

ANALYSE FONCTIONNELLE

Présentation du Récepteur GPS/Traceur SIMRAD CP33

Le système GPS

Le système **GPS (Global Positioning System)** est un système développé par l'armée américaine, dont le rôle est de :

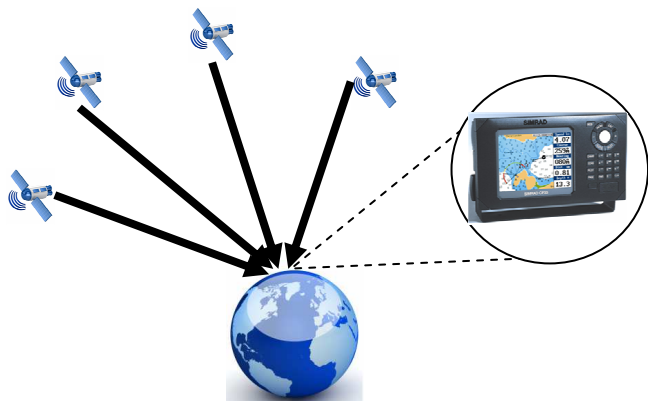
- permettre à un utilisateur quelconque d'obtenir sa localisation en trois dimensions (latitude, longitude, altitude) par rapport à la surface terrestre,
- fournir une référence précise de temps.

Le système GPS est organisé en trois segments :

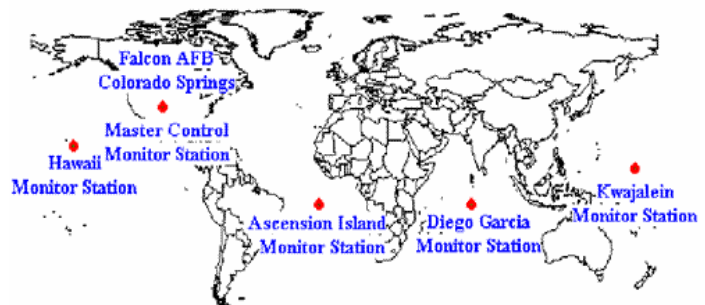
- **Segment Spatial**, actuellement constitué de 30 satellites opérationnels transmettant des informations de manière permanente vers les utilisateurs. Ces satellites sont répartis sur 6 orbites d'une altitude d'environ 20 200 km par rapport à la surface terrestre. Chaque satellite possède une période de révolution de 11h58min sur son orbite. La position relative des satellites doit permettre à un utilisateur quelconque de recevoir simultanément les signaux issus d'au moins 4 d'entre eux (12 satellites, au maximum, peuvent être simultanément visibles par un utilisateur),



- **Segment Utilisateur**, constitué par les récepteurs GPS qui assurent la réception des informations issues de satellites de la flotte GPS et fournissent à leurs utilisateurs des informations de position et de temps après avoir décodé, exploité et mis en forme les informations fournies par les satellites GPS en vue,



- **Segment Contrôle**, constitué par 5 stations émettrices et réceptrices réparties sur la surface de la terre, de manière à ce que chaque satellite puisse être, en permanence, contrôlé par au moins une station. Les stations reçoivent les informations fournies par les satellites, effectuent des calculs de corrections sur les paramètres relatifs à leurs orbites et renvoient ces informations vers les satellites. De plus, ces stations ont pour mission de vérifier l'état de fonctionnement de chacun des satellites.

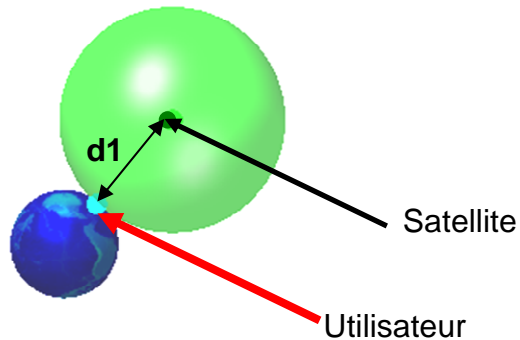


BTS SYSTÈMES ÉLECTRONIQUES – Étude d'un Système Technique		Session 2013
U4.1 – Électronique – Analyse Fonctionnelle	13SEE4EL1	Page : A1/12

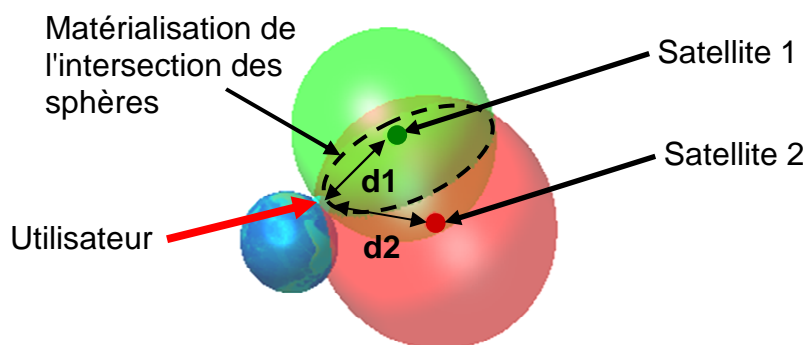
Le principe de fonctionnement du système GPS

Afin de déterminer la position d'un utilisateur, un récepteur GPS effectue la mesure de la distance entre sa position et la position de plusieurs satellites en mesurant le temps de parcours de l'onde électromagnétique émise par chaque satellite utilisé.

Considérons un satellite se trouvant à la distance d_1 d'un récepteur GPS. Cette information nous indique que l'utilisateur se trouve sur une sphère de rayon d_1 autour du satellite.



Considérons deux satellites se trouvant respectivement aux distances d_1 et d_2 d'un récepteur GPS. Ces deux informations nous indiquent que l'utilisateur se trouve à l'intersection de deux sphères, de rayons respectifs d_1 et d_2 . L'intersection de deux sphères étant un cercle, l'utilisateur sait donc qu'il se trouve quelque part sur ce cercle.



Considérons maintenant trois satellites se trouvant respectivement aux distances d_1 , d_2 et d_3 d'un récepteur GPS. Ces trois informations nous indiquent que l'utilisateur se trouve à l'intersection du cercle précédent et d'une sphère. Cette intersection est constituée de deux points, l'un à une distance aberrante par rapport à la terre, l'autre se trouvant à une distance cohérente. Ce dernier point constitue l'emplacement calculé par le récepteur GPS, qui sera fourni à l'utilisateur sous forme de latitude, longitude et altitude.

A partir de la mesure de ces trois distances, le récepteur GPS doit donc pouvoir calculer les trois informations de localisation suivantes :

- la longitude,
- la latitude,
- l'altitude.

À ces trois informations à déterminer s'ajoute une quatrième information constituée par l'erreur systématique Δd commise par un récepteur GPS donné sur les mesures de distances. Cette quatrième information nécessite l'acquisition des informations issues d'un quatrième satellite. Par conséquent, **la présence de quatre satellites est indispensable à la localisation par GPS.**

BTS SYSTÈMES ÉLECTRONIQUES – Étude d'un Système Technique		Session 2013
U4.1 – Électronique – Analyse Fonctionnelle	13SEE4EL1	Page : A2/12

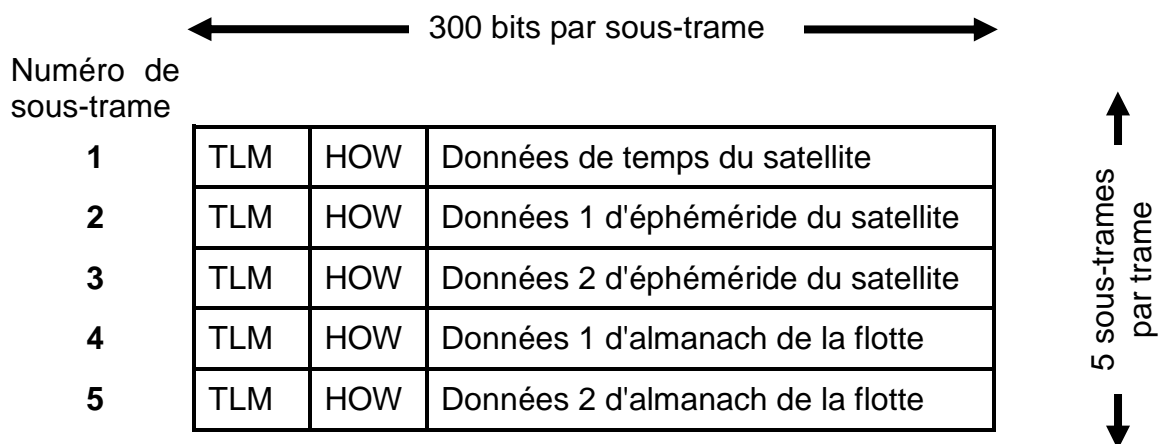
Les informations transmises par les satellites GPS au segment utilisateur

Chaque satellite transmet des informations de deux natures différentes :

- **Données de temps** du satellite émetteur (date et heure), fournies au sein de la sous-trame 1, le contenu identique dans chaque trame,
- **Éphéméride** : informations qui sont propres au satellite émetteur (coordonnées courantes du satellite, informations relatives à sa trajectoire, état du satellite...), fournies au sein des deux sous-trames consécutives 2 et 3, le contenu identique dans chaque trame,
- **Almanach** : informations concernant l'ensemble des satellites de la flotte GPS, fournies au sein de 25 trames consécutives. Les spécifications GPS assurent une validité de ces informations pendant une durée minimale de 60 jours. Elles sont rectifiées régulièrement par le segment contrôle.

Les données de navigation sont transmises par chaque satellite, avec **un débit de 50 bits/seconde**, au sein de trames organisées de la manière suivante :

- une **trame** est constituée de **1 500 bits** répartis dans **5 sous-trames**,
- une **sous-trame** est constituée de **300 bits** répartis en **10 mots de 30 bits**.



Toutes les sous-trames commencent chacune par les mots TLM (Telemetry) et HOW (Hand Over Word).

Structure du mot TLM

TLM

Préambule 1000 1011	Donnée	Parité
8 bits	26 bits	6 bits

Le préambule du mot TLM permet à un récepteur GPS d'identifier le début d'une sous-trame et de se synchroniser.

Structure du mot HOW

HOW

Temps dans la semaine			Numéro de sous-trame			Parité
17 bits			3 bits			6 bits

Remarques :

- les informations temporelles indispensables à un récepteur GPS se trouvent principalement dans la sous-trame 1 de n'importe quelle trame,
- les informations d'almanach permettent à un récepteur GPS de connaître entre autres, lorsqu'on le met en service, la référence des satellites susceptibles d'être visibles. Ces informations sont, en général, mémorisées de manière permanente dans les récepteurs GPS, ce qui permet de diminuer la durée au bout de laquelle celui-ci est capable d'effectuer une localisation,
- **les informations complètes d'almanach sont réparties dans les sous-frames 4 et 5 de 25 trames successives.** Il est donc nécessaire d'effectuer l'acquisition de 25 trames successives pour qu'un récepteur GPS charge l'ensemble de ces informations.

La modulation des informations transmises par les satellites GPS

Tous les satellites de la flotte GPS émettent leurs informations avec deux porteuses identiques pour chaque satellite :

- une **porteuse de fréquence 1 575,42 MHz**, transmettant des informations dites « L1, code C/A » fournissant une faible précision, destinées aux applications **grand public**,
- une **porteuse de fréquence 1 226,7 MHz**, transmettant des informations dites « L2, code P » fournissant une grande précision, destinées aux applications **militaires**.

Afin d'identifier un satellite parmi les autres, les données transmises par chaque satellite sont associées à un code qui lui est propre.

Pour les informations « L1, code C/A », on utilise un **code binaire pseudo-aléatoire**. Ce code est constitué d'**une succession de 1 023 chips⁽¹⁾** se répétant périodiquement. Il est **transmis avec un débit de 1,023 Mchips/s**.

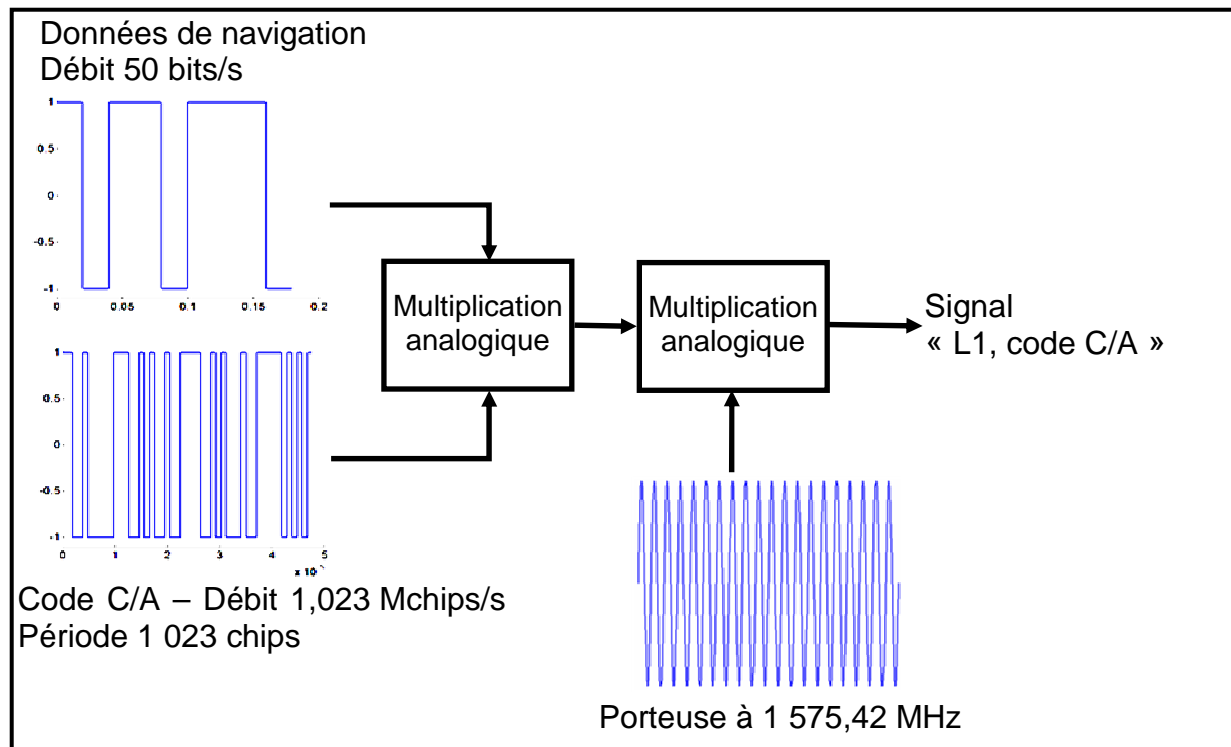
Les **données de navigation**, quant à elles, sont **transmises au rythme de 50 bits/s**.

Les données de navigation et le code C/A sont combinés et viennent moduler la porteuse de fréquence 1 575,42 MHz en phase, réalisant ainsi une modulation BPSK, qui est une modulation numérique de phase à deux états.

Note (1) : Pour faire la différence entre les données de navigation transmises par un satellite GPS et le code pseudo-aléatoire qui lui est associé, **chaque bit du code pseudo-aléatoire est dénommé « chip »**.

BTS SYSTÈMES ÉLECTRONIQUES – Étude d'un Système Technique		Session 2013
U4.1 – Électronique – Analyse Fonctionnelle	13SEE4EL1	Page : A4/12

Constitution de l'information « L1, code C/A » transmise par un satellite GPS



Ce principe de modulation permettant d'utiliser une porteuse unique pour des émetteurs différents (ici, les satellites) identifiés par un code dont le débit est bien supérieur à celui des informations utiles à transmettre fait partie des **modulations à étalement de spectre (modulations CDMA)**.

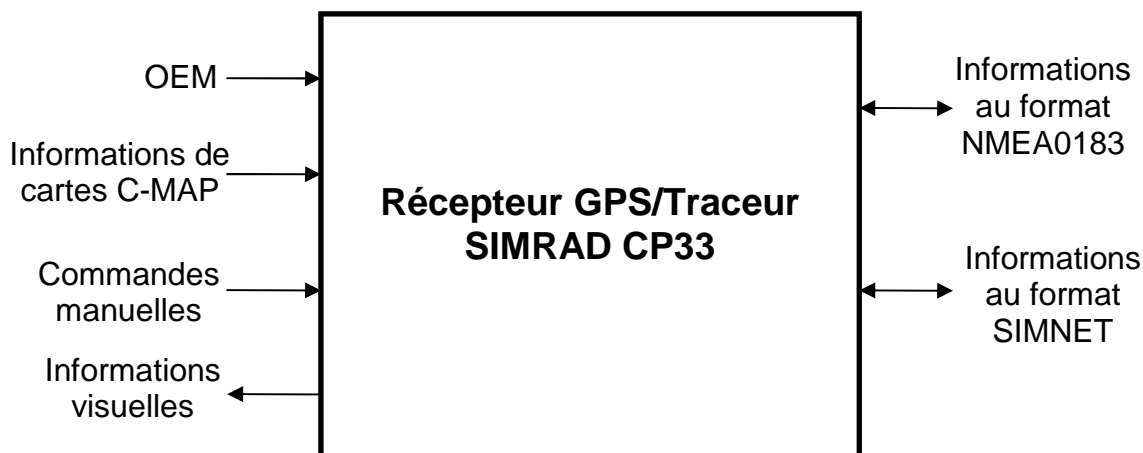
Comme son nom l'indique, une modulation à étalement de spectre entraîne un accroissement très important de l'occupation spectrale du signal modulé CDMA, par rapport à l'occupation spectrale du signal utile en bande de base.

Cette modulation permet d'apporter une solution à l'encombrement des bandes fréquentielles liées à la multiplicité croissante des sources émettrices dans tous les domaines d'applications utilisant des ondes hertziennes (radiodiffusion, télédiffusion, télécommunications mobiles, WiFi, Bluetooth, ...) puisque de nombreuses sources peuvent utiliser la même fréquence porteuse, à condition d'utiliser des codes différents.

Le Récepteur GPS/Traceur SIMRAD CP33

Le Récepteur GPS/Traceur SIMRAD CP33 est un appareil destiné à la navigation maritime permettant de :

- déterminer et visualiser la position du bateau sur le globe terrestre,
- programmer le parcours du bateau, en association avec un pilote automatique,
- échanger des informations avec d'autres appareils destinés à la navigation maritime.



Entrées

- **OEM** : onde électromagnétique modulée CDMA, de fréquence porteuse 1 575,42MHz, caractéristique de la bande GPS « L1, code C/A »,
- **Informations de cartes C-MAP** : informations issues d'un lecteur de cartes C-MAP fournissant une cartographie,
- **Commandes manuelles** : appuis sur les touches de la face avant par l'utilisateur.

Sorties

- **Informations visuelles** : images couleur destinées à l'utilisateur.

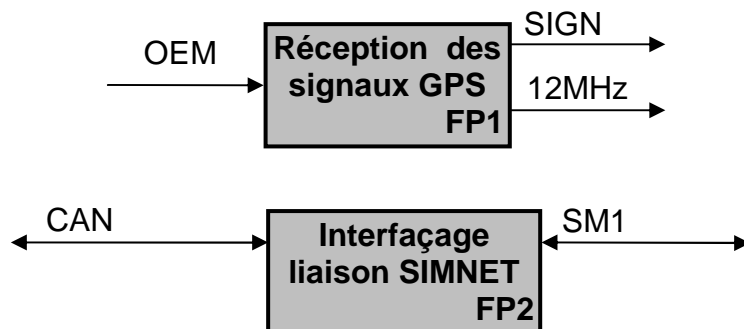
Entrées/Sorties

- **Informations au format NMEA0183** : ce format est défini dans la norme internationale d'échange d'informations basé sur une liaison série asynchrone. Ces informations sont échangées avec d'autres appareils destinés à la navigation maritime,
- **Informations au format SIMNET** : format propriétaire d'échange d'informations basé sur un bus CAN étendu. Ces informations sont échangées avec d'autres appareils destinés à la navigation maritime.

BTS SYSTÈMES ÉLECTRONIQUES – Étude d'un Système Technique		Session 2013
U4.1 – Électronique – Analyse Fonctionnelle	13SEE4EL1	Page : A6/12

Schéma fonctionnel partiel de 1^{er} degré du Récepteur GPS/Traceur SIMRAD CP33

L'étude portera sur les deux fonctions présentées ci-dessous.



Description des fonctions principales

FP1 : Réception des signaux GPS

Réalise l'acquisition des signaux issus des satellites de la flotte GPS visibles, et transpose ces signaux vers une fréquence porteuse plus faible.

Entrée

- OEM : onde électromagnétique modulée CDMA de fréquence porteuse 1 575,42 MHz caractéristique de la bande GPS « L1, code C/A ».

Sorties

- SIGN : signal modulé CDMA de fréquence porteuse 3,42 MHz,
- 12MHz : signal périodique de fréquence 12 MHz, utilisé pour l'échantillonnage du signal SIGN par un ASIC.

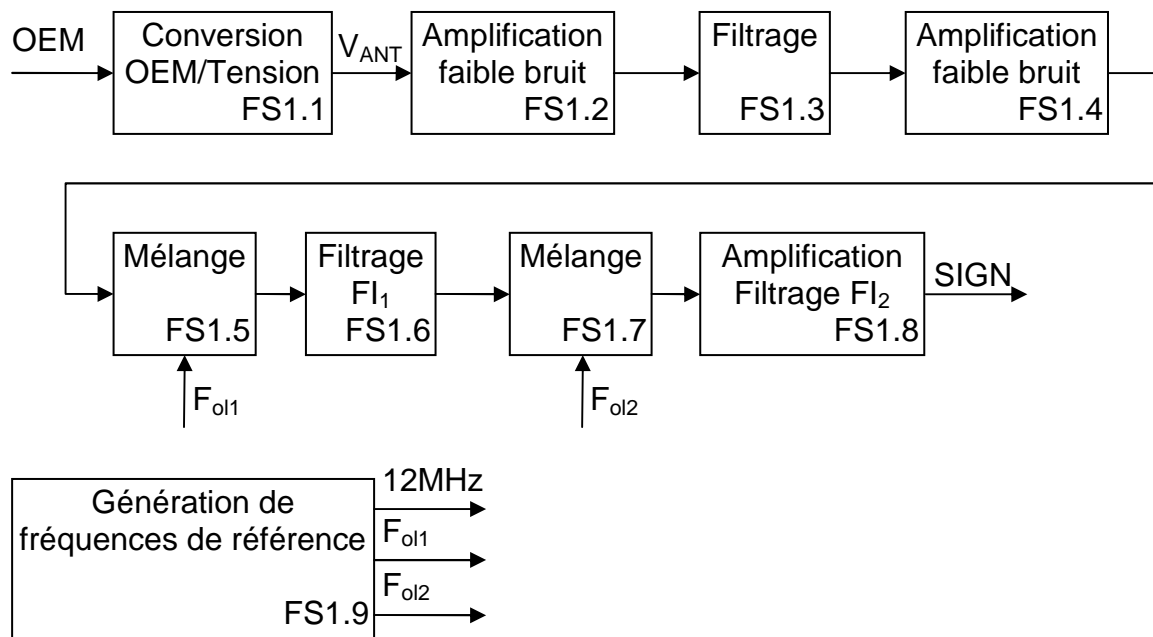
FP2 : Interfaçage liaison SIMNET

Réalise la conversion d'informations série au format électrique compatible CMOS en informations série au format SIMNET.

Entrée/Sortie

- SM1 : liaison série asynchrone au format électrique compatible CMOS, fournie par un microcontrôleur (4800 bits/s – Un bit Stop – Pas de parité).
- CAN : liaison série du réseau SIMNET, basé sur la norme Bus CAN (Identifiant sur 29 bits – Débit 250 kbits/s).

Schéma fonctionnel de 2^{ème} degré de la fonction FP1



Description des fonctions secondaires de FP1

FS1.1 : Conversion OEM/Tension

Entrée

- OEM : onde électromagnétique modulée CDMA, de fréquence porteuse 1 575,42 MHz caractéristique de la bande GPS « L1, code C/A ».

Sortie

- V_{ANT} : signal électrique, image de l'onde électromagnétique reçue.

FS1.2 : Amplification faible bruit

Réalise l'amplification du signal d'entrée, en ajoutant le moins de bruit possible.

Entrée :

- V_{ANT} : signal électrique, image de l'onde électromagnétique reçue.

Sortie :

- signal amplifié, image de l'onde électromagnétique reçue.

FS1.3 : Filtrage

Sélectionne la fréquence centrale et la largeur de bande utile du spectre d'entrée.

Entrée :

- signal amplifié, image de l'onde électromagnétique reçue.

Sortie :

- signal filtré dans la bande de fréquences utiles d'entrée.

FS1.4 : Amplification faible bruit

Réalise l'amplification du signal filtré, en ajoutant le moins de bruit possible.

Entrée :

- signal filtré dans la bande de fréquences utiles d'entrée.

Sortie :

- signal électrique filtré dans la bande de fréquences utiles d'entrée, amplifié.

BTS SYSTÈMES ÉLECTRONIQUES – Étude d'un Système Technique		Session 2013
U4.1 – Électronique – Analyse Fonctionnelle	13SEE4EL1	Page : A8/12

FS1.5 : Mélange

Effectue la multiplication du signal filtré avec le signal de sortie de l'oscillateur local, de fréquence F_{ol1} .

Entrées :

- signal filtré dans la bande de fréquences utiles d'entrée, amplifié.
- signal sinusoïdal de fréquence F_{ol1} .

Sortie :

- signal issu du mélange des signaux d'entrée.

FS1.6 : Filtrage FI_1

Effectue le filtrage du signal d'entrée autour de la fréquence intermédiaire FI_1 .

Entrée :

- signal issu du mélange des signaux d'entrée de FS1.5.

Sortie :

- signal filtré autour de la fréquence intermédiaire FI_1 .

FS1.7 : Mélange

Effectue la multiplication du signal filtré autour de la fréquence intermédiaire FI_1 avec le signal de sortie de l'oscillateur local, de fréquence F_{ol2} .

Entrées :

- signal filtré autour de la fréquence intermédiaire FI_1 ,
- signal sinusoïdal de fréquence F_{ol2} .

Sortie :

- signal issu du mélange des signaux d'entrée.

FS1.8 : Amplification Filtrage FI_2

Effectue le filtrage et l'amplification du signal d'entrée autour de la fréquence intermédiaire FI_2 .

Entrée :

- signal issu du mélange des signaux d'entrée de FS1.7.

Sortie :

- signal amplifié et filtré autour de la fréquence intermédiaire FI_2 .

FS1.9 : Génération de fréquences de référence.

Génère les signaux périodiques nécessaires au fonctionnement de la réception des signaux GPS.

Sorties :

- 12MHz : signal rectangulaire de fréquence 12 MHz,
- F_{ol1} : signal sinusoïdal de fréquence F_{ol1} ,
- F_{ol2} : signal sinusoïdal de fréquence F_{ol2} .

SPECIFICATIONS DU BUS CAN

Le réseau de transmission d'informations SIMNET est un réseau propriétaire (SIMRAD) basé sur un bus CAN, version 2.B (champ d'identifiant sur 29 bits).

Le bus CAN est un bus de transmission d'informations, bidirectionnel et différentiel, composé physiquement de deux lignes dénommées CANH et CANL :

- Les niveaux des signaux sont fonction de la différence de potentiel entre ces deux lignes,
- les niveaux logiques ne sont pas définis par des états '0' ou '1', mais par des états récessifs ou dominants.

La constitution d'une trame CAN étendue (identifiant sur 29 bits) est donnée ci-dessous :

Start of frame (SOF)	Champ d'arbitrage	Champ de contrôle	Champ de données	Champ CRC	Champ d'acquittement	End of frame (EOF)
1 bit dominant	32 bits	6 bits	8 octets pour SIMNET	16 bits	2 bits	7 bits récessifs

De plus, le détail du contenu du champ d'arbitrage est le suivant :

Poids fort de l'identifiant	SRR	IDE	Poids faible de l'identifiant	RTR
11 bits	1 bit	1 bit	18 bits	1 bit

- **SRR (Substitute Remote Request)** : 1 bit récessif,
- **IDE (Identifiier Extension bit)** : 1 bit récessif,
- **RTR (Remote Transmission Request)** : 1 bit dominant pour une trame de données et récessif pour une trame de requête.

D'autre part, après 5 états consécutifs identiques dans un message, un bit supplémentaire est ajouté, d'état inverse à ces 5 états consécutifs. Ceci permet d'éviter de laisser la ligne à un niveau constant trop longtemps. Ces bits supplémentaires sont appelés bits de remplissage ou « stuffing bits ».

