termes de délai d'une part et de positionnement de l'autre. Elle permet de définir des procédures alternatives régionales suivant une conception compatible mais neutralisant ses faiblesses.

La présente thèse ouvre la voie pour de futurs travaux liés à la modélisation de l'ionosphère pour les utilisateurs Galileo simple fréquence. Elle fournit des informations comparatives pour l'évaluation de l'algorithme dans le cadre des phases successives de déploiement de Galileo. Elle établit une base conceptuelle pour un algorithme assisté de correction ionosphérique diffusant des informations ionosphériques plus flexibles grâce à l'intégration des systèmes globaux de navigation par satellites et des télécommunications.

Une thèse soumise  
en vue de l'obtention  
du grade académique de  
*Philosophiæ Doctor* en Sciences  
de l'Université de Liège  
par **Benoît Bidaine**  
([B.Bidaine@alumni.ulg.ac.be](mailto:B.Bidaine@alumni.ulg.ac.be))  
25 octobre 2012

