

ENFIN, peut- être deux nouvelles

longueurs d'ondes pour les civils

Claude Million

On a entretenu, depuis plus d'un an, les lecteurs de cette Revue avec les hésitations, voire les palinodies, des pouvoirs publics des Etats Unis, concernant l'avenir de l'utilisation civile de GPS.

Les Américains du Nord sont un peuple étrange et attachant et nous assistons à une manifestation d'un trait de caractère qui représente tout à la fois un défaut et une qualité qui leur est propre dans les prises de décision lorsqu'il s'agit de choses importantes : D'abord une confusion énorme qui tient au fait que ce pays est réellement et viscéralement démocratique et que tout le monde donne son avis, parfois le clame, en employant des moyens excessifs pour emporter la décision, chacun tire à hue et à dia dans la plus grande confusion. C'est au cours de ce premier stade qu'on a essayé de tenir les lecteurs de XYZ au courant de l'avenir, civil, que les pouvoirs publics américains voulaient donner à GPS. On a pu se divertir sans méchanceté et avec même un peu d'appréhension de toutes les idées lancées, de la manière dont le pouvoirs publics les retenaient pour... ne pas les financer, lorsque les décisions devaient être appuyées par des mesures budgétaires. Le dernier fiasco de ce genre a concerné une Commission Mixte Ministère de la Défense et Ministère des Transports devant amener GPS à devenir un élément essentiel de l'aide à l'atterrissage des avions civils. Faute de la mise en place d'un financement adéquat, cette Commission Mixte perdit un à un tous les hauts fonctionnaires qui y avaient été nommés au point que les fréquences de GPS ont faillit être grignotées par INMARSAT lors de la dernière Conférence Internationale chargée de l'attribution de ces fréquences, un dernier sursaut de bon sens a fait seulement différer cette mesure au dernier moment, faute d'interlocuteurs représentant les utilisateurs civils de GPS. Cet incident ridicule, a fait prendre conscience de l'importance des enjeux, il semble que nous ayons atteint ce qui forme la deuxième phase d'une prise de décision aux Etats-Unis, le consensus et la mise en œuvre : après les clameurs, les allées et venues, les projets et les contre-projets, tout se calme et tout le monde se met à la tâche sans protester.

Il s'agit d'un diagnostic personnel qui peut être mis en défaut.

LES DECISIONS

Le Comité Interministériel de direction pour GPS a retenu une seconde longueur d'onde civile L2 à 1227,6 MHz en commençant par le septième bloc des satellites IIF qui seront lancés en 2004 ; et décidé qu'une troisième longueur d'onde serait réservée aux usages civils. Il faudra attendre plusieurs années pour que les utilisateurs civils puissent profiter pratiquement d'une constellation complète de satellites équipés des émetteurs sur deux, puis trois longueurs d'ondes civiles.

L'annonce faite le 30 Mars par le Vice-Président des Etats-Unis, puis par les Ministères de la Défense et des Transports, clôt plus d'un an d'après discussions tout en laissant dans le flou la structure du signal et les problèmes opérationnels de l'"implémentation" de sa transmission. La décision concernant la structure de la seconde longueur d'onde sera prise en Août de cette année.

Cette décision apparaît brusquement alors que de plus en plus des voix s'élèvent pour mettre en doute la sûreté du signal GPS pour faire atterrir les avions civils. On signale des interruptions complètes de signal GPS dues à des interférences entre utilisateurs de fréquences de plus en plus encombrées, à un point tel que la suppression des signaux LORAN prévue en 2000 serait remise en cause...

Ce qui suit est plus du domaine de la spéculation. Pour la troisième fréquence rappelons qu'elle doit permettre aisément de résoudre les ambiguïtés en temps presque réel, c'est-à-dire avec un différé insensible imposé par le temps de calcul, qui, aussi petit qu'il soit, reste fini. Pour cela on mélange les réceptions de deux longueurs d'ondes voisines le résultat utilisable est un signal de longueur d'onde plus grande ce qui fait que l'ambiguïté à résoudre est accessible à des traitements simples. Signalons que le sujet a été traité dans le

numéro de la Revue où nous avons rendu compte de la réunion ION-GPS 1997. Le troisième signal doit donc être proche de L1 ou L2. Ce dernier signal (L2) a été retenu ; on doit donc trouver une fréquence inférieure ou supérieure mais proche de L2. La direction Fédérale de l'Aviation Civile (FAA) préférerait 1205 MHz qui tombe dans une bande déjà réservée aux services de radionavigation pour laquelle la FAA, qui dispose d'une autorité sur cette bande de fréquences, pourrait protéger le signal contre les interférences. En revanche, le Ministère de la Défense préférerait un signal à une fréquence de 1250 MHz, c'est-à-dire symétrique du précédent par rapport à L2, lequel ferait tout aussi bien l'affaire, si ce n'était une fréquence utilisée par des Radars, problème qui trouverait aisément sa solution si les Etats-Unis étaient seuls à utiliser des Radars, et par GLONASS, alors l'accord de la Russie sera nécessaire.

LE CALENDRIER PREVISIONNEL

Selon Gps world le calendrier serait le suivant :

Les modifications des satellites porteraient sur la 7^{ème} des 20 satellites du Bloc IIF. Toutefois on étudierait le moyen de faire mieux.

Le 1^{er} des satellites du bloc IIF serait lancé au cours de l'année budgétaire 2002 ; trois de plus seraient lancés l'année suivante, puis quatre l'"année budgétaire" 2004 ; le dernier de ces quatre satellites pourrait être équipé d'un émetteur nouveau. Chacune des années suivantes il est prévu de lancer trois satellites, ce qui fait que treize nouveaux émetteurs seront en place en 2009.

Toutefois, il s'agit là d'un calendrier prévisionnel si les "vieux" satellites fonctionnaient plus longtemps que prévu, les nouveaux lancements seraient retardés.

En fait, il n'est prévu aucune date limite pour implanter les nouveaux signaux sur toute la constellation, silence également sur la période transitoire et sur ce qu'on pourra en faire.

Rappelons que les appareils GPS dédiés aux usages de la topographie et de la géodésie sont actuellement capables d'utiliser le signal militaire L2 en le décryptant.

L'intérêt, pour ces techniques qui sont les nôtres, se limite à disposer, dans un avenir proche, de récepteurs bon marché permettant une précision décimétrique voir centimétrique en temps réels ou presque. Mais ceux qui sont aujourd'hui nos clients pourront aussi, aisément, les utiliser.

CONCLUSIONS

On peut dire qu'il est enfin admis que GPS puisse servir, non seulement aux militaires, mais aussi aux civils, même si ces "civils" sont un puissant Ministère des Transports américain. Tout cela ne sera fait, jusqu'ici, que pour la navigation aérienne. Il faut dire que chaque fois que le Ministère de la Défense américain a offert une participation au système GPS celle-ci n'était pas gratuite, et que personne ne s'est bousculé pour prendre une part du fardeau financier. Si la Russie essaie de se maintenir à niveau, l'Europe fait piètre figure, les projets ne manquent pourtant pas, mais il n'y a aucune volonté politique générale, en dehors de velléités nationales, non dépourvues de vains espoirs de dominer un marché européen inexistant pour l'instant.

ANNEXE

Il est nécessaire de donner quelques explications concernant les raisons pour lesquelles il est possible d'améliorer la détermination de la longueur géométrique entre le récepteur et le satellite émetteur.

Le récepteur reçoit, à la fois, le signal (appelé le code) et l'onde porteuse du signal. Le signal est soit crypté, soit très imprécis, pour des raisons de sécurité nationale des Etats-Unis. La seule donnée précise est l'onde porteuse dont on ne peut déterminer que le déphasage avec l'émission du satellite. Le nombre de cycles entiers entre le satellite et le récepteur reste inconnu ; on ne mesure que l'"appoint", une fraction de la longueur d'onde. Le nombre entier de cycles doit être déterminé parmi toutes les autres inconnues. La résolution donne un résultat réel, c'est-à-dire non entier. Dans sa thèse, le Dr Pascal WILLIS a démontré qu'on pouvait améliorer la précision de la détermination en donnant une valeur entière. Pour utiliser une méthode simple et sûre telle que choisir l'entier le plus proche de la valeur réelle trouvée, et compte tenu des erreurs commises sur cette détermination, on peut dire que si la précision de détermination de l'ambiguïté est inférieure à 1/6^{ème} de la longueur d'onde on est assuré du succès. Or, la longueur d'onde de L1 est d'environ 20 cm la précision devrait être d'environ 3 cm. Or si on tient compte de toutes les erreurs résiduelles sur réfraction ionosphérique et tro-

poosphérique on est certain de ne pas y parvenir, sauf à disposer d'un signal de plus grande longueur d'onde.

En combinant les porteuses de L1 et L2 on peut obtenir une longueur d'onde de battement de 0,86 m ce qui est déjà mieux. Mais on veut faire mieux encore.

Rappelons que : $S_{L1}(t) = A \cdot \cos(w_1 \cdot t)$

$$S_{L2}(t) = A \cdot \cos(w_2 \cdot t)$$

$$w_i = 2 \cdot \pi \cdot f_i$$

f_i Fréquence i

Un rappel de trigonométrie :

$$\cos(p) + \cos(q) = 2 \cdot \cos\left(\frac{p+q}{2}\right) \cdot \cos\left(\frac{p-q}{2}\right)$$

$$S_{L1} + S_{L2} = 2 \cdot A \cdot \cos\left(\frac{w_1 + w_2}{2} \cdot t\right) \cdot \cos\left(\frac{w_1 - w_2}{2} \cdot t\right)$$

$$w_1 - w_2 = 2 \cdot \pi \cdot (f_1 - f_2)$$

$$\lambda_{1-2} = \frac{c}{f_1 - f_2}$$

Plus f_1 sera voisin de f_2 , plus l'onde résultante sera longue, plus l'ambiguïté sera facile à déterminer.

Si la différence est de 1227,6 - 1205 = 22,6 MHz, la longueur d'onde sera 299 792 458 m / 22,6.10⁶ = 13,26 m. Ce qui démontre l'intérêt d'une troisième longueur d'onde voisine de l'une des deux autres.