

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 017 756

②1 N° d'enregistrement national : **14 51167**

⑤1 Int Cl⁸ : **H 04 B 10/11 (2013.01), G 01 S 3/02**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 14.02.14.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 21.08.15 Bulletin 15/34.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : RTSYS — FR.

⑦2 Inventeur(s) : BOURDON RAPHAEL.

⑦3 Titulaire(s) : RTSYS.

⑦4 Mandataire(s) : NOVAGRAAF TECHNOLOGIES
(CBT BALLOT) Société anonyme.

⑤4 **PROCEDE DE TRANSMISSION D'UN SIGNAL AUDIO OU VIDEO SUR UN LIEN ACOUSTIQUE DANS UN MILIEU SOUS-MARIN.**

⑤7 L'invention concerne un procédé de communication d'un signal audio ou vidéo analogique dans un milieu sous-marin à travers un canal acoustique entre un module capteur (10) et un module récepteur (20), le module capteur étant commandé par un module de commande (30) via des signaux de commande transmis à travers ledit canal acoustique. Selon l'invention, le module capteur (10) acquiert le signal audio ou vidéo analogique, l'échantillonne à cadence C1, lui applique une modulation puis le transmet à une cadence C2 supérieure à C1 audit module récepteur de manière à libérer un intervalle temporel pour la réception des signaux de commande. Le module récepteur (20) régénère le signal échantillonné de départ à partir du signal reçu.

FR 3 017 756 - A1



Domaine technique

La présente invention se rapporte au domaine de la transmission d'un signal audio ou vidéo sur un lien acoustique. L'invention concerne plus particulièrement la transmission d'un signal audio ou vidéo dans un milieu sous-marin.

Etat de la technique

Il est connu de transmettre dans le milieu sous-marin des signaux audio ou vidéo sur un lien acoustique entre un module capteur et un module récepteur. Pour cela, le module capteur est classiquement muni d'un capteur audio/vidéo et d'un émetteur/récepteur. Ce module capteur est par exemple posé au fond de l'eau ou disposé à une extrémité d'un câble sous-marin, lui-même étant connecté par son autre extrémité à une bouée présente à la surface de l'eau. Le module récepteur est équipé d'un récepteur pour recevoir les signaux audio ou vidéo et est par exemple placé à bord d'un navire. Enfin, la transmission est commandée par un module de commande qui est éventuellement intégré au module récepteur. Les signaux de commande sont également transmis classiquement à travers le lien acoustique.

Ce système a pour but de collecter des données audio/vidéo dans une zone marine particulière et à une profondeur particulière et de les retransmettre, sur demande, vers le module récepteur par une liaison acoustique.

En pratique, le module capteur acquiert, sur demande du module de commande, un signal audio ou vidéo analogique, le transforme en un signal numérique et le transmet, en temps réel ou en différé, au module récepteur via une liaison acoustique. De son côté, le module récepteur reçoit le signal numérique transmis par le module capteur et doit être capable de régénérer, à partir de ce signal numérique, le signal analogique capté par le module capteur.

10 Pour que le module capteur puisse, dans le même temps, émettre le signal capté et recevoir les signaux de commande, il faudrait que l'émetteur et le récepteur du module capteur puissent fonctionner simultanément et que le canal acoustique sélectionné pour la transmission du signal audio/vidéo et du signal de commande soit bidirectionnel pour obtenir une communication en duplex intégral (ou "full duplex" en langue anglaise), ce qui n'est pas possible actuellement. Les systèmes actuels en duplex intégral ne permettent pas d'être simultanément en émission acoustique et en réception acoustique. En effet, l'émission acoustique masque ou perturbe la réception acoustique.

On utilise alors généralement un système semi-duplex (ou "half-duplex" en langue anglaise) dans lequel le module capteur émet le signal audio/vidéo pendant un premier intervalle temporel puis reçoit les signaux de commande pendant un deuxième intervalle temporel qui est consécutif au premier intervalle temporel. Le

module capteur et le module de commande émettent alors en alternance.

Le principal inconvénient d'un tel système semi-duplex est qu'il ne permet pas de transmettre un signal audio ou vidéo continu. Les commandes sont transmises en alternance avec le signal audio ou vidéo.

Un but de l'invention est de pallier les inconvénients précités.

Résumé de l'invention

10 Selon l'invention, il est proposé une communication semi-duplex adapté pour simuler une communication en duplex intégral.

A cet effet, l'invention concerne un procédé de communication d'un signal audio ou vidéo analogique dans un milieu sous-marin à travers un canal acoustique entre un module capteur et un module récepteur, le module capteur étant commandé par un module de commande via des signaux de commande transmis à travers ledit canal acoustique, lesdits module capteur, module récepteur et module de commande étant synchronisés, ledit module capteur étant apte à acquérir ledit signal audio ou vidéo analogique et à le transmettre, conformément aux signaux de commande, vers ledit module récepteur.

25 Selon l'invention, le procédé comprend les étapes suivantes:

- le module capteur échantillonne le signal audio ou vidéo analogique à une cadence d'échantillonnage C_1 prédéterminée, module une porteuse de fréquence f_1 du canal acoustique avec le signal échantillonné de sorte à générer un signal modulé et découpe ledit signal modulé en blocs d'échantillons, chaque bloc d'échantillons comportant les échantillons se rapportant à une portion de durée T du signal modulé,
- le module capteur émet, sur demande du module de commande, les blocs d'échantillons à une cadence telle que les échantillons du signal échantillonné sont transmis à une cadence C_2 supérieure à la cadence d'échantillonnage C_1 , et le module récepteur reçoit lesdits blocs d'échantillons émis, lesdits blocs d'échantillons étant émis et reçus périodiquement selon une période P de durée sensiblement égale à T , chacun desdits blocs d'échantillons étant émis pendant un intervalle de temps de la période P , appelé premier intervalle de temps, ledit premier intervalle de temps ayant une durée T_1 égale à $T \times \frac{C_1}{C_2}$;
- le module de commande émet les signaux de commande et le module capteur les reçoit pendant un intervalle de temps, appelé deuxième intervalle de temps, distinct du premier intervalle de temps, ledit deuxième intervalle de temps ayant une durée T_2 non nulle inférieure ou égale à $P - T_1$; et
- le module récepteur régénère les blocs d'échantillons de durée T à partir des blocs d'échantillons reçus, les démodule et régénère le signal échantillonné.

Ce procédé de communication acoustique simule une communication en duplex intégral alors qu'il s'agit en réalité d'une communication semi-duplex. Le signal audio ou vidéo est transmis en analogique pour être plus robuste aux interruptions de canal que les transmissions numériques. Le signal audio ou vidéo est en quelque sorte compressé du fait de la différence de cadence entre l'échantillonnage et la transmission. Cette compression permet de libérer un intervalle temporel (deuxième intervalle temporel) pendant chaque période P , lequel intervalle de temps peut alors être utilisé pour la transmission des commandes. Le signal audio ou vidéo est transmis par salves, chaque salve correspondant à un bloc d'échantillons émis à la cadence $C2$. Le signal échantillonné au niveau du module émetteur est reconstitué au niveau du module récepteur, simulant ainsi une transmission continue du signal audio ou vidéo.

Selon un mode de réalisation particulier, les blocs d'échantillons et les signaux de commande sont transmis respectivement dans des bandes de fréquences distinctes $B1$ et $B2$ du canal acoustique.

Selon un mode de réalisation particulier, la modulation appliquée au signal échantillonné est une modulation en bande latérale unique (BLU) pour réduire la bande spectrale occupée par le signal audio ou vidéo émis.

Selon un mode de réalisation particulier, les signaux de commande émis dans la bande de fréquences $B2$ sont des signaux numériques.

Selon un mode de réalisation particulier, les signaux de commande émis dans la bande de fréquences B2 sont des signaux numériques OFDM (pour Orthogonal Frequency Division Multiplexing en langue anglaise) robustes aux multi-trajets.

Selon un mode de réalisation particulier, les signaux de commande comportent des mots numériques encodés selon un algorithme de type LDPC (pour Low Density Parity Check en langue anglaise) permettant, lors de leur décodage, de corriger des erreurs lors de leur transmission.

D'autres avantages pourront encore apparaître à l'homme du métier à la lecture des exemples ci-dessous, illustrés par les figures annexées, donnés à titre illustratif.

Brève description des figures

- La figure 1 représente une vue générale d'un système comprenant un module capteur et un module récepteur mettant en œuvre le procédé de l'invention pour transmettre un signal audio du module capteur vers le module récepteur;

- La figure 2 représente un diagramme temporel illustrant la transmission et la réception de signaux par le module capteur du système;

- La figure 3 est un organigramme illustrant les étapes du procédé de l'invention; et

- La figure 4 illustre la modulation en bande latérale unique du signal audio.

Description détaillée de l'invention

L'invention sera décrite ci-après dans le cadre d'un système comportant un module capteur destiné à capter un signal audio sous l'eau et à le transmettre sur commande vers un module récepteur à bord d'un navire.

Une vue d'ensemble d'un tel système est représentée à la figure 1. Le système comprend un module capteur 10 disposé à une extrémité d'un câble C, l'autre extrémité du câble étant raccordée à une bouée B flottant à la surface de l'eau. Ce module est apte à capter un signal audio et à le transmettre vers un module récepteur 20 placé au niveau de la coque d'un navire N. La transmission du signal audio capté est réalisée sous le contrôle d'un module de commande 30 qui est intégré, dans le cas présent, au module récepteur 20. Les modules 10, 20 et 30 sont synchronisés ensemble dans le canal acoustique.

Le module capteur 10 comporte un capteur audio qui est par exemple un microphone porté par un plongeur, lequel capteur est destiné à capter la voix du plongeur. Selon l'invention, le module capteur doit être capable d'émettre le signal audio capté et de recevoir quasi-simultanément des signaux de commandes provenant du module de commande.

Les signaux de commande sont des ordres destinés au module capteur, par exemple un ordre pour commencer la

transmission du signal audio ou un ordre pour la
stopper ou alors un ordre pour déclencher
l'enregistrement du signal audio dans une mémoire du
module capteur ou un ordre pour stopper ledit
5 enregistrement.

Les trois modules 10, 20 et 30 communiquent à travers
un canal acoustique comprenant de préférence une bande
de fréquences B1 dédiée à la transmission du signal
audio et une bande de fréquences B2 distincte dédiée à
10 la transmission des signaux de commande.

On pourrait envisager d'utiliser des bandes de
fréquences B1 identiques ou qui se recouvriraient
partiellement mais il pourrait y avoir des problèmes de
réverbération ou de réflexion de signal qui pourraient
15 engendrer un léger chevauchement temporel du signal de
commande sur le signal audio ou inversement.
L'utilisation de bandes de fréquences B1 et B2
distinctes permet de s'affranchir de ce problème.

Le module capteur 10 acquiert le signal et
20 éventuellement l'enregistre dans une mémoire. Lorsqu'il
reçoit un ordre de transmission, il transmet le signal
audio vers le module récepteur 20.

Selon l'invention, le signal audio est transmis par
salves (ou bursts en langue anglaise) pour libérer
25 périodiquement, dans le canal acoustique, un intervalle
temporel alloué à la réception des signaux de commande.

Selon un exemple de réalisation illustré par la
figure 2, le module capteur émet, toutes les 2

secondes, des salves de 1600ms pour 2 secondes de signal audio capté, libérant ainsi 400 ms pour recevoir les signaux de commande.

Le protocole de communication est décrit plus en détail en référence à la figure 3. Selon une première étape E1, le module capteur 10 échantillonne le signal audio capté à une cadence d'échantillonnage C1 prédéterminée, par exemple 32000 échantillons par seconde.

Selon une deuxième étape E2, le module capteur 10 module une porteuse de fréquence f_1 dans la bande de fréquences B1 avec le signal échantillonné de sorte à générer un signal modulé.

Selon une troisième étape E3, le module capteur 10 découpe le signal modulé en blocs d'échantillons comprenant chacun la partie du signal modulé se rapportant à N échantillons consécutifs du signal échantillonné. Chaque bloc d'échantillons correspond aux échantillons d'une portion de durée T du signal modulé. Dans l'exemple précité (figure 2), T est égale à 2 secondes.

Selon une quatrième étape E4, lorsqu'il reçoit préalablement un ordre d'émission du signal audio, le module capteur 10 émet les blocs d'échantillons à une cadence telle que les échantillons du signal échantillonné sont transmis à une cadence C2 supérieure à la cadence d'échantillonnage C1.

Pour que les échantillons correspondant à 2 secondes de signal audio soient émis dans une salve de 1,6

secondes, les échantillons sont, dans le cas d'une cadence d'échantillonnage C1 égale à 32000 échantillons par seconde, émis à une cadence C2 sensiblement égale à 40000 échantillons par seconde.

- 5 Les blocs d'échantillons sont émis périodiquement selon une période P de durée sensiblement égale à T. Ils sont émis pendant un intervalle de temps IT1 de la période P, ledit intervalle de temps IT1 ayant une durée T1 égale à $T \times \frac{C1}{C2}$. Dans l'exemple de la figure 2, P = 2s,
- 10 T1 = 1,6s et T2 = 0,4s.

Les blocs d'échantillons sont ainsi compressés temporellement en employant une cadence d'émission C2 supérieure à la cadence d'échantillonnage C1. L'intervalle de temps IT2 libéré par cette compression

15 est alors employé pour recevoir les signaux de commande du module de commande 30.

Simultanément, le module récepteur 20 reçoit à une étape E5 les blocs d'échantillons émis.

Selon une étape E6 et une étape E7, le module de

20 commande 30 émet, si besoin, un ordre d'arrêt de la transmission (signal de commande) et le module capteur 10 le reçoit pendant un intervalle de temps IT2 distinct de IT1 de durée T2 égale à P-T1. L'intervalle IT2 alloué à la réception des signaux de commande peut

25 éventuellement avoir une durée inférieure à P-T1.

Selon une étape E8, le module récepteur 20 régénère les blocs d'échantillons de durée T à partir des blocs d'échantillons reçus via une boucle de verrouillage de

phase (ou PLL pour phase Locked Loop en langue anglaise) numérique et les démodule de manière à regénérer le signal échantillonné. La topologie de la boucle de verrouillage de phase est de type «Order
5 Meyr-Feed-forward structure» avec filtrage dans la boucle de retour. Cette topologie est bien connue de l'homme du métier. Si un ordre d'arrêt de la transmission est reçu par le module capteur 10, celui-ci le traite pendant une étape E9 simultanée à l'étape
10 E8. Sinon la transmission du signal audio pendant les intervalles IT1 suivants se poursuit tant que le module capteur ne reçoit pas d'ordre d'arrêt de la transmission.

Ce procédé de communication permet de simuler une
15 communication en duplex intégral entre le module capteur 10 et les modules 20 et 30 alors qu'il s'agit en réalité d'une communication semi-duplex.

Avantageusement, la modulation appliquée au signal échantillonné est une modulation en bande latérale
20 unique (BLU) pour réduire la bande spectrale occupée par le signal audio émis. Cette étape de modulation est illustrée par la figure 4. La modulation comporte une étape de transposition en fréquence puis une étape de filtrage pour ne conserver qu'une bande latérale unique
25 du signal échantillonné. Le signal échantillonné X est transposé à la fréquence f_t dans une première étape (opérations $[X \cos(2\pi * f_t * t)]$ et $[X \sin(2\pi * f_t * t)]$). La fréquence f_t est par exemple égale à 4 kHz. Ce signal transposé est ensuite filtré par un filtre
30 passe-bas ayant une fréquence de coupure f_c égale à f_t

pour ne conserver que la bande latérale inférieure du signal transposé. Le signal ainsi filtré, noté X', est ensuite utilisé pour moduler une porteuse de fréquence f_1 (opérations $[X' \cos(2\pi * f_1 * t)]$ et $[X' \sin(2\pi * f_1 * t)]$).

Les signaux de commande émis dans la bande de fréquences B2 sont avantageusement des signaux numériques OFDM robustes aux multi-trajets.

Ils comportent avantageusement des mots numériques encodés selon un algorithme de type LDPC permettant, lors de leur décodage, de corriger des erreurs lors de leur transmission.

Le module capteur 10 peut ainsi fonctionner selon différents modes de fonctionnement pour limiter sa consommation:

- Mode 0: veille profonde et réveil sur signal de commande spécifique;
- Mode 1: réception de commandes et enregistrement du signal audio dans une mémoire;
- Mode 2: Réception de commandes et transmission en temps réel ou en différé du signal audio et éventuellement enregistrement du signal audio dans une mémoire.

Le procédé de communication décrit précédemment est plus particulièrement employé pour implémenter le mode 2. La transmission du signal audio peut être interrompue ou réactiver toutes les 2 secondes.

Ce procédé présente les avantages suivants:

- Robustesse de la transmission du signal audio aux interruptions de canal car le signal audio est transmis en analogique;
- Pas de délai de latence dans la transmission du
5 signal audio;
- Bande de passante réduite;
- Faible consommation du module capteur par rapport à une transmission numérique.

Le mode de réalisation décrit ci-dessus a été donné à
10 titre d'exemple. Il est évident pour l'homme de l'art qu'il peut être modifié. Le signal transmis peut être un signal vidéo au lieu d'un signal audio. Le module de commande 30 peut être séparé du module récepteur 20.

De même, les signaux de commande destinés au module
15 capteur peuvent être accompagnés d'autres signaux de commande destinés à un autre module. Par exemple, si le module capteur est porté par un robot sous-marin, des signaux de commande destinés au robot sous-marin peuvent être rajoutés aux signaux de commande destinés
20 au module capteur.

REVENDICATIONS

1. Procédé de communication d'un signal audio ou vidéo analogique dans un milieu sous-marin à travers un canal acoustique entre un module capteur (10) et un module récepteur (20), le module capteur étant commandé par un module de commande (30) via des signaux de commande transmis à travers ledit canal acoustique, lesdits module capteur, module récepteur et module de commande étant synchronisés, ledit module capteur (10) étant apte à acquérir ledit signal audio ou vidéo analogique et à le transmettre, conformément aux signaux de commande, vers ledit module récepteur (20),

caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes:

- le module capteur (10) échantillonne (E1) le signal audio ou vidéo analogique à une cadence d'échantillonnage $C1$ prédéterminée, module (E2) une porteuse de fréquence f_1 du canal acoustique avec le signal échantillonné de sorte à générer un signal modulé et découpe (E3) ledit signal modulé en blocs d'échantillons, chaque bloc d'échantillons comportant les échantillons se rapportant à une portion de durée T du signal modulé,

- le module capteur (10) émet (E4), sur demande du module de commande, les blocs d'échantillons à une cadence telle que les échantillons du signal échantillonné soit transmis à une cadence $C2$ supérieure à la cadence d'échantillonnage $C1$, et le module récepteur (20) reçoit (E5) lesdits blocs d'échantillons émis, lesdits blocs d'échantillons étant émis et reçus

périodiquement selon une période P de durée sensiblement égale à T , chacun desdits blocs d'échantillons étant émis pendant un intervalle de temps de la période P , appelé premier intervalle de temps, ledit premier intervalle de temps ayant une durée T_1 égale à $T \times \frac{C_1}{C_2}$;

- le module de commande (30) émet (E6) les signaux de commande et le module capteur (10) les reçoit (E7) pendant un intervalle de temps, appelé deuxième intervalle de temps, distinct du premier intervalle de temps, ledit deuxième intervalle de temps ayant une durée T_2 non nulle inférieure ou égale à $P - T_1$; et

- le module récepteur (20) régénère (E8) les blocs d'échantillons de durée T à partir des blocs d'échantillons reçus, les démodule et régénère le signal échantillonné.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les blocs d'échantillons et les signaux de commande sont transmis respectivement dans des bandes de fréquences distinctes B_1 et B_2 du canal acoustique.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la modulation appliquée au signal échantillonné est une modulation en bande latérale unique.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les

signaux de commande émis dans la bande de fréquences B2 sont des signaux numériques.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que les signaux de commande émis dans la bande de fréquences B2 sont des signaux numériques OFDM.

6. Procédé selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que les signaux de commande comportent des mots numériques encodés selon un algorithme de type LDPC.

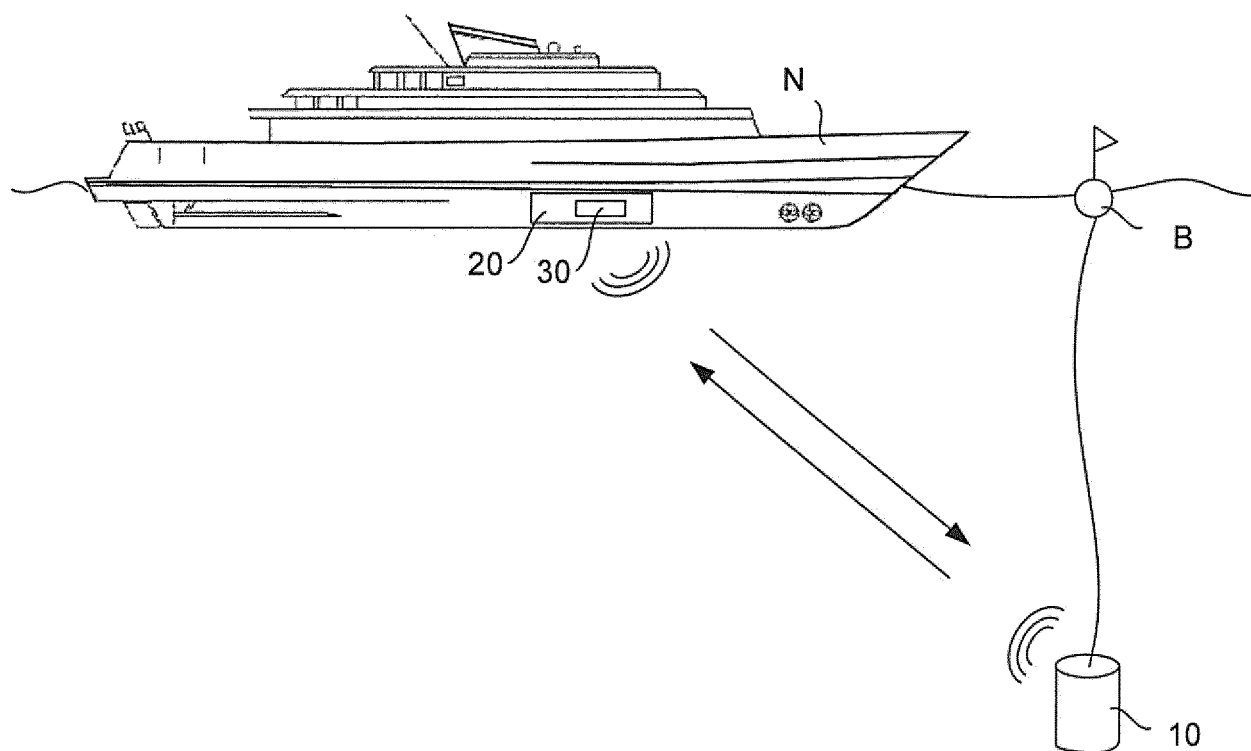


Fig.1

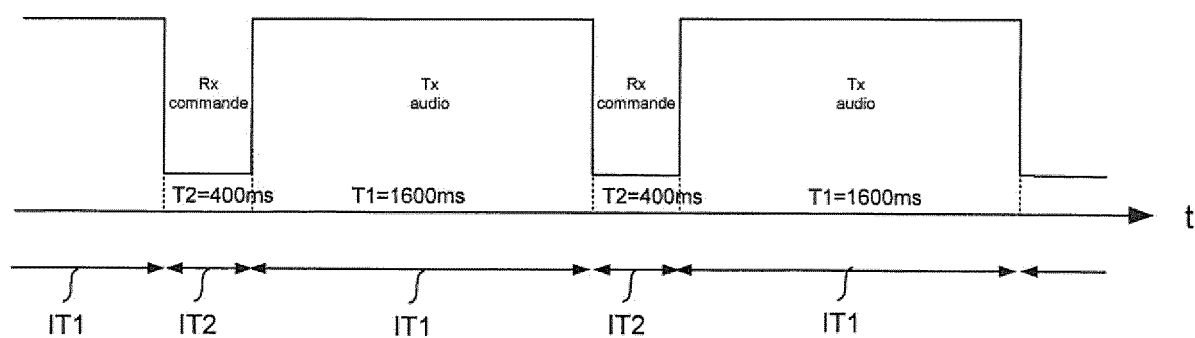


Fig.2

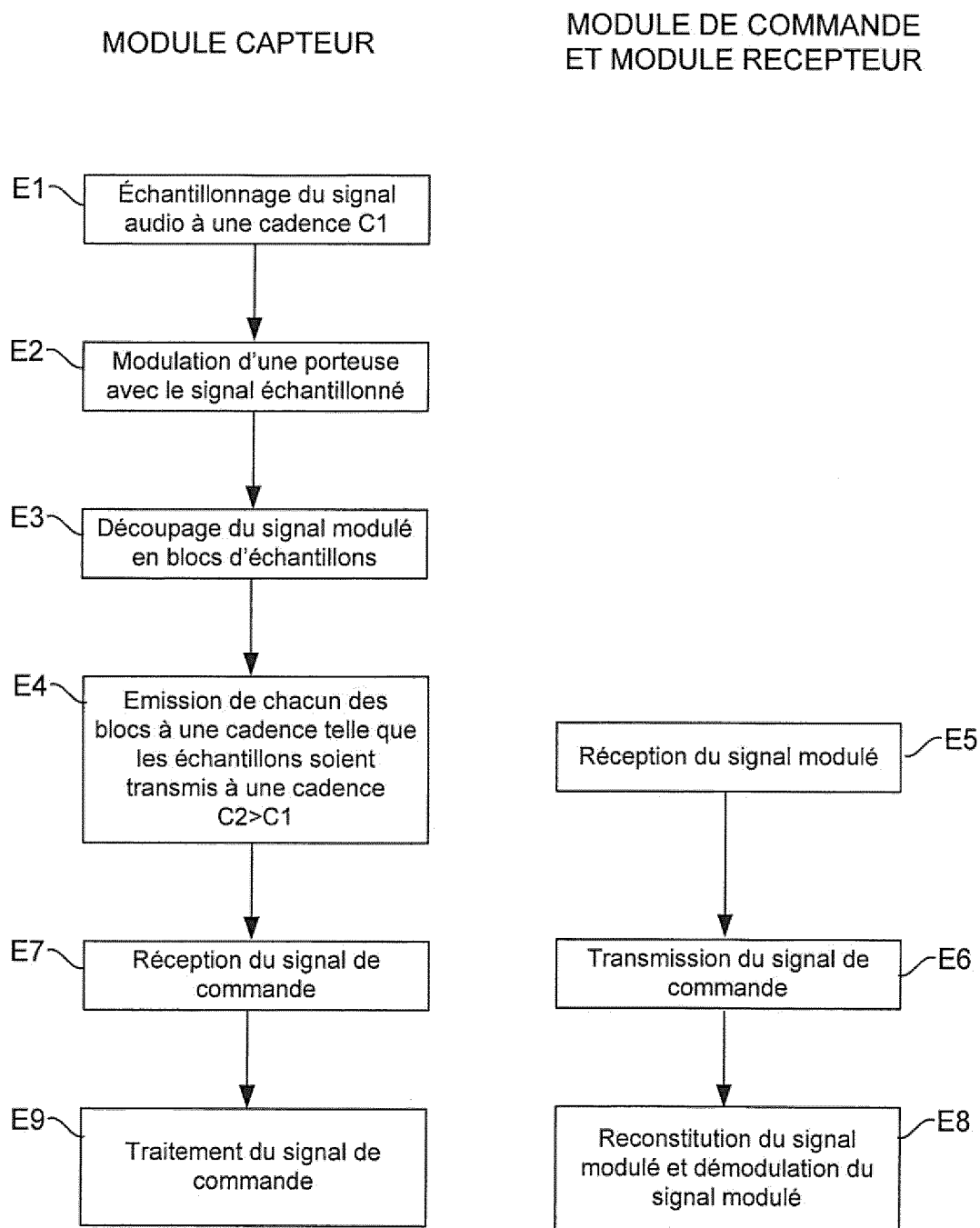


Fig.3

PL 3/3

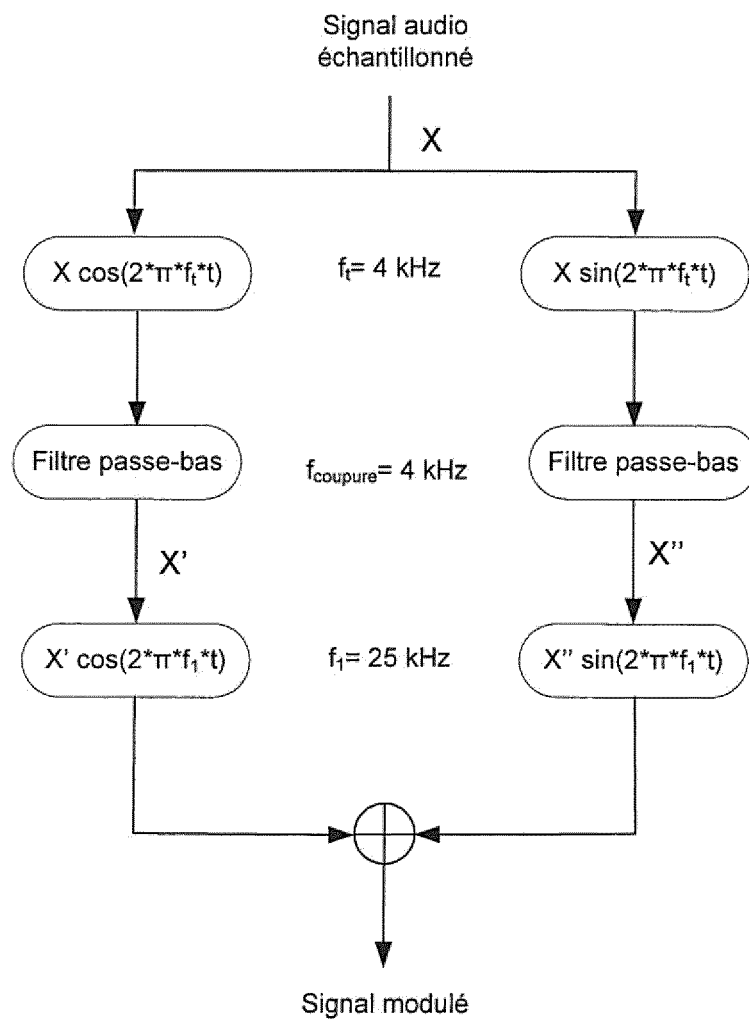


Fig.4



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 794309
FR 1451167

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS | | Revendication(s) concernée(s) | Classement attribué à l'invention par l'INPI |
|---|---|--|---|
| Catégorie | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes | | |
| A | FREITAG L ET AL: "A bidirectional coherent acoustic communication system for underwater vehicles", OCEANS '98 CONFERENCE PROCEEDINGS NICE, FRANCE 28 SEPT.-1 OCT. 1998, NEW YORK, NY, USA, IEEE, US, vol. 1, 28 septembre 1998 (1998-09-28), pages 482-486, XP010311821, DOI: 10.1109/OCEANS.1998.725794 ISBN: 978-0-7803-5045-8 * le document en entier * ----- | 1-6 | H04B10/11 G01S3/02 |
| A | US 2011/013480 A1 (KOYAMA SHUNSUKE [JP]) 20 janvier 2011 (2011-01-20) * le document en entier * ----- | 1-6 | |
| A | CN 201 878 153 U (CHENGDU ZHENHAN HIGH TECHNOLOGY CO LTD) 22 juin 2011 (2011-06-22) * le document en entier * ----- | 1-6 | |
| | | | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) |
| | | | H04B |
| Date d'achèvement de la recherche | | Examineur | |
| 28 octobre 2014 | | Petitit, Nicolas | |
| CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS | | T : théorie ou principe à la base de l'invention | |
| X : particulièrement pertinent à lui seul | | E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure | |
| Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un | | à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date | |
| autre document de la même catégorie | | de dépôt ou qu'à une date postérieure. | |
| A : arrière-plan technologique | | D : cité dans la demande | |
| O : divulgation non-écrite | | L : cité pour d'autres raisons | |
| P : document intercalaire | | & : membre de la même famille, document correspondant | |

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1451167 FA 794309**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **28-10-2014**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

| Document brevet cité au rapport de recherche | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|---|------------------------|---|--------------------------|
| US 2011013480 A1 | 20-01-2011 | JP 2011023923 A US 2011013480 A1 | 03-02-2011 20-01-2011 |
| ----- | | | |
| CN 201878153 U | 22-06-2011 | AUCUN | |
| ----- | | | |