

ONZIÈME CONFÉRENCE DE NAVIGATION AÉRIENNE

Montréal, 22 septembre – 3 octobre 2003

- Point 2 :** La sécurité et la sûreté dans la gestion du trafic aérien (ATM)
2.5 : Sécurité et sûreté de l'infrastructure ATM
Point 6 : Questions de navigation aérienne
6.2 : Questions de politique de navigation en fonction des services et architectures actuels et envisagés du GNSS, de l'intégration et des options de rechange

SYSTÈMES DE SECOURS AUTONOMES DU GNSS FONDÉS SUR UNE INFRASTRUCTURE LOCALE

(Note présentée par la Suède)

SOMMAIRE

La présente note propose un système de secours autonome, économique et efficace pour la détermination de la position basée sur le GNSS; ce système utilise la VDL mode 4 sans en compromettre la fonction de surveillance de base.

La suite à donner par la Conférence figure au paragraphe 5.

1. INTRODUCTION

1.1 Le Comité spécial des futurs systèmes de navigation aérienne (FANS) de l'OACI a été mis sur pied pour permettre à l'aviation civile internationale de surmonter les faiblesses du système actuel de gestion du trafic aérien (ATM) et de tirer parti des progrès technologiques pour faire face à la croissance prévue de l'aviation. Travaillant en deux phases (FANS et FANS Phase II), le Comité a élaboré une stratégie visant à exploiter les technologies modernes des satellites et des télécommunications ainsi que d'autres nouvelles technologies innovatrices dans le but d'améliorer l'ATM et de permettre aux exploitants d'aéronefs du monde entier de tirer profit des avantages offerts par ces technologies. Le résultat est le concept des systèmes de communication, navigation et surveillance/gestion du trafic aérien (CNS/ATM).

1.2 Le système mondial de navigation par satellite (GNSS) est une des nouvelles technologies clés qui est pleinement exploitée pour la communication, la navigation et la surveillance et il sera un élément fondamental des systèmes CNS/ATM de l'avenir. Le GNSS devrait jouer un rôle essentiel non seulement dans le domaine de la navigation, mais aussi dans celui de la surveillance, notamment la surveillance dépendante automatique (ADS), où les comptes rendus de position sont fondés

sur les données GNSS. La liaison numérique VHF (VDL) mode 4 est un système de communication qui a été conçu pour prendre en charge la communication, la navigation et la surveillance. La VDL mode 4 utilisée pour l'ADS fait partie intégrante des systèmes de surveillance mis en œuvre actuellement. L'infrastructure au sol de la VDL mode 4 est constituée de stations sol reliées en réseau. Des fonctions de réseau garantissent la disponibilité constante d'une heure très précise, et les stations sol transmettent périodiquement leur position exacte et l'heure précise.

1.3 Toutefois, les composants actuels du GNSS sont vulnérables au brouillage et tant l'industrie aéronautique que les usagers non aéronautiques qui dépendent du GNSS proposent de mettre au point des systèmes de secours autonomes. Plusieurs compléments et renforcements du système ont été proposés; la présente note donne un bref aperçu d'un système de secours, et filet de sécurité, autonome, économique et efficace qui peut être mis en œuvre au moyen de la VDL mode 4.

1.4 Le signal de base de temps émis par le réseau de stations sol VDL mode 4 met à la disposition des unités mobiles des informations qui leur permettent de calculer leur propre position, constituant ainsi un système de secours autonome pour les systèmes de navigation comme le GNSS. Les résultats des études montrent que les positions fondées sur les informations fournies par les stations sol VDL mode 4 ont une précision de l'ordre de 1 NM. Un tel système pourrait être très intéressant pour les États qui ne possèdent pas d'infrastructure GNSS ou qui ont des régions où il est impossible de garantir la disponibilité du GNSS.

1.5 La précision de l'heure dans le système VDL mode 4 permet de vérifier indépendamment les données de position des messages ADS-B en effectuant des mesures de distance basées sur des mesures de temps précises.

2. RENFORCEMENT DU GNSS ET NAVIGATION SECONDAIRE EN VDL MODE 4 FONDÉE SUR LA TRIANGULATION

2.1 Lorsque les données GNSS sont utilisées pour la navigation ou la surveillance, il faut utiliser un système de renforcement du GNSS pour assurer la qualité des données de position. Combinée à un récepteur de référence GNSS pour calculer les corrections différentielles et les données d'intégrité des satellites visibles par la station sol, la VDL mode 4 peut constituer un système de renforcement GNSS local. Les utilisateurs à bord et au sol peuvent recevoir les signaux de renforcement du GNSS lorsqu'une station sol VDL mode 4 est en visibilité directe.

2.2 Le renforcement GNSS local au moyen de la VDL mode 4 peut être étendu pour créer un réseau GNSS régional. Il est proposé d'utiliser ce réseau VDL mode 4 comme complément du système de renforcement satellitaire (SBAS) pour assurer un service de renforcement du GNSS dans une vaste région géographique au moyen d'un réseau de stations sol. Ce réseau serait employé pour la surveillance de l'exploitation et peut-être pour l'échange d'informations entre stations afin d'augmenter l'intégrité des données de renforcement diffusées. Ce type de réseau VDL mode 4 pourrait être étendu indéfiniment.

2.3 La VDL mode 4 peut assurer la navigation sans les signaux du GNSS et servir ainsi de fonction de secours ou de repli en cas de défaillance du récepteur ou du signal GNSS. La fonction de navigation secondaire, qui est un élément facultatif dans les dispositions de l'OACI sur la VDL mode 4, permet d'obtenir une précision de navigation correspondant aux opérations en route (RNP 1) sans dépendre du GNSS. En espace aérien isolé ou océanique, un utilisateur dont le récepteur GNSS est en panne peut bien naviguer en utilisant les rafales de synchronisation mode 4 synchronisées avec le temps universel coordonné (UTC) émises par d'autres usagers de l'espace aérien. Dans l'espace aérien intérieur, la fonction de navigation secondaire permet à une autorité de l'aviation civile d'utiliser l'infrastructure au

sol de la VDL mode 4 comme système de secours en cas de défaillance du GNSS. Cela signifie que les stations sol correspondantes doivent avoir accès à une source stable d'heure très précise.

2.4 Le concept de navigation secondaire est semblable à celui du GNSS (Figure 1). Dans le GNSS, les signaux de mesure de distance par pseudo-bruit (PN) transmis par les satellites GNSS sont asservis à l'UTC. Ces signaux émanent de points spatiaux connus puisque les éphémérides du satellite sont connues. L'instant d'arrivée des signaux au récepteur GNSS est mesuré par rapport à l'horloge locale du récepteur. Si le récepteur GNSS est synchronisé avec l'UTC, le temps de propagation du signal divisé par la vitesse de la lumière donne la distance du satellite qui a généré le signal. Si le récepteur GNSS **n'est pas** synchronisé avec l'UTC, le temps de propagation apparent permet d'obtenir la «pseudo-distance». Dans le cas général, le récepteur n'est pas synchronisé et doit résoudre sa position (x, y, z) et son décalage d'horloge (dt). Ces quatre inconnues peuvent être déterminées avec quatre mesures ayant une géométrie relativement bonne. S'il y a plus de quatre mesures, la position peut être déterminée avec une erreur moindre.

2.5 Les principaux éléments du GNSS sont :

- a) un ensemble de stations émettrices dont la position est connue et qui transmettent des signaux de mesure de distance synchronisés, en nombre suffisant pour fournir aux usagers un minimum de quatre signaux de mesure de distance avec une bonne géométrie et une haute probabilité;
- b) un équipement d'utilisateur capable de recevoir et de mesurer l'instant d'arrivée de ces signaux et d'effectuer les calculs nécessaires pour trianguler sa propre position.

2.6 Le déplacement des stations émettrices à des vitesses orbitales n'est pas important si leurs trajectoires sont connues avec une grande précision et si leur position peut être déterminée n'importe quand à quelques mètres près. Le GNSS fonctionne bien parce que les signaux sont synchronisés avec une grande précision; la position des satellites émetteurs est mesurée et communiquée avec une grande exactitude et la largeur de bande des signaux de mesure de distance est suffisante pour permettre une mesure précise de l'instant d'arrivée.

2.7 La VDL mode 4 possède également les éléments clés d'un système de détermination de la position : 1) diverses stations émettrices communiquent leur position avec une bonne précision et 2) elles émettent des signaux synchronisés. Dans le cas de la VDL mode 4, les stations émettrices qui intéressent la navigation sont les stations d'aéronef ou au sol qui indiquent qu'elles sont synchronisées et dont la position communiquée a un bon indice de qualité. La Figure 2 montre le concept de base, qui est analogue à celui du GNSS.

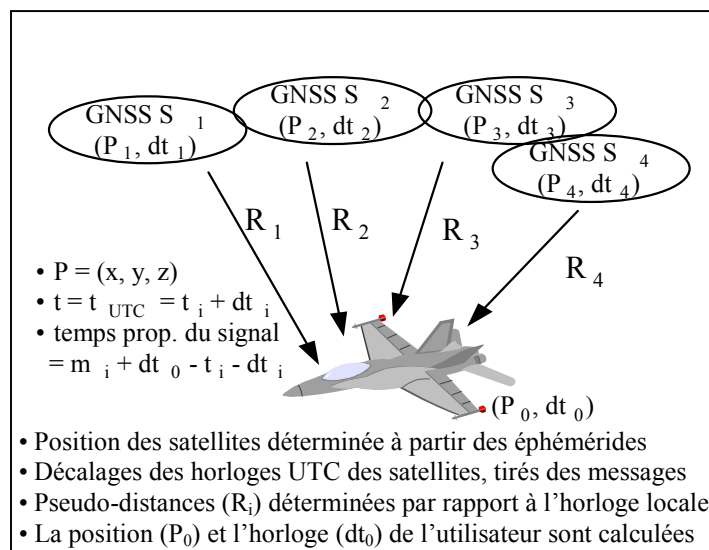


Figure 1. Concept de navigation au GNSS

2.8 La solution de position déterminée au moyen de la VDL mode 4 sera moins précise que celle du GNSS pour les raisons suivantes :

- dans la plupart des cas, l'incertitude de la position communiquée par un utilisateur est plus grande que celle de la position communiquée par un satellite GNSS;
- la gigue temporelle et l'incertitude des émissions sont supérieures à celles des émissions d'un satellite GNSS;
- les mesures de l'instant d'arrivée effectuées à la station réceptrice ne sont pas aussi précises que celles qui sont effectuées par un récepteur GNSS.

2.9 Il est cependant possible de générer une solution de position. Les dispositions OACI relatives à la VDL mode 4 spécifient une gigue temporelle de $\pm 1 \mu s$ (2σ), ce qui correspond à une incertitude de distance de 300 m ($\sim 1\,000$ ft). Si les temps d'arrivée du signal peuvent être mesurés à des précisions équivalentes (environ $1 \mu s$ [2σ]), les erreurs de mesure de distance sur chaque signal seraient bornées par 500 m (2σ) et les utilisateurs qui bénéficient d'une bonne géométrie auraient des précisions de position de l'ordre de 1 km ou mieux. Cette performance serait la performance normalement obtenue par un usager dans l'espace aérien actif où il pourrait être entouré de nombreux autres usagers dotés de l'équipement adéquat, ou par les usagers se trouvant dans des espaces aériens où l'autorité de l'aviation civile a explicitement conçu l'infrastructure au sol pour assurer une géométrie acceptable (un réseau de stations sol pourrait être complètement indépendant du GNSS et pourrait améliorer la performance¹ en raison de la grande précision de leurs comptes rendus de position et peut-être aussi de leur rythme d'émission plus précis).

¹ Par rapport aux mesures de distance effectuées à partir d'unités mobiles.

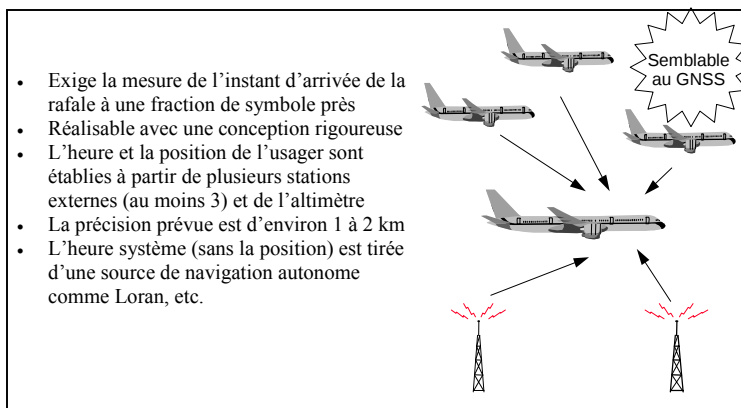


Figure 2. Navigation secondaire en VDL mode 4

3. AVANTAGES OPÉRATIONNELS DE LA NAVIGATION SECONDAIRE

3.1 Les avantages opérationnels de la navigation secondaire sont les suivants :

- a) c'est un moyen robuste d'assurer l'efficacité des communications et du partage des ressources dans le protocole VDL mode 4;
- b) la capacité de produire une estimation indépendante de la distance d'un usager (en estimant le temps de propagation du message reçu) appuie les fonctions d'intégrité améliorées au niveau de la couche MAC et au-dessus;
- c) en espace aérien intérieur, la navigation secondaire combinée à un réseau sol qui transmet les rafales de synchronisation sur les canaux mondiaux de signalisation (GSC) peut constituer un système de secours complet du GNSS pour la navigation² en route. Ce système de secours robuste, contrôlé localement, peut faciliter l'introduction du GNSS comme moyen primaire de navigation à l'échelle mondiale;
- d) dans les régions isolées, les stations d'aéronef et/ou au sol constituent un moyen de secours pour les usagers dont l'équipement GNSS est en panne.

4. RÉSUMÉ

4.1 Il se dégage de cette analyse que la VDL mode 4, en plus d'être utilisée pour la fonction de surveillance ADS-B, peut servir de source de position en cas de défaillance du GNSS sans compromettre sa fonction de surveillance de base. Ce système de secours autonome et filet de sécurité du GNSS constitue pour tous les États la possibilité d'avoir à l'avenir un système de navigation contrôlé à l'échelon national.

² Il faut pour cela que les stations sol aient une source indépendante d'heure précise et une redondance suffisante pour que la couverture soit assurée par au moins 3 stations, avec une probabilité élevée, aux usagers volant à une altitude désignée ou au-dessus.

5. SUITE À DONNER PAR LA CONFÉRENCE

5.1 La Conférence est invitée à :

- a) noter que des fonctions inhérentes au système VDL mode 4 peuvent être utilisées comme système de secours autonome du GNSS, donnant ainsi la possibilité aux États d'avoir à l'avenir un système de navigation contrôlé à l'échelon national;
- b) recommander à l'OACI de définir les besoins et d'élaborer des dispositions appropriées pour offrir un système complémentaire de secours du GNSS, basé au sol, qui soit indépendant des éléments spatiaux.

— FIN —