

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
27 avril 2006 (27.04.2006)

PCT

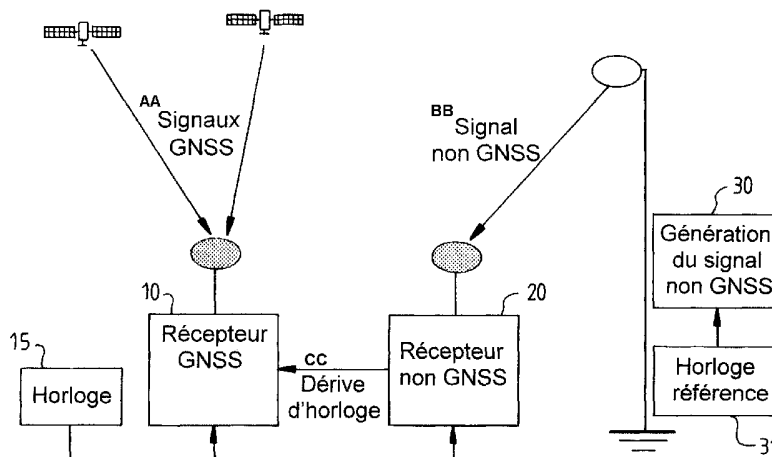
(10) Numéro de publication internationale
WO 2006/042810 A1

- (51) Classification internationale des brevets :
G01S 1/00 (2006.01) *G01S 5/14* (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2005/055147
- (22) Date de dépôt international :
11 octobre 2005 (11.10.2005)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
04 11293 22 octobre 2004 (22.10.2004) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US)
: THALES [FR/FR]; 45, rue de Villiers, F-92200
Neuilly/Sur/Seine (FR).
- (72) Inventeur; et
- (75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : MARTIN,
Nicolas [FR/FR]; 4 bis rue Roger Salengro, F-26500
Bourg-Les-Valence (FR).
- (74) Mandataires : BEYLOT, Jacques etc.; Marks & Clerk
France, 31/33 Avenue Aristide Briand, F-94117 Arcueil
Cedex (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,
KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA,
MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),
européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,
FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: POSITIONING DEVICE

(54) Titre : DISPOSITION DE POSITIONNEMENT



AA... GNSS SIGNALS
BB... NON-GNSS SIGNALS
15... CLOCK
10... GNSS RECEIVER
CC... CLOCK DRIFT
20... NON-GNSS RECEIVER
30... GENERATION OF NON-GNSS SIGNAL
31... REFERENCE CLOCK

(57) Abstract: The invention relates to a positioning device comprising a local clock (15) which has a drift and a first receiver (10) of a radio-navigation signal. The inventive device also comprises a second receiver (20) of a radio-electric signal originating from a fixed beacon (30) with a stable time reference. According to the invention, the local clock (15) is common to both the first and second receivers (10, 20). The invention further comprises an element for calculating the drift of the local clock from the radio-electric signal originating from the fixed beacon, said element being connected to the first receiver.

[Suite sur la page suivante]

WO 2006/042810 A1



RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : L'invention concerne un dispositif de positionnement, qui comporte une horloge locale (15) présentant une dérive, et un premier récepteur (10) d'un signal de radionavigation. Il comprend en outre un deuxième récepteur (20) d'un signal radioélectrique provenant d'une balise fixe (30) qui présente une référence de temps stable, l'horloge locale (15) étant commune au premier et au deuxième récepteurs (10, 20), et relié au premier récepteur, un élément de calcul de la dérive de l'horloge locale, à partir du signal radioélectrique provenant de la balise fixe.

DISPOSITIF DE POSITIONNEMENT

Le domaine de l'invention est celui de la réception d'un signal de radionavigation provenant d'un système de positionnement par satellites tel que le système GPS (acronyme de l'expression anglo-saxonne « Global
5 Positioning System »).

Dans la suite, on désigne par le terme générique récepteur GNSS tout type de récepteur GPS, GLONASS, GALILEO, etc.

Pour bien fonctionner, les récepteurs actuels nécessitent généralement une réception à vue directe des satellites. Le positionnement
10 se détériore rapidement notamment en termes de précision et de temps d'acquisition, lorsque la réception est perturbée comme c'est le cas à l'intérieur d'un bâtiment ou plus généralement en milieu dégradé (obstacles, multi-trajets, interférence, intérieur d'un bâtiment, etc.).

Lors de conditions de réception dégradées la récupération du
15 signal de navigation à faible rapport signal sur bruit est possible mais nécessite un temps d'intégration plus long pour filtrer le bruit.

La difficulté réside dans le fait que pour intégrer le signal reçu sur un temps long et récupérer de l'information il faut que la dynamique apparente au niveau du récepteur soit très faible pendant ce temps. Lorsque
20 le récepteur (ou son antenne) est fixe il n'y a plus de dynamique due au mouvement. Par contre il reste la dynamique apparente due à la dérive de l'horloge du récepteur.

On va préciser en quoi consiste cette dérive en rappelant le principe de fonctionnement d'un récepteur GNSS.

On a représenté figure 1a un code émis par un satellite à $t_{\text{émission}}$
25 et figure 1b, ce code arrivant au récepteur à $t_{\text{réception}}$, soit $\Delta t_{\text{prop}} = t_{\text{réception}} - t_{\text{émission}}$ secondes plus tard, Δt_{prop} étant le temps de propagation du signal entre le satellite et le récepteur. Ce temps de propagation multiplié par la vitesse de la lumière dans le vide donne une mesure de distance ; il est
30 mesuré de la manière suivante. Une réplique du code émis par le satellite et représentée figure 1c peut être générée localement par le récepteur, en phase. Le décalage entre le code reçu (figure 1b) et le code local généré (c'est-à-dire la réplique représentée figure 1c) correspond à l'écart de temps Δt_{prop} recherché. Ce décalage représenté figure 1d est mesuré en mettant en

phase le code reçu et le code local ; le critère de mise en phase correspond à la maximisation de la fonction de corrélation des deux codes. Si les horloges du satellite et du récepteur sont parfaitement synchronisées, le décalage qui maximise la fonction de corrélation des deux codes fournit le
5 temps Δt_{prop} .

Dans la pratique ce n'est pas le cas. On a représenté figure 2 le temps réellement mesuré ; $t_{émission}$ est le temps vrai auquel le signal est émis par le satellite, $t_{réception}$ le temps vrai auquel le signal atteint le récepteur, t_h ce temps indiqué par l'horloge et Δt_h le biais de l'horloge du récepteur.
10 Finalement le temps de propagation mesuré est : $\Delta t_{prop \text{ mesuré}} = \Delta t_{prop} + \Delta t_h$. Dans le cas idéal d'une horloge parfaite, $\Delta t_h = 0$.

De plus lorsque le temps d'intégration de la corrélation entre le signal local et le signal reçu est long, le biais Δt_h de l'horloge du récepteur peut varier. En fait dans le cas des applications grand public les horloges à
15 faible coût utilisées dans les récepteurs ont des dérives $d_h(t)$ très importantes et sont très instables. On rappelle que la dérive de l'horloge est par définition la dérivée par rapport au temps du biais d'horloge : $d_h(t) = d(\Delta t_h(t)) / dt$.

Pour la réception du signal à l'intérieur d'un bâtiment, cette dérive d'horloge peut empêcher la récupération du signal utile et le positionnement.

20 Une solution consiste à réduire le temps d'intégration cohérente de la corrélation mais cela augmente les pertes dues au bruit et donc aussi le temps nécessaire pour obtenir le positionnement; une autre solution éventuellement combinée à la précédente consiste à tester plusieurs hypothèses de dérives d'horloge en parallèle, mais cela alourdit la charge de
25 calcul. De plus lorsque la dérive est très instable la tâche devient très difficile, voire impossible.

Un but important de l'invention est donc de compenser la dynamique apparente due à la dérive de l'horloge du récepteur, de manière à
30 permettre d'utiliser un temps d'intégration de la corrélation suffisamment long pour pouvoir distinguer le signal du bruit, malgré des conditions de réception dégradées.

Pour atteindre ce but, l'invention propose un dispositif de
35 positionnement, qui comporte une horloge locale présentant une dérive, et

un premier récepteur d'un signal de radionavigation, principalement caractérisé en ce qu'il comprend en outre un deuxième récepteur d'un signal radioélectrique provenant d'une balise fixe qui présente une horloge stable, l'horloge locale étant commune au premier et au deuxième récepteurs, et en ce qu'il comprend relié au premier récepteur, un élément de calcul de la dérive de l'horloge locale, à partir du signal radioélectrique provenant de la balise fixe.

Ce dispositif permet ainsi de compenser la dérive d'horloge d'un récepteur GNSS dans le but d'intégrer le signal reçu sur un temps long. On peut alors déterminer la position du récepteur dans un environnement difficile.

Le deuxième récepteur est par exemple un dispositif mobile de télécommunication.

Le signal de radionavigation provient d'un système de positionnement par satellites et/ou pseudolites.

L'invention concerne également un procédé de positionnement à partir d'un signal de radionavigation et d'un signal d'horloge local, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de réception d'un signal provenant d'une balise fixe qui présente une horloge stable, et de calcul de la dérive du signal d'horloge local à partir du signal de la balise fixe.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit, faite à titre d'exemple non limitatif et en référence aux dessins annexés dans lesquels :

la figure 1 déjà décrite, illustre schématiquement le principe de fonctionnement d'un récepteur GNSS,

la figure 2 déjà décrite, illustre schématiquement le temps réellement mesuré,

la figure 3 représente schématiquement des exemples de courbes du temps t vrai et du temps $t_h(t)$ indiqué par l'horloge à l'instant t vrai,

la figure 4 illustre schématiquement des exemples de résultats de la corrélation du signal reçu avec le signal local en fonction de plusieurs hypothèses de temps, τ étant le retard du code local représenté figure 1d par rapport au code reçu représenté figure 1b,

la figure 5 représente schématiquement des exemples de variation sur le temps d'intégration, d'une part du temps $t_{reçu}(t)$ auquel est émis par le satellite le code $C(t_{reçu}(t))$ reçu par le récepteur à l'instant t vrai et des différentes hypothèses de temps $t_{reçu\ estimé}(t)$ reçu estimé dans le cas où l'on

5 ne compense pas la dérive d'horloge,

la figure 6 représente schématiquement un récepteur GNSS selon l'art antérieur,

la figure 7 représente schématiquement des exemples de variation sur le temps d'intégration, d'une part du temps $t_{reçu}(t)$ reçu vrai et des différentes hypothèses de temps $t_{reçu\ estimé}(t)$ reçu estimé dans le cas où l'on

10 compense la dérive d'horloge,

la figure 8 représente schématiquement un dispositif de positionnement selon l'invention,

la figure 9 représente schématiquement un récepteur non GNSS

15 permettant de déterminer la dérive d'horloge locale,

la figure 10 représente schématiquement les principaux éléments d'un dispositif de positionnement selon l'invention.

On va exprimer plus en détail les temps indiqués figures 1 et 2.

20 On a : $t_{reçu}(t) = t - \Delta t_{prop}(t)$, $t_{reçu}(t)$ et t étant des temps vrais.

Le signal GNSS émis par le satellite est de la forme :

$$S_{émis}(t) = \text{Code}(t_{émis}(t)) \cdot \sin(\varphi_{émise}(t)) = \text{Code}(t) \cdot \sin(\omega \cdot t) \text{ avec}$$

$$t_{émis}(t) = t$$

25 $\varphi_{émise}(t) = \omega \cdot t$

Le signal GNSS reçu par le récepteur est de la forme:

$$S_{reçu}(t) = \text{Code}(t_{reçu}(t)) \cdot \sin(\varphi_{reçue}(t)) \text{ avec}$$

$$t_{reçu}(t) = t - \Delta t_{prop}(t)$$

30 $\varphi_{reçue}(t) = \omega (t - \Delta t_{prop}(t))$

Par ailleurs dans la mesure où l'horloge présente un biais $\Delta t_h(t)$, on a : $t_h(t) = t + \Delta t_h(t)$, t_h étant le temps indiqué par l'horloge du récepteur à l'instant t .

On a typiquement des dérives $\Delta t_h(t)$ de 10^{-5} seconde par seconde pour des horloges bas de gamme, soit une variation du biais d'horloge de 10 microsecondes sur un intervalle de 1 seconde, c'est-à-dire 10 fois la durée d'un chip de code, ce qui est rédhibitoire.

- 5 On a représenté figure 3 les courbes illustrant t et $t_h(t)$.
Mais on ne connaît pas t ni par conséquent $\Delta t_h(t)$. On a en fait :

$$t_{\text{estimé}}(t) = t_h(t) - \Delta t_{h \text{ estimé}}(t) \quad (1)$$

- 10 De même, on ne connaît pas $t_{\text{reçu}}(t)$ ni $\Delta t_{\text{prop}}(t)$. On a en fait :

$$t_{\text{reçu estimé}}(t) = t_{\text{estimé}}(t) - \Delta t_{\text{prop estimé}}(t) \quad (2)$$

On a d'après (1) et (2),

$$t_{\text{reçu estimé}}(t) = t_h(t) - \Delta t_{h \text{ estimé}}(t) - \Delta t_{\text{prop estimé}}(t) \quad (3)$$

- 15 Lors de l'acquisition du signal par le récepteur, et notamment lors du calcul de corrélation du signal reçu avec le signal généré localement, le récepteur ne peut faire qu'une estimation grossière du temps : cette estimation $t_{\text{reçu estimé}}(t)$ n'est pas assez précise pour faire suffisamment
20 coïncider le signal local avec le signal reçu.

- Pour cela le récepteur tente plusieurs corrélations avec différentes hypothèses de biais d'horloge estimés $\Delta t_{h \text{ estimé}}(t)$ et donc aussi de temps $t_{\text{reçu estimé}}(t)$ décalées entre elle d'une quantité T telle qu'au moins une des hypothèses soit suffisamment proche du temps $t_{\text{reçu}}(t)$ vrai pour que les
25 signaux soient corrélés, comme illustré figure 4. Le résultat de la corrélation dépend de τ avec :

$$\tau = t_{\text{reçu}}(t) - t_{\text{reçu estimé}}(t)$$

$$\tau = (t - t_{\text{estimé}}(t)) - (\Delta t_{\text{prop}}(t) - \Delta t_{\text{prop estimé}}(t))$$

- L'erreur due à l'estimation du temps de propagation est
30 considérée comme nulle car on suppose que l'on connaît la position du satellite avec une précision suffisante. On peut donc écrire :

$$\tau \cong \Delta t_h(t) - \Delta t_{h \text{ estimé}}(t)$$

- Sur la figure 5, on a représenté les variations sur le temps
35 d'intégration, d'une part du temps $t_{\text{reçu}}(t)$ vrai et des différentes hypothèses

de $t_{\text{reçu estimé}}(t)$ dans le cas où l'on ne compense pas la dérive d'horloge, c'est-à-dire où l'on suppose que $\Delta t_h(t)$ et donc $\Delta t_{h \text{ estimé}}(t)$ sont constants.

Les courbes de la figure 5 qui représentent $t_{\text{reçu estimé}}(t)$ diffèrent les unes des autres en prenant comme différentes hypothèses pour $\Delta t_{h \text{ estimé}}(t)$,
 5 nT , $(n+1)T$, $(n+2)T$, etc.

En raison de la dérive de l'horloge, aucune hypothèse de temps reçu estimée ne coïncide avec le temps $t_{\text{reçu}}(t)$ vrai sur la durée d'intégration. De ce fait le récepteur est incapable de déterminer quelle est l'hypothèse qui coïncide avec le signal reçu, même en augmentant le temps d'intégration.

10 On a représenté figure 6 un exemple d'un tel récepteur 10. Il comprend de manière classique, un générateur 11 d'une porteuse locale de la forme $e^{i\omega t}$, un démodulateur 18 de porteuse, un corrélateur apte à multiplier le signal reçu démodulé par le code local issu d'un générateur 12 de code local et à l'intégrer au moyen d'un intégrateur par intervalles 13, un
 15 dispositif d'asservissement 14 pour l'acquisition et la poursuite des phases des signaux reçus élaborant des corrections en vitesse de la boucle de code et de la boucle de porteuse, une horloge locale 15 générant un signal pulsé périodique de fréquence F_h , un NCO (acronyme de l'expression anglo-saxonne « Numerically Controlled Oscillator ») code 16 et un NCO porteuse
 20 17 intégrant sur un intervalle $T_{\text{intégration}}$ ces corrections de vitesse et des corrections permettant de prendre en compte l'effet Doppler, pour fournir respectivement des estimées de phase (ou de temps) de code et de porteuse. On a représenté sur cette figure les éléments pour un canal de réception correspondant à un satellite. Il y a généralement dans un récepteur
 25 plusieurs canaux de réception en parallèle.

On rappelle qu'un NCO code réalise l'opération :

$$t_{\text{reçu estimé}}(t) = t_h(t) - \Delta t_{h \text{ estimé}}(t) + \int_{[t_h(t_0), t_h(t)]} V_{\text{code}}(\tau) d\tau$$

avec $V_{\text{code}} = - \text{Vitesse radiale du satellite} / c + \text{Correction de code en vitesse (ou en fréquence)}$

30 c : vitesse de la lumière.

Le terme « - Vitesse radiale du satellite / c » correspond à la prise en compte de l'effet Doppler.

On a donc d'après (3) :

$$\int_{[t_h(t_0), t_h(t)]} V_{\text{code}}(\tau) d\tau = - \Delta t_{\text{prop estimé}}(t)$$

35

Selon une variante, le NCO réalise l'opération suivante :

$$t_{\text{reçu estimé}}(t) = t_h(t) - \Delta t_{h \text{ estimé}}(t) + \int_{[t_h(t_0), t_h(t)]} V_{\text{code}}(\tau) d\tau$$

On a :

5
$$\Delta t_{h \text{ estimé}}(t) = \Delta t_{h \text{ estimé}}(t_0) + \int_{[t_h(t_0), t_h(t)]} d_{h \text{ estimée}}(\tau) d\tau \quad \text{par définition}$$

Et :

$$t_h(t) = t_h(t_0) + \int_{[t_h(t_0), t_h(t)]} 1 d\tau$$

10 On obtient finalement :

$$t_{\text{reçu estimé}}(t) = t_h(t_0) - \Delta t_{h \text{ estimé}}(t_0) + \int_{[t_h(t_0), t_h(t)]} (1 - d_{h \text{ estimée}} + V_{\text{code}})(\tau) d\tau$$

La mise en œuvre de cette variante est représentée figure 10.

Un NCO porteuse réalise la même opération en multipliant en
15 outre le résultat par la pulsation ω .

Selon l'invention le récepteur 10 de type GNSS est associé à un récepteur 20 d'un signal de communication non GNSS (désigné récepteur non GNSS) qui présente un rapport signal sur bruit élevé et qui est utilisé
20 pour identifier la dérive de l'horloge locale 15 commune aux deux récepteurs et la compenser, comme représenté figure 8.

Le signal non GNSS est émis par une balise fixe 30 ayant une horloge 31 ou plus généralement une référence de temps stable, typiquement avec une dérive inférieure en valeur absolue à 10^{-10} seconde
25 par seconde.

On a représenté figure 9, un exemple de récepteur 20 non GNSS permettant de déterminer cette dérive d'horloge. Il comprend notamment une boucle à verrouillage de phase (« PLL » ou Phase Lock Loop en anglais) qui comporte de manière classique un démodulateur 22 de porteuse, un
30 dispositif d'asservissement 24 incluant un filtre de boucle, un NCO intégrateur 27 relié à une horloge 15 et un générateur 21 de porteuse locale de la forme $e^{i\omega t}$. La sortie du NCO intégrateur de phase fournit la phase locale φ'_{locale} .

La récupération du signal au niveau du récepteur non GNSS
35 permet d'estimer la dérive de l'horloge locale de la manière suivante.

Le signal non GNSS émis démodulé est de la forme :

$$S_{\text{émis}}(t) = \sin(\varphi'_{\text{émis}}(t)) \text{ avec } \varphi'_{\text{émis}}(t) = \omega' \cdot t$$

Le signal non GNSS reçu :

5
$$S_{\text{reçu}}(t) = \sin(\varphi'_{\text{reçu}}(t)) \text{ avec } \varphi'_{\text{reçu}}(t) = \omega' \cdot (t - \Delta t'_{\text{prop}}(t)) \quad (4)$$

$\Delta t'_{\text{prop}}(t)$ étant le temps de propagation entre la balise fixe et le récepteur non GNSS, constant car le récepteur et la balise sont censés être immobiles.

10

Le signal non GNSS local :

$$S_{\text{local I}}(t) = \sin(\varphi'_{\text{locale}}(t))$$

$$S_{\text{local Q}}(t) = \cos(\varphi'_{\text{locale}}(t))$$

avec $\varphi'_{\text{locale}}(t) = \varphi'_{\text{reçue estimée}}(t) = \omega' \cdot (t'_{\text{reçu estimée}}(t)) \quad (5)$

15

Le récepteur non GNSS peut par exemple mettre en œuvre une boucle à verrouillage de phase (« PLL ») pour récupérer le signal de communication non GNSS.

20 Quand la PLL a convergé les phases reçue et locale coïncident, et on obtient :

$$\varphi'_{\text{locale}} = \varphi'_{\text{reçue}} + n \times 2\pi + \varepsilon \quad \varepsilon \ll \pi/2 \text{ (erreur de phase)}$$

soit en vertu de (4) et (5) :

$$t'_{\text{reçu estimée}}(t) = t - \Delta t'_{\text{prop}} + n \times 2\pi/\omega' + \varepsilon(t)/\omega' \quad (6)$$

25

Par ailleurs on a :

$$\Delta t_h(t) = t_h(t) - t$$

soit en vertu de (6) :

$$\Delta t_h(t) = t_h(t) - t'_{\text{reçu estimée}}(t) + \Delta t'_{\text{prop}} - n \times 2\pi/\omega' - \varepsilon(t)/\omega'$$

30 Si on néglige l'erreur de phase $\varepsilon(t)$ et lorsque $\delta t'_{\text{prop}}(t)$ est constant car le récepteur non GNSS ne bouge pas, on obtient finalement :

$$\Delta t_h(t) - \Delta t_h(t_0) \cong (t_h(t) - t_h(t_0)) - (t'_{\text{reçu estimée}}(t) - t'_{\text{reçu estimée}}(t_0))$$

$$\Delta t_h(t) - \Delta t_h(t_0) \cong (t_h(t) - t_h(t_0)) - (\varphi'_{\text{locale}}(t)/\omega' - \varphi'_{\text{locale}}(t_0)/\omega')$$

35

On a :

$$\Delta t_h(t) - \Delta t_h(t_0) = \int_{t_0, t_1} d_h(\tau) d\tau \text{ par définition,}$$

$t_h(t) - t_h(t_0) = \int_{[t_h(t_0), t_h(t)]} 1 \, d\tau$ par définition,
 $\varphi'_{\text{locale}}(t) / \omega' - \varphi'_{\text{locale}}(t_0) / \omega' = \int_{[t_h(t_0), t_h(t)]} (1 + V_{\text{PLL}}(\tau)) \, d\tau$ en sortie
 du NCO du récepteur non GNSS.

5 On peut donc écrire :

$$\int_{[t_0, t]} d_h(\tau) \, d\tau \equiv \int_{[t_h(t_0), t_h(t)]} 1 \, d\tau - \int_{[t_h(t_0), t_h(t)]} (1 + V_{\text{PLL}}(\tau)) \, d\tau$$

D'où :

$$d_h(t) \equiv -V_{\text{PLL}}(t)$$

10

Ainsi on est capable de déterminer la dérive d'horloge instantanée $d_h(t)$, à partir de la correction de porteuse en vitesse de la PLL qui est envoyée au NCO de porteuse de la PLL.

15 Selon l'invention, cette horloge locale est commune aux deux récepteurs c'est-à-dire au récepteur GNSS et au récepteur non GNSS. La dérive d'horloge estimée en seconde/seconde est ajoutée aux corrections en vitesse (issues de l'asservissement et de la compensation de l'effet Doppler) des signaux locaux GNSS pour la corrélation, à savoir le code local et la porteuse locale.

20 Sur la figure 7, on a représenté des résultats ainsi obtenus c'est-à-dire les variations sur le temps d'intégration d'une part du temps $t_{\text{reçu}}(t)$ vrai et des différentes hypothèses dans le cas où l'on compense la dérive d'horloge.

25 Dans ce cas lorsque les hypothèses de temps reçu sont suffisamment proches, il y en a une qui coïncide avec le temps reçu vrai, ce qui permet une détection d'énergie en sortie de la corrélation et donc l'estimation d'un temps reçu.

30 On a représenté figure 10 un exemple de dispositif de positionnement selon l'invention. Il comprend une horloge locale 15, un récepteur GNSS 10, un récepteur 20 d'un signal radioélectrique non GNSS provenant d'une balise fixe présentant une référence de temps stable, l'horloge locale 15 étant commune aux deux récepteurs.

35 Il comprend également, relié au récepteur GNSS, un élément de calcul de la dérive d'horloge à partir du signal radioélectrique non GNSS provenant de la balise fixe, le calcul étant par exemple tel que décrit précédemment. Cet élément est relié aux NCO (les NCO 16 et 17 sur la figure 10) des signaux locaux GNSS, à savoir le code local et la porteuse

locale, de manière à ajouter cette dérive d'horloge instantanée aux corrections existantes. Cet élément de calcul est par exemple un microprocesseur ou un circuit comprenant notamment un NCO pour effectuer l'intégration. Dans l'exemple de la figure 10, la dérive égale à $-V_{PLL}(t)$ est
5 calculée par le dispositif d'asservissement 24 de la PLL du récepteur non GNSS.

Le récepteur GNSS 10 comprend comme dans le cas de la figure 6, une horloge locale 15, un générateur 11 d'une porteuse locale de la forme $e^{i\omega t}$, un démodulateur 18 de porteuse, un corrélateur apte à multiplier le
10 signal reçu par le code local issu d'un générateur 12 de code local et l'intégrer au moyen d'un intégrateur par intervalle 13, un dispositif d'asservissement 14 pour l'acquisition et la poursuite des phases des signaux reçus élaborant des corrections en vitesse de la boucle de code et de la boucle de porteuse, et un NCO code 16 et un NCO porteuse 17
15 intégrant ces corrections de vitesse et les corrections permettant de prendre en compte l'effet Doppler et la dérive d'horloge, pour fournir des estimées de phase (ou de temps) de code et de porteuse.

Le récepteur non GNSS 20 comprend notamment comme dans le cas de la figure 9, une PLL qui comporte de manière classique un
20 démodulateur 22 de porteuse, un dispositif d'asservissement 24 incluant un filtre de boucle, un NCO intégrateur 27 et un générateur 21 de porteuse locale de la forme $e^{i\omega t}$. La sortie du NCO intégrateur de phase 27 fournit la mesure de la phase du signal reçu $\varphi'_{reçue\ estimée} = \varphi'_{locale}$.

Cet élément de calcul de la dérive d'horloge (le dispositif 24 sur la
25 figure) est relié au correcteur (le NCO 27 sur la figure) de la porteuse du récepteur non GNSS, dans le cas où il est intéressant de corriger la porteuse locale avec cette dérive, comme représenté sur les figures. Il peut être intégré dans le récepteur non GNSS comme dans l'exemple de la figure 10 ou dans le récepteur GNSS.

30 Le récepteur non GNSS est par exemple un dispositif de télécommunication mobile comportant éventuellement un émetteur.

Le signal dit GNSS peut provenir d'un système de positionnement par satellites et/ou pseudolites.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de positionnement, qui comporte une horloge locale (15) présentant une dérive, et un premier récepteur (10) d'un signal de radionavigation, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un deuxième récepteur (20) d'un signal radioélectrique provenant d'une balise fixe (31) qui présente une référence de temps stable, l'horloge locale (15) étant commune au premier et au deuxième récepteurs (10, 20), et en ce qu'il comprend relié au premier récepteur (10), un élément de calcul de la dérive de l'horloge locale, à partir du signal radioélectrique provenant de la balise fixe (31).

10

2. Dispositif de positionnement selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'élément de calcul de la dérive d'horloge locale est intégré au deuxième récepteur.

15

3. Dispositif de positionnement selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le deuxième récepteur (20) comprend une boucle à verrouillage de phase pourvue d'un dispositif d'asservissement (24) et en ce que le dispositif d'asservissement (24) est apte à calculer la dérive d'horloge locale.

20

4. Dispositif de positionnement selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le deuxième récepteur (20) est un dispositif mobile de télécommunication.

25

5. Dispositif de positionnement selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le signal de radionavigation provient d'un système de positionnement par satellites et/ou pseudolites

30

6. Procédé de positionnement à partir d'un signal de radionavigation et d'un signal d'horloge locale, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de réception d'un signal provenant d'une balise fixe qui présente une référence de temps stable, et de calcul de la dérive du signal d'horloge locale à partir du signal de la balise fixe.

35

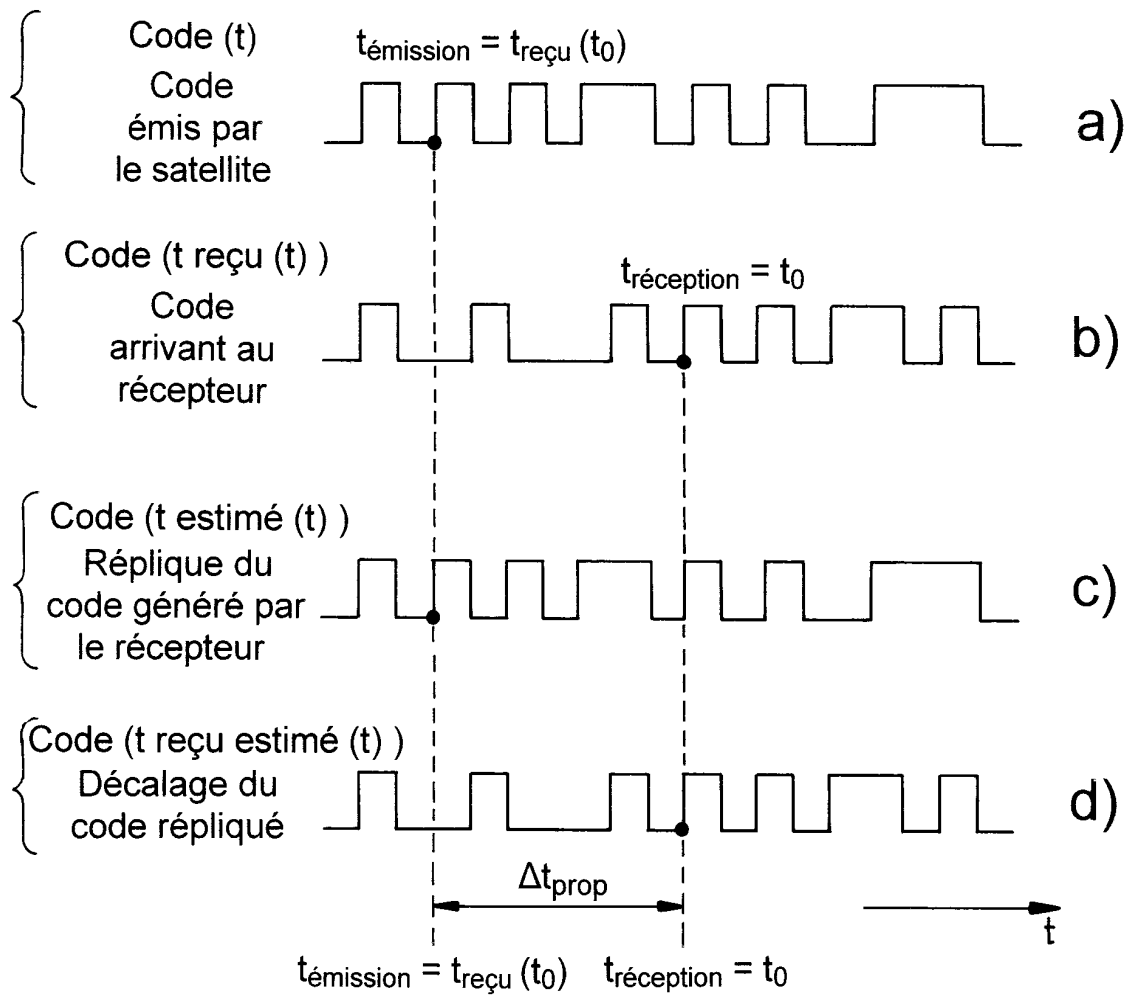


FIG.1

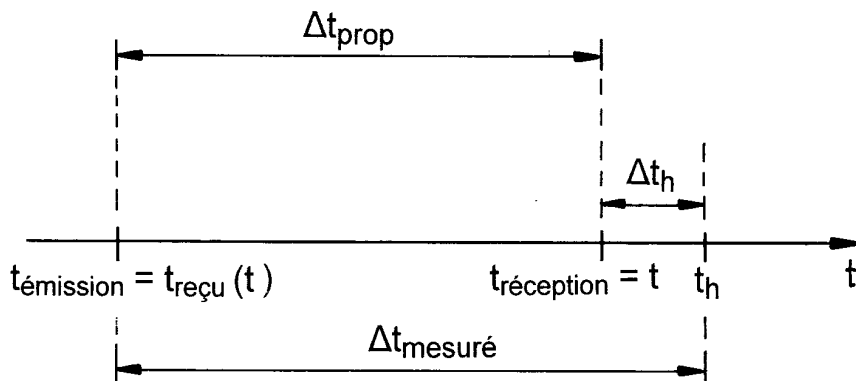


FIG.2

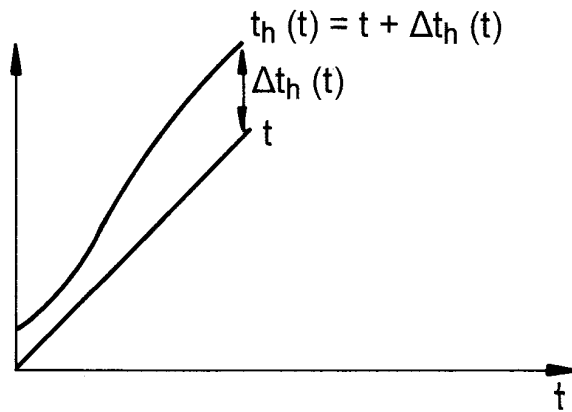


FIG.3

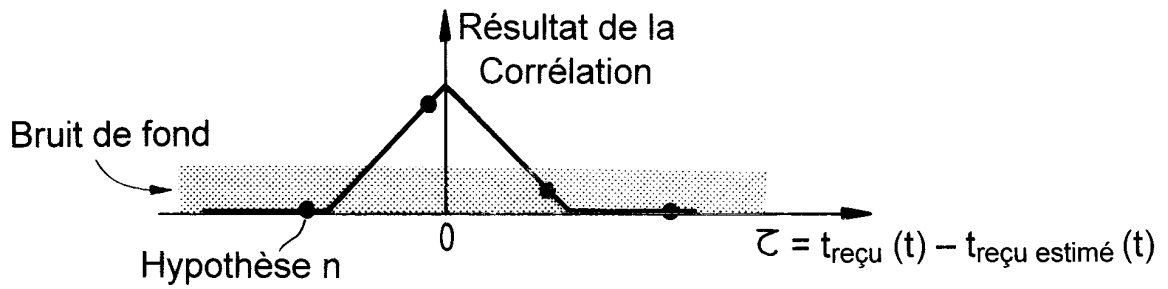


FIG.4

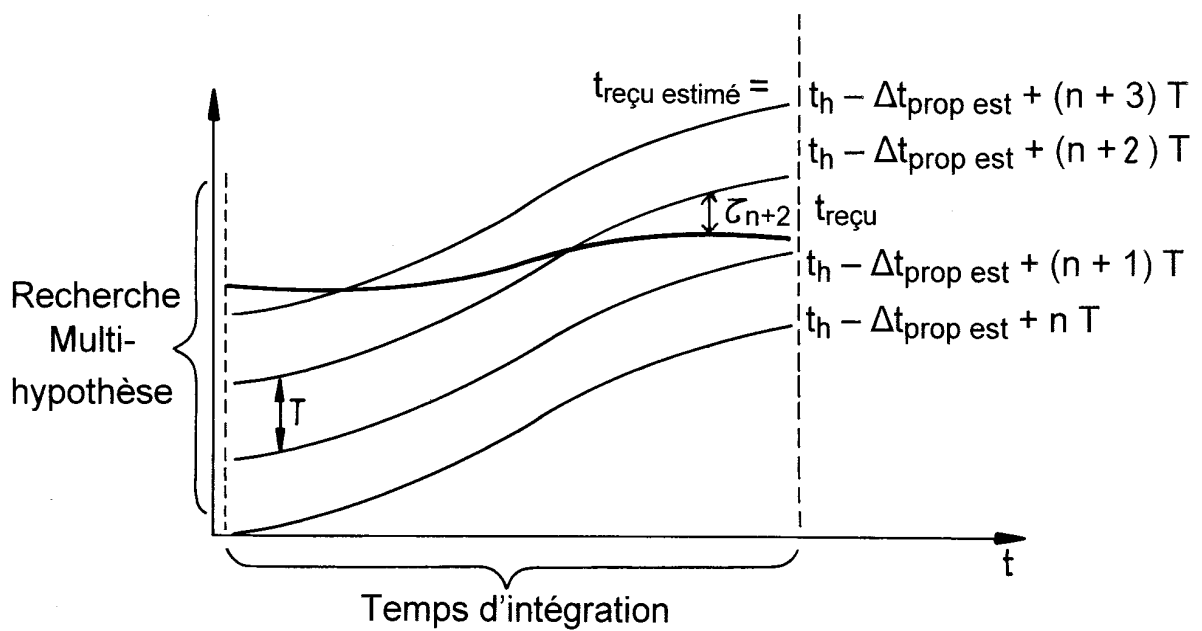


FIG.5

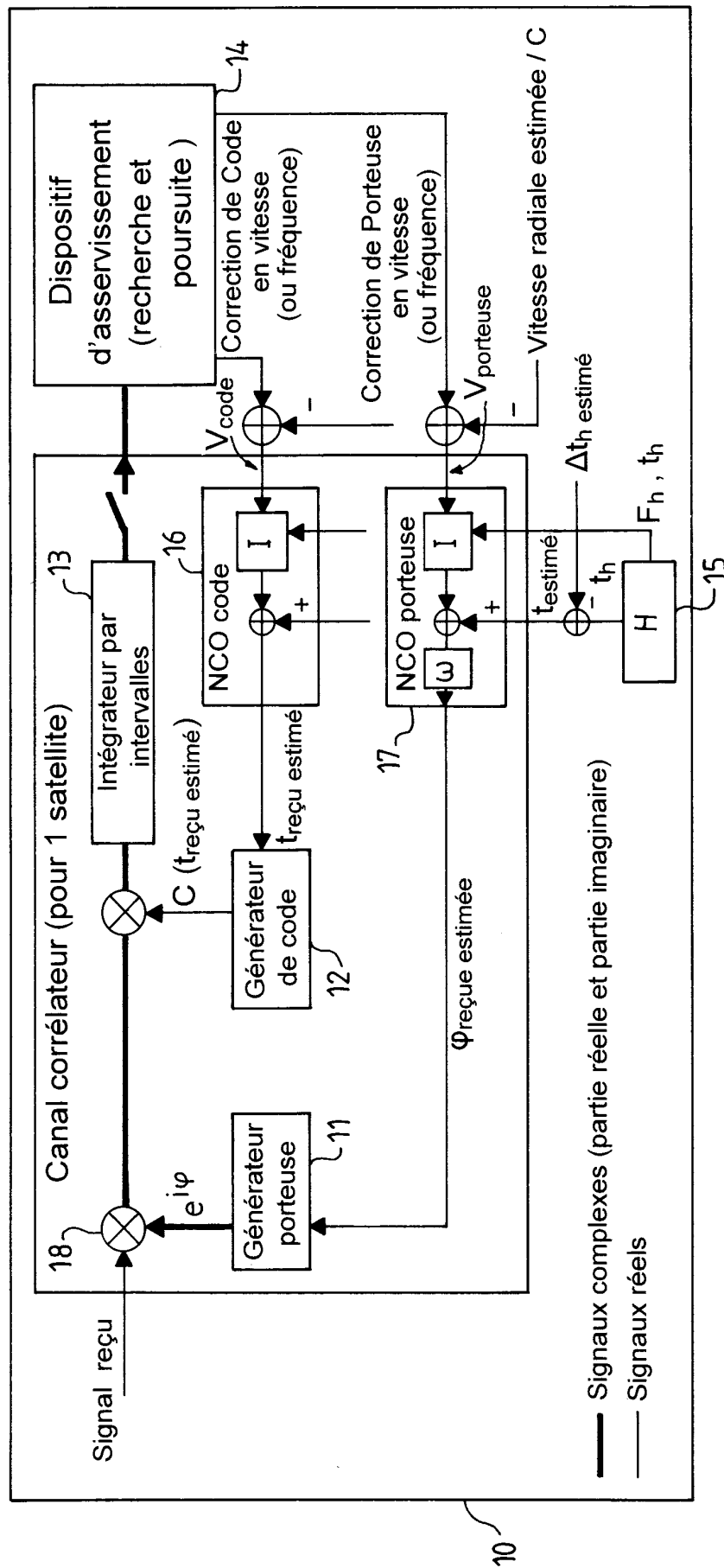


FIG.6

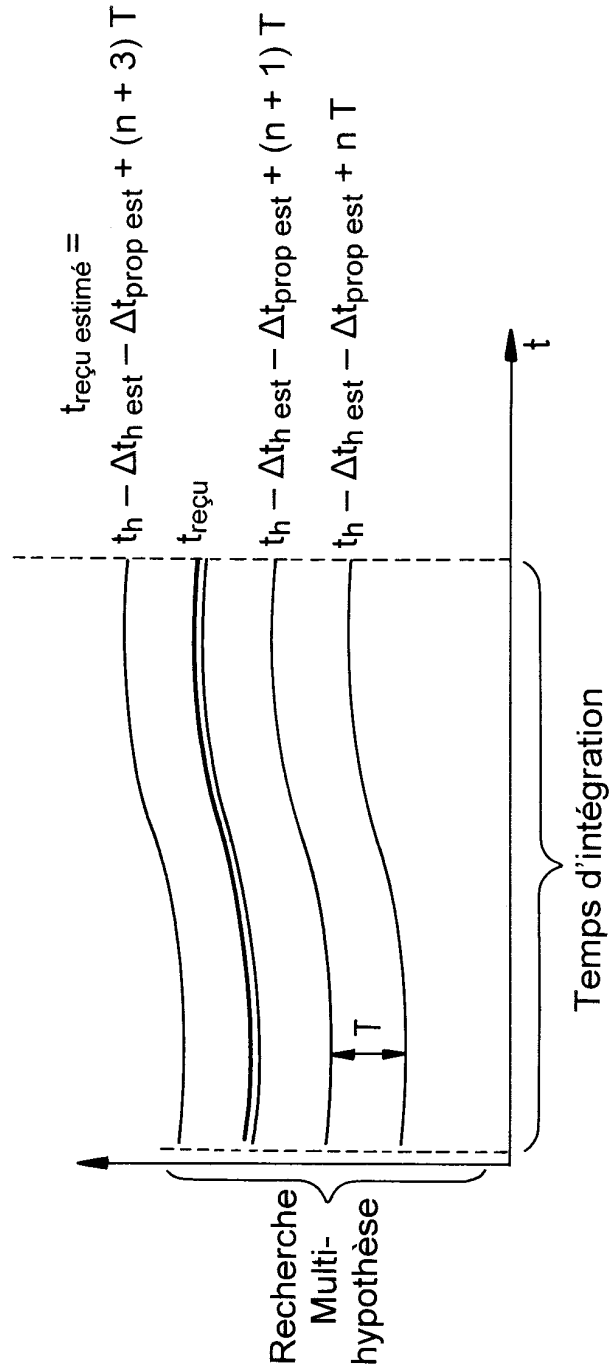


FIG.7

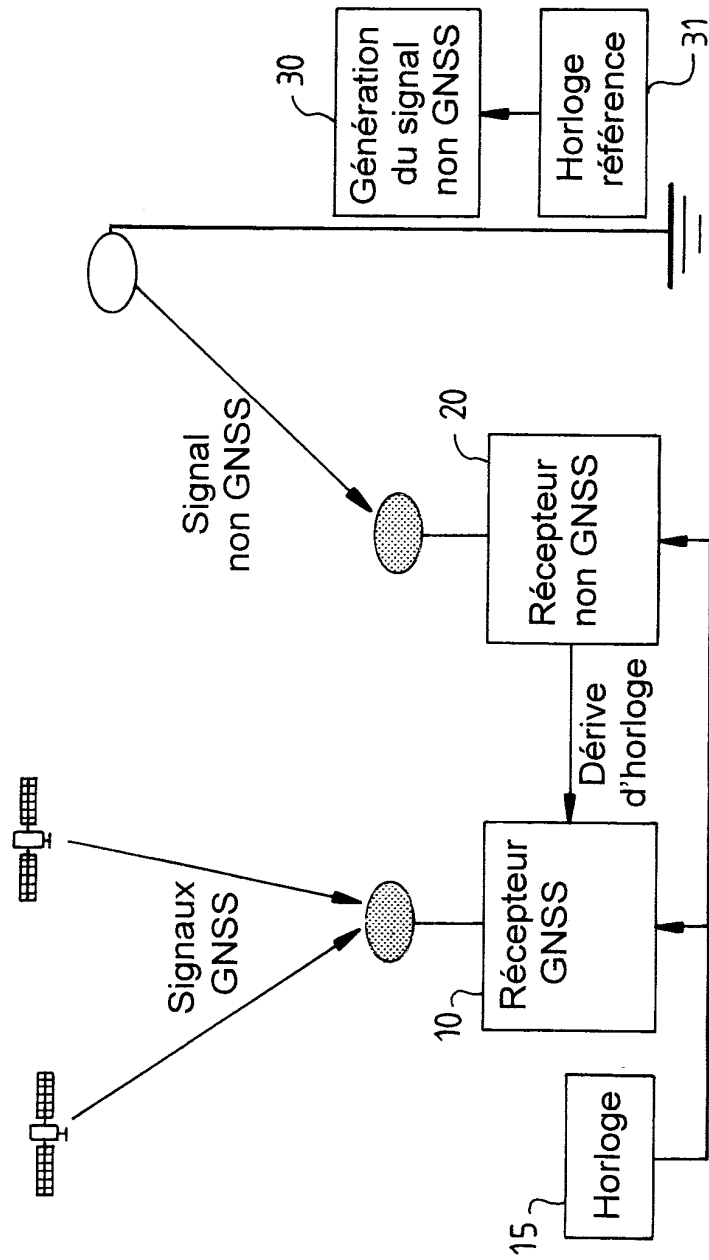


FIG.8

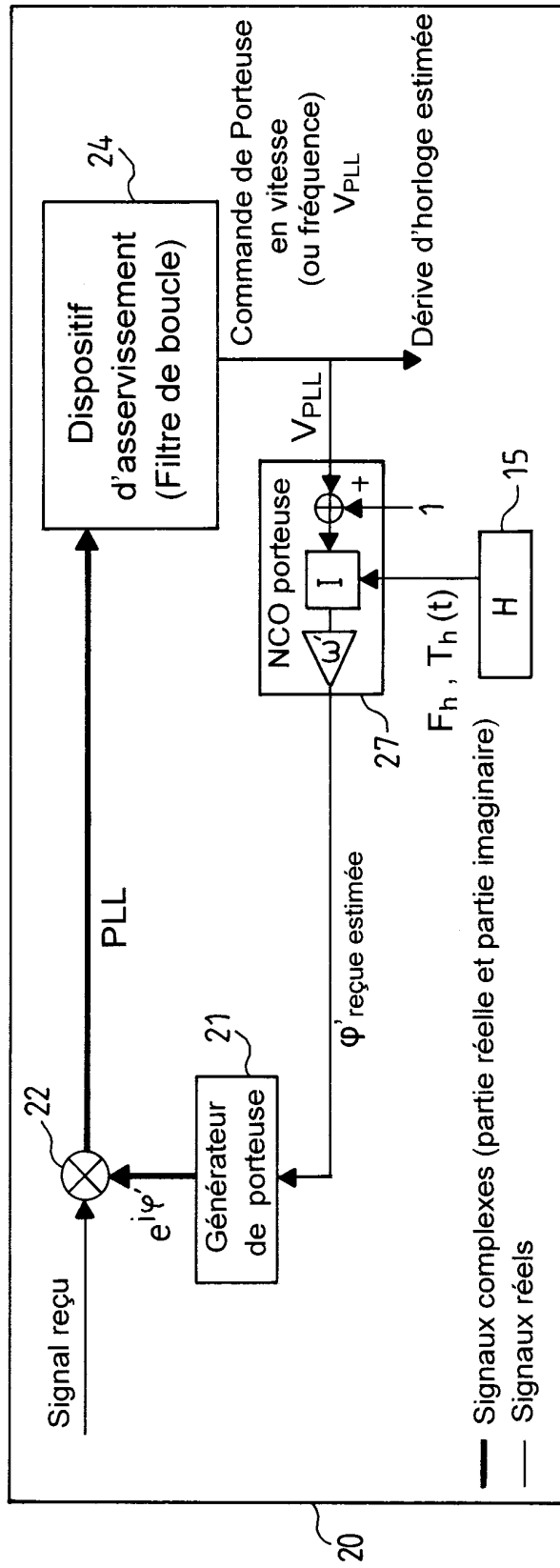


FIG.9

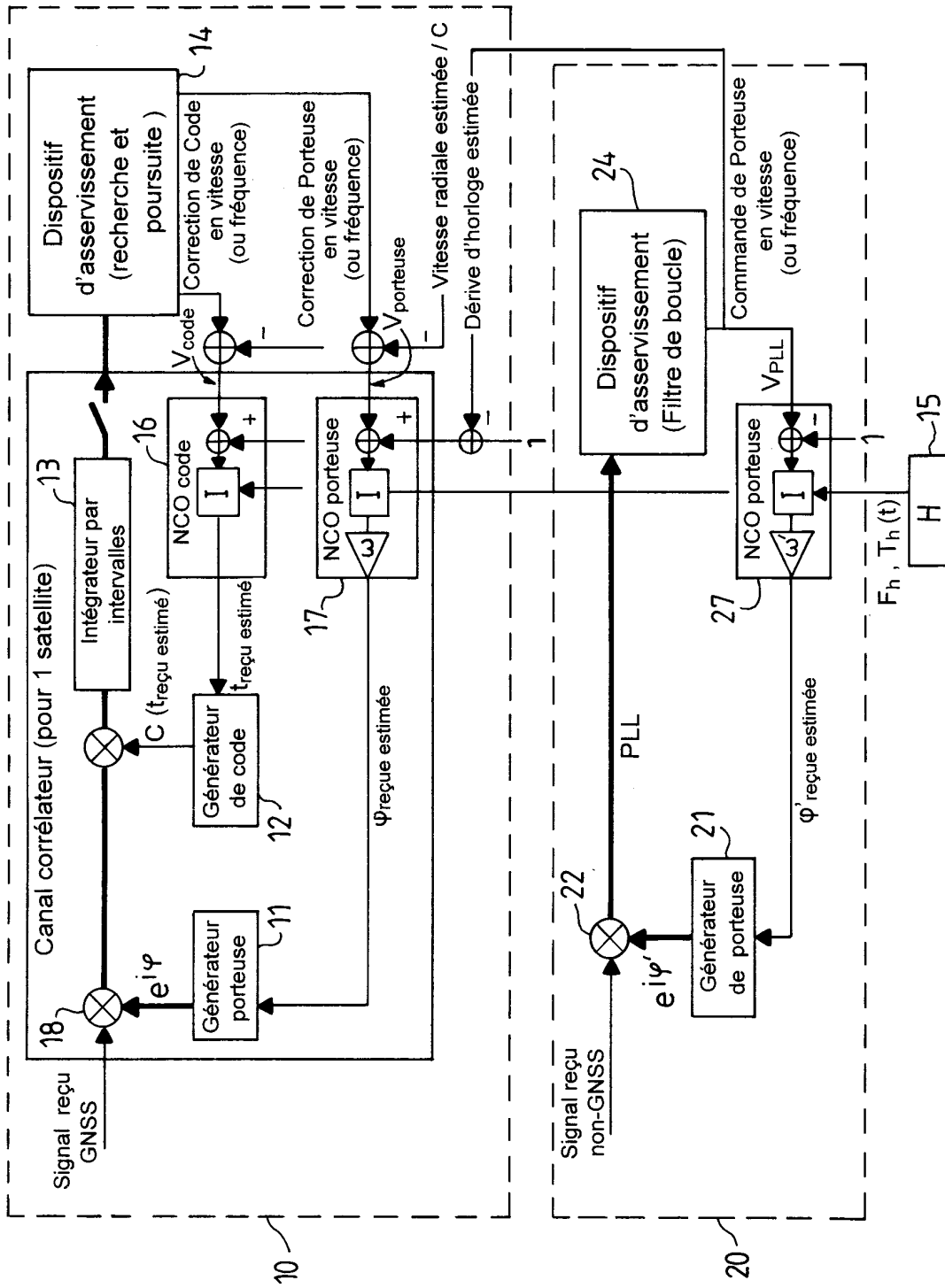


FIG.10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/055147

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01S1/00 G01S5/14				
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC				
B. FIELDS SEARCHED				
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01S				
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched				
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal				
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT				
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.		
X	US 2003/214436 A1 (VOOR THOMAS E ET AL) 20 November 2003 (2003-11-20) figure 1 sentences 23-27, paragraph 8 paragraph '0013! - paragraph '0015! paragraph '0018! - paragraph '0020! paragraph '0022! -----	1-6		
X	US 5 663 735 A (ESHENBACH ET AL) 2 September 1997 (1997-09-02) figure 1 column 3, line 10 - line 15 column 4, line 36 - line 46 ----- -/--	1,2,4-6		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.				
<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.				
° Special categories of cited documents :				
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;"> *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed </td> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;"> *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *&* document member of the same patent family </td> </tr> </table>			*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *&* document member of the same patent family
A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *&* document member of the same patent family			
Date of the actual completion of the international search <p style="text-align: center;">28 December 2005</p>	Date of mailing of the international search report <p style="text-align: center;">03/01/2006</p>			
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer <p style="text-align: center;">Hekmat, T</p>			

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/055147

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 424 826 B1 (HORTON ROBERT RAY ET AL) 23 July 2002 (2002-07-23) figures 3,9,11 column 7, line 40 - column 8, line 43 column 9, line 43 - column 10, line 32 -----	1-6
A	WO 99/57929 A (TRIMBLE NAVIGATION LIMITED) 11 November 1999 (1999-11-11) figures 1,2 page 4, line 4 - line 10 page 5, line 3 - line 13 page 5, line 35 - page 6, line 14 page 10, line 26 - line 36 -----	1-6
A	US 6 188 351 B1 (BLOEBAUM LELAND SCOTT) 13 February 2001 (2001-02-13) figure 5 column 15, line 7 - column 16, line 5 -----	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No PCT/EP2005/055147

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2003214436	A1	20-11-2003	NONE
US 5663735	A	02-09-1997	NONE
US 6424826	B1	23-07-2002	AU 745559 B2 21-03-2002 AU 9217898 A 29-03-1999 BR 9812055 A 26-09-2000 CN 1285978 A 28-02-2001 EE 200000120 A 15-12-2000 EP 1020038 A1 19-07-2000 IL 134663 A 19-02-2004 JP 2001516985 T 02-10-2001 TR 200000638 T2 21-06-2000 WO 9913595 A1 18-03-1999 US 6041222 A 21-03-2000
WO 9957929	A	11-11-1999	TW 463511 B 11-11-2001 US 6122506 A 19-09-2000
US 6188351	B1	13-02-2001	AT 284041 T 15-12-2004 AU 753556 B2 24-10-2002 AU 5462799 A 06-03-2000 BR 9912914 A 08-05-2001 CN 1389741 A 08-01-2003 CN 1312914 A 12-09-2001 DE 69922386 D1 05-01-2005 DE 69922386 T2 10-11-2005 EE 200100088 A 17-06-2002 EP 1112509 A1 04-07-2001 JP 3512385 B2 29-03-2004 JP 2002522795 T 23-07-2002 JP 2004109140 A 08-04-2004 TR 200100409 T2 22-10-2001 TR 200200026 T2 21-06-2002 WO 0010031 A1 24-02-2000

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/EP2005/055147

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
G01S1/00 G01S5/14

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
G01S

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2003/214436 A1 (VOOR THOMAS E ET AL) 20 novembre 2003 (2003-11-20) figure 1 phrases 23-27, alinéa 8 alinéa '0013! - alinéa '0015! alinéa '0018! - alinéa '0020! alinéa '0022!	1-6
X	US 5 663 735 A (ESHENBACH ET AL) 2 septembre 1997 (1997-09-02) figure 1 colonne 3, ligne 10 - ligne 15 colonne 4, ligne 36 - ligne 46 ----- -/--	1,2,4-6

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

28 décembre 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

03/01/2006

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Hekmat, T

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/EP2005/055147

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>US 6 424 826 B1 (HORTON ROBERT RAY ET AL) 23 juillet 2002 (2002-07-23) figures 3,9,11 colonne 7, ligne 40 - colonne 8, ligne 43 colonne 9, ligne 43 - colonne 10, ligne 32 -----</p>	1-6
A	<p>WO 99/57929 A (TRIMBLE NAVIGATION LIMITED) 11 novembre 1999 (1999-11-11) figures 1,2 page 4, ligne 4 - ligne 10 page 5, ligne 3 - ligne 13 page 5, ligne 35 - page 6, ligne 14 page 10, ligne 26 - ligne 36 -----</p>	1-6
A	<p>US 6 188 351 B1 (BLOEBAUM LELAND SCOTT) 13 février 2001 (2001-02-13) figure 5 colonne 15, ligne 7 - colonne 16, ligne 5 -----</p>	1-6

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/EP2005/055147

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
US 2003214436	A1	20-11-2003	AUCUN		
US 5663735	A	02-09-1997	AUCUN		
US 6424826	B1	23-07-2002	AU	745559 B2	21-03-2002
			AU	9217898 A	29-03-1999
			BR	9812055 A	26-09-2000
			CN	1285978 A	28-02-2001
			EE	200000120 A	15-12-2000
			EP	1020038 A1	19-07-2000
			IL	134663 A	19-02-2004
			JP	2001516985 T	02-10-2001
			TR	200000638 T2	21-06-2000
			WO	9913595 A1	18-03-1999
			US	6041222 A	21-03-2000
WO 9957929	A	11-11-1999	TW	463511 B	11-11-2001
			US	6122506 A	19-09-2000
US 6188351	B1	13-02-2001	AT	284041 T	15-12-2004
			AU	753556 B2	24-10-2002
			AU	5462799 A	06-03-2000
			BR	9912914 A	08-05-2001
			CN	1389741 A	08-01-2003
			CN	1312914 A	12-09-2001
			DE	69922386 D1	05-01-2005
			DE	69922386 T2	10-11-2005
			EE	200100088 A	17-06-2002
			EP	1112509 A1	04-07-2001
			JP	3512385 B2	29-03-2004
			JP	2002522795 T	23-07-2002
			JP	2004109140 A	08-04-2004
			TR	200100409 T2	22-10-2001
			TR	200200026 T2	21-06-2002
			WO	0010031 A1	24-02-2000