

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

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

**3 030 721**

②1 N° d'enregistrement national : **14 63170**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **G 01 B 17/00 (2016.01), A 01 K 61/00, G 06 M 7/00**

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

**A1**

②2 Date de dépôt : 22.12.14.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 24.06.16 Bulletin 16/25.

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) : *ELECTRICITE DE FRANCE Société anonyme* — FR.

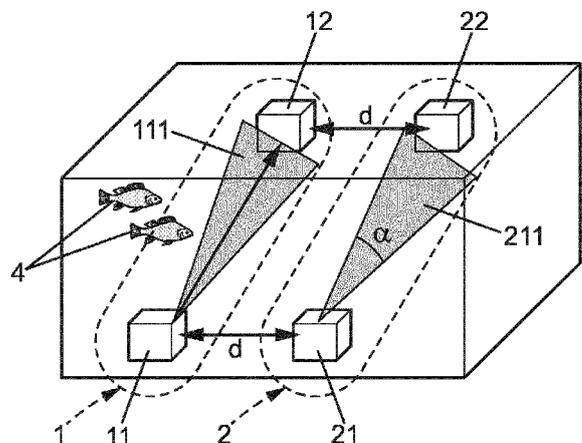
⑦2 Inventeur(s) : DE OLIVEIRA ERIC et D'URSO GUY.

⑦3 Titulaire(s) : *ELECTRICITE DE FRANCE Société anonyme*.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET PLASSERAUD.

⑤4 **DISPOSITIF ET PROCEDE DE DETECTION DE POISSONS DANS UN DISPOSITIF DE FRANCHISSEMENT.**

⑤7 L'invention concerne le domaine des dispositifs et procédés de détection de poissons et plus particulièrement un dispositif de détection de poissons dans un dispositif de franchissement utilisant un ensemble 1, 2 de deux transducteurs électroacoustiques 11, 12, 21, 22, un premier 11, 21 adapté pour émettre un signal acoustique 111, 211 directement vers le second 12, 22, qui capte le signal acoustique issu de la propagation dans le dispositif de franchissement du signal acoustique émis, et le dispositif de détection utilisant en outre un dispositif de traitement 3 du signal acoustique capté pour détecter la présence d'un poisson 4 entre les deux transducteurs de l'ensemble comme une différence entre les signaux acoustiques capté et émis allant au-delà d'une valeur seuil prédéterminée.



FR 3 030 721 - A1



L'invention concerne le domaine des dispositifs et procédés de détection de poissons.

L'invention concerne plus particulièrement un dispositif et un procédé de détection de poissons particulièrement adapté à des dispositifs de franchissement d'obstacles, tels que des passes à poissons ou des exutoires.

Dans les cours d'eau, la continuité écologique se définit comme la possibilité de circulation des espèces animales et le bon déroulement du transport des sédiments. La continuité est entravée par un nombre important d'obstacles de natures très variées, et notamment par des ouvrages tels que des barrages, des seuils, des écluses, des moulins, etc. Certains de ces ouvrages représentent des obstacles infranchissables aux organismes aquatiques, notamment certaines espèces animales, qui doivent pouvoir circuler librement afin d'accéder à leurs zones de reproduction, de croissance ou encore d'alimentation. Cette notion de continuité est d'autant plus importante pour les espèces animales migratrices, telles que les espèces de poissons amphihalins, qui réalisent une première partie de leur cycle de vie en rivière et une deuxième partie en mer.

Pour permettre la circulation des espèces animales, des dispositifs de franchissement ont été aménagés sur un grand nombre d'ouvrages. Parmi ces dispositifs, on peut citer des dispositifs de montaison (de l'aval vers l'amont), comme des passes à poissons, et des dispositifs de dévalaison (de l'amont vers l'aval), comme des exutoires.

Une redéfinition du classement des cours d'eau est en cours de réflexion et devrait imposer la construction de nouveaux dispositifs de franchissement. L'efficacité ou la franchissabilité de ces nouveaux dispositifs de franchissement devraient préférentiellement être mesurées *in situ*.

Actuellement, trois types de moyens de tests *in situ* existent et peuvent être utilisés dans des problématiques standard.

Un premier moyen consiste en un piégeage dans le dispositif de franchissement qui permet d'obtenir des informations sur les espèces

animales empruntant la passe, des données biométriques sur les individus piégés, etc. Cette méthode est très lourde et permet difficilement un suivi en continu de la fréquentation du dispositif de franchissement. Par ailleurs, ce piégeage peut influencer sur le comportement des individus piégés.

- 5 Un deuxième moyen consiste en une détection optique à l'aide de caméras. Les enregistrements vidéo issus des caméras sont généralement traités par des opérateurs, ce qui nécessite des temps de traitement importants. De plus, en condition de forte turbidité, le comptage des individus et l'identification des espèces peuvent présenter des difficultés insurmontables.
- 10 En outre, cette méthode nécessite souvent un éclairage artificiel qui peut affecter le comportement des individus en attractivité ou en répulsion.

Un troisième moyen utilise la télémétrie et consiste à équiper d'émetteurs des individus pour les suivre dans, et en-dehors, du dispositif de franchissement. Cette méthode permet d'observer le comportement des individus ainsi équipés, mais représente un investissement en temps très conséquent et a un impact sur le comportement des individus marqués.

15

Toutes ces méthodes nécessitent de manipuler les individus et/ou présentent une efficacité et une fiabilité très dépendantes des conditions de la rivière, et plus particulièrement des conditions de débit, de turbidité et de luminosité.

- 20 Les méthodes non intrusives, autrement dit les méthodes ne nécessitant pas de manipuler les individus, sont à privilégier car elles permettent d'obtenir des mesures sans biais sur le comportement des individus.

Par ailleurs, des outils de détection basés sur l'acoustique ont été développés, ces derniers étant de plus en plus performants et pouvant être appliqués à la détection de poissons. Cependant, dans le cadre de cette application, on peut prévoir de rencontrer quelques difficultés. Par exemple, la dimension des poissons est éventuellement trop faible pour permettre de les détecter de façon fiable. Egalement, les poissons, de par leur nature (vertèbres, arrêtes, chaire, écailles, etc.), ne perturbent pas efficacement les ondes acoustiques, ce qui implique de pouvoir analyser ces ondes très finement.

25

30

Une telle méthode de détection acoustique est connue et met en œuvre un

sondeur acoustique 100 de la façon illustrée sur la figure 1. Plus particulièrement, la caméra acoustique 100 est plongée dans un volume d'eau 200 et est orientée de façon à émettre un faisceau 101 d'ondes acoustiques vers la surface 201 du volume d'eau. Le faisceau 101 est réfléchi par ladite surface 201 ; un faisceau réfléchi 102 se propage depuis cette surface 201 jusqu'à atteindre la caméra acoustique 100 où il est perçu et enregistré pour pouvoir être traité. Si un poisson 300 s'est trouvé sur le chemin du faisceau réfléchi 102, il en a perturbé les ondes acoustiques. L'analyse des perturbations des ondes acoustiques permet éventuellement de détecter le poisson.

Cette méthode repose sur une configuration de détection mono-statique de sondeur acoustique qui ne permet de travailler qu'en champ ouvert (en mer ou en rivière), en condition d'eaux claires et peu turbulentes, et avec une faible dynamique des individus ciblés.

Cette méthode n'est donc pas adaptée à une application au comptage des individus dans un dispositif de franchissement, ce dernier consistant généralement en un milieu au moins partiellement confiné, réfléchissant les ondes acoustiques de façon multiple et difficilement prédictible. Il apparaît donc que le principe de fonctionnement mono-statique pose des problèmes de masquage des échos liés à la présence de poissons du fait des réflexions des ondes acoustiques sur les parois du dispositif de franchissement.

Dans ce contexte, la présente invention vise un dispositif de détection capable de mesurer la fréquentation d'un dispositif de franchissement en continu et qui soit efficace et fiable quelles que soient les conditions de débit, de turbidité et de luminosité. De même, il serait très intéressant de fournir un comptage automatisé des individus fréquentant le dispositif de franchissement, et ce préférentiellement avec un intervalle de confiance déterminable, et dans la mesure du possible de fournir des mesures biométriques sur les individus fréquentant le dispositif de franchissement.

A cette fin, le dispositif de l'invention est tel qu'il comprend :

- un ensemble de deux transducteurs électroacoustiques, un premier transducteur de l'ensemble étant adapté à émettre un signal acoustique

directement vers un second transducteur de l'ensemble, le second transducteur étant adapté à capter un signal acoustique issu de la propagation dans le dispositif de franchissement du signal acoustique émis, et

- 5 - un dispositif de traitement du signal acoustique capté par le second transducteur de l'ensemble par comparaison au signal acoustique émis par le premier transducteur de l'ensemble, pour détecter la présence d'un poisson entre les deux transducteurs de l'ensemble comme une différence entre les signaux acoustiques capté et émis allant au-delà d'une valeur seuil  
10 prédéterminée.

Le dispositif de détection selon l'invention est ainsi agencé en configuration de fonctionnement bi-statique. Cette configuration particulière permet d'accroître considérablement les performances de détection, au moins en termes d'efficacité et de fiabilité, notamment par rapport à un dispositif de  
15 détection agencé en configuration de fonctionnement mono-statique. En outre, la portée du dispositif de détection est plus grande dans une configuration de fonctionnement bi-statique où le signal acoustique n'a pas à réaliser un aller-retour depuis et vers un même transducteur électroacoustique, comme cela est le cas en configuration de fonctionnement  
20 mono-statique.

Selon un premier mode de réalisation, le premier transducteur est apte à émettre un signal acoustique comprenant une impulsion sensiblement monochromatique présentant une fréquence centrale choisie en fonction de la turbulence des écoulements de l'eau dans le dispositif de franchissement,  
25 pour minimiser l'interaction entre le signal acoustique émis et ladite turbulence.

Le choix de la forme du signal acoustique émis est donc important. En effet, l'utilisation de signaux à large bande, de type modulation de fréquence ou de phase, serait un bon choix, du point de vue de la robustesse et de la  
30 résolution de positionnement en distance. Mais, dans le cas d'un écoulement turbulent, un tel signal, ayant une durée relativement longue et un spectre relativement large, interagirait avec la turbulence de l'eau dans le dispositif

de franchissement, ce qui aurait pour effet la dégradation spectrale en réception, et par voie conduirait à une dégradation imprédictible des performances de la détection. C'est pourquoi l'utilisation d'impulsions sensiblement monochromatiques est proposée. La fréquence centrale de chaque impulsion est choisie de façon à minimiser son interaction avec la turbulence. Par conséquent, on s'assure que la déformation du signal acoustique capté, ou plus particulièrement la déformation de son amplitude, soit principalement due à l'interaction de l'onde avec le poisson. Cette déformation est détectable à chaque passage d'un poisson dans le champ acoustique défini par l'ensemble des deux transducteurs électroacoustiques.

Cependant, l'utilisation d'une unique impulsion peut poser des problèmes de robustesse, par exemple du fait que la turbidité et l'écoulement de l'eau introduisent des déformations inhérentes au signal acoustique.

Afin de mieux s'affranchir des conditions de turbidité et d'écoulement de l'eau dans le dispositif de franchissement, il est proposé, selon un deuxième mode de réalisation, que le premier transducteur soit apte à émettre un signal acoustique comprenant une pluralité d'impulsions sensiblement monochromatiques présentant des fréquences centrales différentes entre elles.

Comme décrit ci-dessous, ce deuxième mode de réalisation peut se décliner selon deux variantes. Le dispositif selon son deuxième mode de réalisation permet ainsi d'atteindre une souplesse d'utilisation permettant de couvrir un large domaine d'applications et de configurations de terrain.

Selon une première variante du deuxième mode de réalisation, le premier transducteur est apte à émettre les impulsions de façon séquentielle et le dispositif de traitement est apte à traiter le signal acoustique capté en fonction de valeurs seuils de détection déterminées pour chaque fréquence centrale considérée.

Le dispositif permet ainsi d'atteindre avantageusement une détection plus fiable et plus simple des poissons. En effet, la détection n'est alors plus basée sur l'utilisation d'un unique signal acoustique, mais est basée sur l'utilisation d'une pluralité de signaux acoustiques, par exemple trois signaux

acoustiques, ayant chacun une fréquence centrale déterminée différente de celles des autres signaux acoustiques utilisés.

Selon une deuxième variante du deuxième mode de réalisation, le premier transducteur est apte à émettre les impulsions de façon simultanée. Et le  
5 dispositif de traitement est apte à réaliser une sommation cohérente des impulsions captées, chacune de ces impulsions étant issue de la propagation d'une impulsion correspondante du signal acoustique émis, et à réaliser une comparaison entre le résultat de la sommation réalisée et une somme des impulsions du signal acoustique émis.

10 Le dispositif selon cette deuxième variante permet d'atteindre une détection encore plus fiable que lorsque les impulsions du signal acoustique sont émises séquentiellement. En effet, la simultanéité d'émission des impulsions du signal acoustique permet d'atteindre une détection basée simultanément sur toutes ces impulsions. Toutefois, cette simultanéité d'émission induit un  
15 traitement des signaux acoustiques captés plus complexe que lorsque les impulsions du signal acoustique sont émises séquentiellement. Cette difficulté de traitement est surmontée en proposant un traitement adapté consistant essentiellement à démoduler les trois impulsions du signal acoustique capté de façon à pouvoir extraire l'enveloppe de chacune, à  
20 sommer les enveloppes extraites, le cas échéant en corrigeant leur éventuel déphasage, puis à comparer le résultat de cette sommation à une valeur seuil de sensibilité définie pour chaque pluralité d'impulsions considérée.

Selon une particularité, lesdites fréquences centrales différentes entre elles sont choisies parmi une fréquence centrale de 36 kHz, une fréquence  
25 centrale de 110 kHz, une fréquence centrale de 220 kHz et une fréquence centrale de 460 kHz. Chaque fréquence centrale est définie à plus ou moins 20% près, préférentiellement à plus ou moins 5% près.

Selon une autre particularité, les transducteurs acoustiques sont aptes à émettre ou recevoir des signaux acoustiques selon une période de répétition  
30 comprise entre 10 ms et 100 ms, préférentiellement égale à 30 ms. Et le dispositif de traitement est apte à réaliser une sommation des signaux acoustiques reçus sur une pluralité de périodes de répétition et à comparer le

résultat de la sommation réalisée avec une somme des signaux acoustiques émis sur ladite pluralité de périodes de répétition.

Le dispositif de détection permet ainsi avantageusement d'atteindre une détection encore plus fiable du fait qu'elle peut être basée sur une analyse  
5 de plusieurs signaux acoustiques captés consécutivement. Par ailleurs, le nombre de signaux acoustiques captés consécutivement, qui sont individuellement révélateurs du passage d'un poisson, est proportionnel à la longueur dudit poisson qui peut ainsi être avantageusement estimée.

Selon une autre particularité, le premier transducteur est apte à émettre un  
10 signal acoustique présentant la forme d'un faisceau ayant un angle d'ouverture compris entre 2° et 30°, préférentiellement compris entre 5° et 20°.

Le dispositif selon cette particularité permet de définir une corde acoustique entre deux transducteurs d'un ensemble. Cette notion de « corde » est  
15 utilisée pour dénoter l'aspect non diffus du champ acoustique défini entre les deux transducteurs d'un ensemble ; ce champ prend la forme d'un faisceau relativement étroit, appelé ici corde. De la sorte, une localisation du poisson détecté peut avantageusement être obtenue. En outre, l'angle d'ouverture de la corde acoustique peut être choisi en fonction de la configuration dans  
20 laquelle le dispositif de détection est installé dans le dispositif de franchissement ; cette configuration dépend des dimensions et des formes du dispositif de franchissement. Une adaptabilité du dispositif de détection à différents dispositifs de franchissement est donc avantageusement atteinte.

Selon une autre particularité, une pluralité d'ensembles de deux  
25 transducteurs électroacoustiques est agencée dans le dispositif de franchissement de sorte que chaque signal acoustique émis par un premier transducteur d'un ensemble n'interagisse pas avec un signal acoustique émis par un premier transducteur d'un autre ensemble. Et le dispositif de traitement est apte à traiter les signaux acoustiques captés par les seconds  
30 transducteurs de ladite pluralité d'ensembles de façon cohérente, au moins en fonction de l'emplacement relatif des ensembles entre eux.

La présence d'au moins une deuxième corde acoustique permet de diminuer les fausses alarmes car une détection peut alors être décidée uniquement si elle est donnée par plusieurs cordes. De plus, il est alors possible d'estimer la vitesse du poisson détecté. En effet, cette vitesse est alors proportionnelle  
5 au temps écoulé entre l'instant où la déformation de la première corde est détectée et l'instant où la déformation de la deuxième corde est détectée.

L'invention porte également sur un procédé de détection. Le procédé de détection met en œuvre le dispositif de détection selon l'invention. En outre, le procédé et le dispositif présente les mêmes avantages. L'invention porte  
10 encore sur un produit programme d'ordinateur comportant des instructions pour la mise en œuvre du procédé de détection selon l'invention. Ledit produit programme ordinateur peut comprendre par exemple une maquette développée sous le logiciel Matlab®.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront clairement  
15 de la description qui en est faite ci-après, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 représente un dispositif de détection selon l'art antérieur,
- la figure 2 représente un ensemble de transducteurs acoustiques  
20 d'un dispositif de détection selon l'invention,
- la figure 3 représente un dispositif de détection selon l'invention,
- la figure 4 représente schématiquement une méthode de traitement d'un signal acoustique selon un mode de réalisation de l'invention,
- la figure 5 représente un graphique de fonctions de transfert  
25 d'amplitude et de phase d'un signal acoustique en fonction de sa fréquence,
- la figure 6 représente un graphique d'une évolution temporelle de l'amplitude d'un signal acoustique capté et traité par traitement  
30 d'enveloppe,

- la figure 7 représente un graphique d'une évolution temporelle de l'amplitude d'un signal acoustique traité selon un mode de réalisation du procédé de l'invention, et
- la figure 8 représente un dispositif de détection selon un autre aspect de la présente invention.

Comme illustré sur la figure 2, le dispositif de détection de poissons selon l'invention est destiné à être agencé dans un dispositif de franchissement.

Un tel dispositif de franchissement peut consister en une passe à poissons ou un exutoire. Une passe à poissons est un dispositif permettant aux poissons de franchir, à la montaison, un obstacle créé par l'Homme sur un cours d'eau, tel qu'un barrage ou un seuil. Un exutoire est un passage au niveau d'un obstacle visant à franchir (à la dévalaison) ledit obstacle.

Quoique les dispositifs de franchissement soient généralement des espaces confinées par rapport à une rivière ou un fleuve, les dimensions et formes de ces dispositifs sont très variées. Par exemple, les dimensions d'un dispositif de franchissement peuvent varier de quelques dizaines de centimètres à quelques mètres, que ce soit en largeur ou en profondeur du volume d'eau s'y écoulant. Avantagement, le dispositif selon l'invention est adaptable à cette large variabilité. Cette adaptabilité sera notamment discutée plus bas en relation avec la figure 5.

Le dispositif de détection peut comprendre un ensemble 1, 2 de deux transducteurs électroacoustiques 11, 12, 21, 22.

Comme illustré sur la figure 2, un premier transducteur 11, 21 de l'ensemble 1, 2 peut être adapté pour émettre un signal acoustique 111, 211 directement vers un second transducteur 12, 22 de l'ensemble 1, 2.

Plus particulièrement, le premier transducteur 11, 21 est apte à émettre un signal acoustique 111, 211 comprenant au moins une impulsion sensiblement monochromatique présentant une fréquence centrale déterminée. Cette dernière peut notamment être choisie parmi une fréquence centrale de 36 kHz, une fréquence centrale de 110 kHz, une fréquence centrale de 220 kHz et une fréquence centrale de 460 kHz. Chaque

fréquence centrale est définie à plus ou moins 20% près, préférentiellement à plus ou moins 5% près. Ces marges d'erreur définissent également le possible étalement en fréquence de l'impulsion considérée autour de sa fréquence centrale. Par exemple, avec une fréquence centrale d'environ  
5 450 kHz, l'étalement en fréquence de l'impulsion peut aller de 400 kHz à 500 kHz.

Plus particulièrement, les transducteurs acoustiques 11, 12, 21, 22 peuvent être aptes à émettre 1000 ou recevoir 1100 des signaux acoustiques selon une période de répétition  $T_r$  comprise entre 10 ms et 100 ms,  
10 préférentiellement égale à 30 ms. Par la suite, lorsque le signal acoustique est défini comme étant émis en continu, une impulsion est émise à chaque période de répétition ; et, lorsque le signal acoustique est défini comme étant émis de façon discontinue, une impulsion est émise à chaque période de répétition pendant un nombre limité de répétitions, puis non émis pendant un  
15 nombre déterminé de répétitions, et ainsi de suite.

Le premier transducteur 11, 21 peut plus particulièrement être un émetteur acoustique. Cet émetteur acoustique peut être propre à émettre un faisceau acoustique relativement étroit et dirigé vers le second transducteur de l'ensemble. Par exemple, et comme illustré sur la figure 2, le signal  
20 acoustique 111, 211 émis par l'émetteur acoustique présente la forme d'un faisceau ayant un angle d'ouverture  $\alpha$  compris entre 2° et 30°, préférentiellement compris entre 5° et 20°. A cette fin, l'émetteur acoustique peut plus particulièrement comprendre une lentille acoustique pour générer un signal acoustique relativement focalisé. La largeur et l'orientation du  
25 faisceau peuvent alors être déterminées par la forme, la taille et l'emplacement des éléments électro-acoustiques et les caractéristiques de focalisation de la lentille acoustique ; ces dernières sont déterminées par la taille, la forme et l'indice de réfraction des matériaux qui sont situés entre les éléments électro-acoustiques et l'eau environnante.

30 Le dispositif de détection mettant en œuvre un tel émetteur acoustique permet de définir une corde acoustique entre deux transducteurs d'un ensemble. Cette notion de « corde » est utilisée pour dénoter l'aspect

relativement non diffus ou focalisé du champ acoustique défini entre les deux transducteurs d'un ensemble. De la sorte, une localisation du poisson détecté peut avantageusement être obtenue. En outre, l'angle d'ouverture de la corde acoustique peut être choisi en fonction de l'emplacement relatif des premier et second transducteurs d'un ensemble, qui peut dépendre à son tour des dimensions du dispositif de franchissement. Par exemple, un angle d'ouverture de l'ordre de 5° peut être choisi lorsque la distance entre deux transducteurs d'un ensemble est de l'ordre de quelques mètres ou plus ; un angle d'ouverture moins étroit par exemple de l'ordre de 20° peut être choisi, lorsque la distance entre deux transducteurs d'un ensemble ne dépasse pas un mètre. Une adaptabilité du dispositif de détection à différents dispositifs de franchissement est donc avantageusement atteinte.

Le second transducteur 12, 22 peut être adapté pour capter un signal acoustique. Ce signal acoustique capté peut être issu de la propagation dans le dispositif de franchissement du signal acoustique émis par le premier transducteur 11, 21 de l'ensemble 1, 2.

Le second transducteur 12, 22 peut plus particulièrement comprendre au moins un capteur acoustique mono- ou multi-bande. Par exemple, le capteur acoustique peut être le capteur multi-bande connu sous la référence ULTRAN® GS-30D50. Le capteur est choisi en fonction de la ou des caractéristiques des signaux acoustiques émis, et plus particulièrement en fonction de la fréquence centrale de l'impulsion ou des fréquences centrales des impulsions du signal acoustique.

Comme illustré sur les figures 3 et 4, le dispositif de détection selon l'invention comprend en outre un dispositif de traitement 3 de signaux acoustiques. Le dispositif de traitement peut plus particulièrement être propre à traiter le signal acoustique capté par le second transducteur 12, 22 de l'ensemble 1, 2. Le traitement peut comprendre la comparaison du signal acoustique capté par le second transducteur 12, 22 au signal acoustique émis par le premier transducteur 11, 21. La présence d'un poisson (non représentée sur lesdites figures 3 et 4) entre les deux transducteurs 11, 21, 12, 22 de l'ensemble 1, 2 peut alors être détectée

comme une différence, mesurée ou calculée, entre les signaux acoustiques capté et émis. Par exemple, une valeur seuil prédéterminée est définie au-delà de laquelle la différence entre les signaux acoustiques capté et émis est révélatrice de la présence ou du passage d'un poisson entre les deux transducteurs 11, 21, 12, 22 de l'ensemble 1, 2.

Comme illustré sur les figures 2 et 3, une pluralité d'ensembles 1, 2 de deux transducteurs électroacoustiques 11, 21, 12, 22 peut être agencée dans le dispositif de franchissement. Chaque signal acoustique émis par un premier transducteur 11 d'un ensemble 1 peut être orienté et/ou son émission peut être discontinuée et contrôlée dans le temps. Dès lors, le signal acoustique émis par un premier transducteur 11 d'un ensemble 1 peut être émis de sorte qu'il n'interagisse pas avec un signal acoustique émis par un premier transducteur 21 d'un autre ensemble 2. Dans l'exemple illustré sur la figure 2, les ensembles 1, 2 sont agencés parallèlement l'un à l'autre, et les signaux acoustiques 111, 211 transitant entre les transducteurs des ensembles 1, 2 sont suffisamment étroits pour ne pas se croiser l'un l'autre. Dans ce cas, une émission continue du signal acoustique par les premiers transducteurs 11, 21 est envisageable.

Comme illustré sur la figure 3, le dispositif de traitement 3 peut être connecté, par liaison filaire ou sans fil (par exemple par l'intermédiaire d'un émetteur radio à plus ou moins longue portée), à chaque ensemble 1, 2 de deux transducteurs électroacoustiques dans leur pluralité et plus particulièrement à chaque transducteur électroacoustique 11, 12, 21, 22 utilisé.

Le dispositif d'acquisition et de traitement est préférentiellement local afin de traiter *in situ* le signal acoustique et de ne fournir que des données traitées, i.e. nombre de poissons détectés par unité de temps et spectre de tailles. Une première version du traitement peut être développée sous Matlab et portée ultérieurement dans un langage machine (tel que le langage C).

Le dispositif de traitement comprend par exemple au moins l'un parmi un ordinateur, un serveur, un téléphone mobile, etc. Un tel dispositif de traitement est propre à héberger un produit programme d'ordinateur

comportant des instructions pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention, lorsque ce programme est exécuté par un processeur.

Lorsque les transducteurs acoustiques 11, 12, 21, 22 sont aptes à émettre 1000 ou recevoir 1100 des signaux acoustiques selon une période de répétition  $T_r$  déterminée, le dispositif de traitement 3 peut alors être apte à  
5 réaliser une sommation des signaux acoustiques reçus sur une pluralité de périodes de répétition et à comparer le résultat de la sommation réalisée avec une somme des signaux acoustiques émis sur ladite pluralité de périodes de répétition.

10 Le dispositif de détection permet ainsi avantageusement d'atteindre une détection plus fiable du fait qu'elle peut être basée sur une analyse de plusieurs signaux acoustiques captés consécutivement. Par ailleurs, le nombre de signaux acoustiques captés consécutivement qui sont individuellement révélateurs du passage d'un poisson est proportionnel à la  
15 longueur dudit poisson qui peut ainsi être avantageusement estimée, par exemple en prenant en compte la vitesse moyenne estimée du poisson.

Lorsque plusieurs ensembles de deux transducteurs sont utilisés, le dispositif de traitement 3 est préférentiellement apte à traiter 1200 les signaux acoustiques captés par les seconds transducteurs 12, 22 de ladite pluralité  
20 d'ensembles 1, 2. Ce traitement peut être réalisé de façon cohérente. Par exemple, ce traitement cohérent prend en compte au moins l'emplacement relatif des ensembles entre eux. Dans l'exemple illustré sur la figure 2, cette notion d'emplacement relatif comprend la distance  $d$  entre les ensembles agencés parallèlement entre eux.

25 La présence d'au moins une deuxième corde acoustique permet de diminuer les fausses alarmes car une détection peut alors être décidée uniquement si elle est donnée par plusieurs cordes. Le temps de parcours du poisson d'une corde à l'autre peut être estimé de façon à déterminer qu'il s'agit bien d'un même poisson passant successivement par les différentes cordes. Dans le  
30 cas d'une dévalaison, et en particulier dans les ouvrages de dévalaison, il peut être estimé que les poissons dévalent plus ou moins à la vitesse moyenne du courant. Dans tous les cas, la vitesse moyenne des poissons

dans le dispositif de franchissement peut être estimée via des mesures *in situ*. De plus, il est possible de mesurer la vitesse du poisson détecté. En effet, cette vitesse est non seulement de l'ordre de grandeur de la vitesse moyenne estimée, mais est plus particulièrement proportionnelle au temps  
5 écoulé entre l'instant où la déformation de la première corde est détectée et l'instant où la déformation de la deuxième corde est détectée.

Le dispositif de détection selon l'invention est donc agencé en une configuration de fonctionnement bi-statique qui permet d'accroître considérablement les performances de détection, au moins en termes  
10 d'efficacité et de fiabilité, notamment par rapport à un dispositif de détection agencé en configuration de fonctionnement mono-statique (tel qu'illustré sur la figure 1). En outre, la portée du dispositif de détection est plus grande dans une configuration de fonctionnement bi-statique où le signal acoustique n'a pas à réaliser un aller-retour depuis et vers un même transducteur  
15 électroacoustique, par exemple par réflexion sur la surface de l'eau ou sur une paroi du dispositif de franchissement, comme cela est le cas en configuration de fonctionnement mono-statique.

Le dispositif de détection et le procédé associé sont décrits ci-dessous dans chacun de ses deux modes de réalisation.

20 Dans son premier mode de réalisation, le dispositif de détection comprend un premier transducteur 11, 21 apte à émettre un signal acoustique 111, 211 comprenant une impulsion sensiblement monochromatique présentant une fréquence centrale déterminée. L'étalement en fréquence de l'impulsion est délimité par les marges d'erreur annoncées plus haut. La fréquence centrale  
25 peut avantageusement être choisie en fonction de la turbulence des écoulements de l'eau dans le dispositif de franchissement, pour minimiser l'interaction entre le signal acoustique émis et ladite turbulence.

Le choix de cette fréquence peut être basé sur la mesure de fonctions de transfert d'amplitude et de phase d'un signal acoustique sinusoïdal en  
30 fonction de sa fréquence d'émission. Un exemple de telles fonctions est représenté sur la figure 5. Cette mesure est préférentiellement réalisée *in situ*. Plus particulièrement, après avoir défini l'emplacement possible de deux

transducteurs d'un ensemble dans un dispositif de franchissement donné, un signal acoustique dont la fréquence varie dans le temps est émis ou des signaux acoustiques de différentes fréquences sont émis depuis le premier transducteur vers le second transducteur de l'ensemble. Il est fait en sorte qu'aucun passage ou présence de poissons ne soit à observer pendant la mesure pour ne pas influencer sur celle-ci. Pour une tension crête à crête  $V_{pp}$  du signal acoustique émis (dans l'exemple illustré  $V_{pp} = 20 \text{ V}$ ,  $30 \text{ V}$  et  $40 \text{ V}$ ), la puissance du signal acoustique émis est contrôlée et la puissance du signal acoustique capté est mesurée, de sorte qu'une différence ou un ratio entre ces puissances (ce ratio s'exprimant en décibel (dB) et étant reporté en ordonnée du graphique du haut dans l'exemple illustré) puisse être calculée sur la gamme de fréquences d'émission considérée, allant de 1 kHz à 600 kHz dans l'exemple illustré. Il apparaît ainsi que l'atténuation de l'amplitude de l'onde acoustique émise est moindre, notamment pour des fréquences du signal acoustique émis égales à 36 kHz, 110 kHz, 220 kHz et 460 kHz, que pour d'autres fréquences de la gamme de fréquences considérée. Ces fréquences pour lesquelles l'amplitude est atténuée de façon moindre peuvent être vues comme celles pour lesquelles l'interaction entre le signal acoustique émis et ladite turbulence est minimisée. Au moins l'une de ces fréquences d'émission peut donc être préférentiellement choisie. Il est possible de calculer également une différence de phase ou de déphasage entre le signal acoustique émis et le signal acoustique capté. L'évolution de cette différence sur la gamme de fréquence d'émission considérée est représentée sur la graphique du bas de la figure 5. Il apparaît que le déphasage entre le signal acoustique émis et le signal acoustique capté s'accroît à mesure que la fréquence d'émission croît. Il est à noter que, dans l'exemple illustré, l'atténuation de l'amplitude du signal et son déphasage ne dépend quasiment pas de la tension crête à crête  $V_{pp}$  du signal acoustique émis (les trois courbes, chacune obtenue pour une des trois valeurs de  $V_{pp}$  susmentionnées, se superposent que ce soit sur le graphique du haut ou sur celui du bas). Les informations ainsi obtenues sur le comportement d'un signal acoustique sinusoïdal lors de sa propagation dans le dispositif de franchissement sont donc de nature à assister un

opérateur en charge de l'installation du dispositif de détection dans le choix de la ou des fréquences d'émission. Ces informations peuvent servir en outre au traitement 1200 du signal acoustique capté pour détecter la présence d'un poisson entre les deux transducteurs d'un ensemble, que ce soit pour  
5 extraire l'enveloppe d'un signal acoustique capté ou pour corriger le déphasage éventuellement survenu.

Le graphique de la figure 6 illustre l'évolution temporelle de l'amplitude d'un signal acoustique capté obtenu à partir d'un signal acoustique consistant en une répétition de séries de dix impulsions, chaque impulsion étant d'une  
10 fréquence centrale de 36 kHz et d'une tension crête à crête  $V_{pp}$  comprise entre 5 V et 30 V, avec une période de répétition de 50 ms. Chaque atténuation de l'amplitude du signal acoustique capté correspond potentiellement à la détection d'un poisson.

Le choix de la forme du signal acoustique émis est donc important. En effet,  
15 l'utilisation de signaux à large bande, de type modulation de fréquence ou de phase, serait un bon choix, du point de vue de la robustesse et de la résolution de positionnement en distance. Mais, dans le cas d'un écoulement turbulent, une telle forme de signal, ayant une durée relativement longue et un spectre relativement large, interagirait avec la turbulence de l'eau dans le  
20 dispositif de franchissement, ce qui aurait pour effet la dégradation spectrale en réception, et par voie conduirait à une dégradation imprédictible des performances de la détection. C'est pourquoi l'utilisation d'impulsions sensiblement monochromatiques est avantageusement proposée. La fréquence centrale de chaque impulsion est choisie de façon à minimiser son  
25 interaction avec la turbulence. Par conséquent, on s'assure que la déformation du signal acoustique capté, ou plus particulièrement la déformation de son amplitude, soit principalement due à l'interaction du signal acoustique avec le poisson. Cette déformation est détectable à  
30 chaque passage d'un poisson dans le champ acoustique défini par l'ensemble des deux transducteurs électroacoustiques.

Toutefois, il est envisageable, dans le cadre de l'invention, d'implémenter un procédé de détection selon une version hybride entre une impulsion d'une

fréquence strictement déterminée et une impulsion à large bande, de type modulation de fréquence ou de phase. Une telle version hybride du procédé selon l'invention a été implémentée et a donné le résultat illustré sur la figure 7.

- 5 Le graphique de la figure 7 illustre le résultat du traitement 1200 d'un signal acoustique capté. Ce dernier a été plus particulièrement obtenu à partir d'un signal acoustique consistant en une impulsion ayant une fréquence centrale modulée entre 400 kHz et 500 kHz et par un traitement du signal acoustique capté par filtrage adapté. Le signal ainsi traité montre quatre fronts montants  
10 représentatifs, avec une fiabilité de 100 %, du passage de quatre poissons durant les 10 secondes que durent les mesures. En outre, il est possible de distinguer chaque début et chaque point d'arrêt de chaque front montant. Ces informations peuvent permettre d'estimer la taille de chaque poisson détecté, par exemple en prenant en compte la vitesse moyenne de passage  
15 des poissons.

Il est donc possible, dans le cadre de l'invention, de rechercher un compromis entre les avantages liés à l'utilisation d'une impulsion de fréquence déterminée, notamment pour minimiser l'interaction entre l'impulsion et la turbulence des écoulements, et l'utilisation d'une impulsion à  
20 large bande, de type modulation de fréquence ou de phase.

Cependant, l'utilisation d'une unique impulsion peut poser des problèmes de robustesse, par exemple du fait que la turbidité et l'écoulement de l'eau introduisent des déformations inhérentes au signal acoustique.

Afin de mieux s'affranchir des conditions de turbidité et d'écoulement de l'eau  
25 dans le dispositif de franchissement, il est proposé, selon un deuxième mode de réalisation, que le premier transducteur 11, 21 est apte à émettre un signal acoustique 111, 211 comprenant une pluralité d'impulsions sensiblement monochromatiques présentant des fréquences centrales différentes entre elles.

30 Comme décrit ci-dessous, ce deuxième mode de réalisation peut se décliner selon deux variantes.

Selon une première variante du deuxième mode de réalisation, le premier transducteur 11, 21 est apte à émettre les impulsions de façon séquentielle et le dispositif de traitement 3 est apte à traiter le signal acoustique capté en fonction de valeurs seuils de détection déterminées pour chaque fréquence centrale considérée.

Le dispositif permet ainsi d'atteindre avantageusement une détection plus fiable et plus simple des poissons. En effet, la détection n'est alors plus basée sur l'utilisation d'un unique signal acoustique, mais est basée sur l'utilisation d'une pluralité de signaux acoustiques, par exemple trois signaux acoustiques, ayant chacun une fréquence centrale déterminée différente de celles des autres signaux acoustiques utilisés.

Selon la deuxième variante du deuxième mode de réalisation, le premier transducteur 11, 21 est apte à émettre les impulsions de façon simultanée. Et, comme illustré sur la figure 4, le traitement 1200 comprend une sommation 1210 cohérente des impulsions captées, chacune de ces impulsions étant issue de la propagation d'une impulsion correspondante du signal acoustique émis, et une comparaison 1220 entre le résultat de la sommation réalisée et une somme des impulsions du signal acoustique émis.

Le dispositif selon cette deuxième variante permet d'atteindre une détection encore plus fiable que lorsque les impulsions du signal acoustique sont émises séquentiellement. En effet, la simultanéité d'émission des impulsions du signal acoustique permet d'atteindre une détection basée simultanément sur toutes ces impulsions. Toutefois, cette simultanéité d'émission induit un traitement des signaux acoustiques captés plus complexe que lorsque les impulsions du signal acoustique sont émises séquentiellement. Cette difficulté de traitement est surmontée en proposant un traitement adapté consistant essentiellement à démoduler les trois impulsions du signal acoustique capté de façon à pouvoir extraire l'enveloppe de chacune, à sommer les enveloppes extraites, le cas échéant en corrigeant leur éventuel déphasage, puis à comparer le résultat de cette sommation à une valeur seuil de sensibilité définie pour chaque pluralité d'impulsions considérée.

Plus particulièrement, lorsque des premiers transducteurs électroacoustiques 11, 21 à trois fréquences de résonances sont utilisés, le signal acoustique émis comprend trois sinusoïdes  $f_k$  ( $k = 1, 2, 3$ ), définies par :

$$e_k(t)_{k=1,2,3} = \begin{cases} A \exp(j2\pi f_k \cdot t), & t \in [iT_r, iT_r + D] \\ 0, & t \in ]iT_r + D, (i+1)T_r[ \end{cases}, \quad i = 1, 2, \dots$$

- 5 où  $A$  est l'amplitude des sinusoïdes,  $D$  est la durée des impulsions et  $T_r$  est la période de répétition des impulsions donnée par :

$$T_r = \frac{L}{c}$$

où  $L$  est la distance entre les deux transducteurs d'un ensemble et  $c$  est la célérité du son dans l'eau.

- 10 En faisant abstraction du bruit, les signaux reçus auront pour expression :

$$r_k(t) = A_k(t) \exp(j2\pi f_k \cdot (t - \tau)), \quad k = 1, 2, 3$$

- où  $A_k(t)$  sont les enveloppes d'amplitude dues aux déformations et  $\tau$  est le temps de propagation du signal acoustique de son émission 1000 à sa  
 15 réception 1100. Le traitement 1200 des signaux acoustiques captés consiste à démoduler les trois signaux de façon à pouvoir extraire 1210 les enveloppes qui seront par la suite sommées 1220 en phase. Le résultat de cette opération est comparé au seuil de sensibilité qui permet de quantifier la présence, ou non, du poisson dans la corde acoustique décrite par les deux  
 20 transducteurs d'émission et de réception.

Les modes de réalisation décrits ci-dessus doivent être considérés à titre d'illustration.

- Notamment, et comme illustré sur la figure 8, l'invention peut concerner un dispositif de détection de poissons dans un dispositif de franchissement  
 25 comprenant :

- un transducteur électroacoustique 11 adapté pour capter un signal acoustique issu de la propagation et de la réflexion dans le dispositif de franchissement d'un signal acoustique émis, et

- un dispositif de traitement du signal acoustique capté par comparaison au signal acoustique émis, pour détecter la présence d'un poisson 4 comme une différence entre les signaux acoustiques capté et émis allant au-delà d'une valeur seuil prédéterminée,

- 5 tel que le signal acoustique 111 émis comprend une pluralité d'impulsions sensiblement monochromatiques présentant des fréquences centrales différentes entre elles.

Selon une particularité de ce dispositif, le premier transducteur 11 peut être apte à émettre les impulsions de façon simultanée. En outre, le dispositif de  
10 traitement 3 peut être apte à réaliser une sommation cohérente des impulsions captées, chacune de ces impulsions étant issue de la propagation d'une impulsion correspondante du signal acoustique émis, et à réaliser une comparaison entre le résultat de la sommation réalisée et une somme des impulsions du signal acoustique émis.

- 15 Un tel dispositif n'est plus limité à une configuration de fonctionnement bi-statique, mais est élargi à une configuration de fonctionnement monostatique. Pour autant, une plus grande fiabilité de détection est avantageusement atteinte du fait de l'émission éventuellement simultanée d'une pluralité d'impulsions présentant des fréquences centrales différentes  
20 entre elles, comme cela a été expliqué plus haut.

D'autres caractéristiques décrites ci-dessus sont évidemment combinables avec le dispositif de détection illustré sur la figure 8.

- Notamment, le traitement du signal acoustique capté tel que décrit ci-dessus en référence à la figure 4 est évidemment utilisable pour traiter le signal  
25 acoustique capté par le dispositif de détection illustré sur la figure 8.

## REVENDICATIONS

1. Dispositif de détection de poissons dans un dispositif de franchissement comprenant :
- 5 - un ensemble (1, 2) de deux transducteurs électroacoustiques (11, 12, 21, 22), un premier transducteur (11, 21) de l'ensemble étant adapté à émettre un signal acoustique (111, 211) directement vers un second transducteur (12, 22) de l'ensemble, le second transducteur étant adapté à capter un signal acoustique issu de la propagation dans le dispositif de franchissement du signal acoustique émis, et
  - 10 - un dispositif de traitement (3) du signal acoustique capté par le second transducteur de l'ensemble par comparaison au signal acoustique émis par le premier transducteur de l'ensemble, pour détecter la présence d'un poisson (4) entre les deux transducteurs de l'ensemble comme une différence entre les signaux acoustiques capté et émis allant au-delà d'une
  - 15 valeur seuil prédéterminée.
2. Dispositif de détection selon la revendication 1, dans lequel le premier transducteur (11, 21) est apte à émettre un signal acoustique (111, 211) comprenant une impulsion sensiblement monochromatique présentant une
- 20 fréquence centrale choisie en fonction de la turbulence des écoulements de l'eau dans le dispositif de franchissement, pour minimiser l'interaction entre le signal acoustique émis et ladite turbulence.
3. Dispositif de détection selon la revendication 1, dans lequel le premier transducteur (11, 21) est apte à émettre un signal acoustique (111, 211) comprenant une pluralité d'impulsions sensiblement monochromatiques
- 25 présentant des fréquences centrales différentes entre elles.
4. Dispositif de détection selon la revendication 3, dans lequel le premier transducteur (11, 21) est apte à émettre les impulsions de façon séquentielle et le dispositif de traitement (3) est apte à traiter le signal acoustique capté en fonction de valeurs seuils de détection déterminées pour chaque
- 30 fréquence centrale considérée.

5. Dispositif de détection selon la revendication 3, dans lequel le premier transducteur (11, 21) est apte à émettre les impulsions de façon simultanée, et le dispositif de traitement (3) est apte à réaliser une sommation cohérente des impulsions captées, chacune de ces impulsions étant issue de la propagation d'une impulsion correspondante du signal acoustique émis, et à réaliser une comparaison entre le résultat de la sommation réalisée et une somme des impulsions du signal acoustique émis.
6. Dispositif de détection selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, dans lequel lesdites fréquences centrales différentes entre elles sont choisies parmi une fréquence centrale de 36 kHz, une fréquence centrale de 110 kHz, une fréquence centrale de 220 kHz et une fréquence centrale de 460 kHz, chaque fréquence centrale étant définie à plus ou moins 20% près, préférentiellement à plus ou moins 5% près.
7. Dispositif de détection selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel les transducteurs acoustiques (11, 12, 21, 22) sont aptes à émettre ou recevoir des signaux acoustiques selon une période de répétition comprise entre 10 ms et 100 ms, préférentiellement égale à 30 ms, et dans lequel le dispositif de traitement (3) est apte à réaliser une sommation des signaux acoustiques reçus sur une pluralité de périodes de répétition et à comparer le résultat de la sommation réalisée avec une somme des signaux acoustiques émis sur ladite pluralité de périodes de répétition.
8. Dispositif de détection selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel le premier transducteur (11, 21) est apte à émettre un signal acoustique (111, 211) présentant la forme d'un faisceau ayant un angle d'ouverture compris entre 2° et 30°, préférentiellement compris entre 5° et 20°.
9. Dispositif de détection selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel une pluralité d'ensembles (1, 2) de deux transducteurs électroacoustiques (11, 12, 21, 22) est agencée dans le dispositif de franchissement de sorte que chaque signal acoustique émis (111) par un premier transducteur (11) d'un ensemble (1) n'interagisse pas avec un signal acoustique émis (211) par un premier transducteur (21) d'un autre ensemble

(2), et le dispositif de traitement (3) est apte à traiter les signaux acoustiques captés par les seconds transducteurs (12, 22) de ladite pluralité d'ensembles (1, 2) de façon cohérente, au moins en fonction de l'emplacement relatif des ensembles entre eux.

- 5 10. Procédé de détection mettant en œuvre le dispositif de détection selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, le procédé comprenant :
- l'émission (1000), par un premier transducteur (11, 21) d'un ensemble (1,2) de deux transducteurs électroacoustiques, d'un signal acoustique (111, 211) directement vers un second transducteur de l'ensemble,
  - 10 - la captation (1100), par le second transducteur (12, 22) de l'ensemble (1,2), d'un signal acoustique issu de la propagation dans le dispositif de franchissement du signal acoustique émis, et
  - le traitement (1200), par un dispositif de traitement (3), du signal acoustique capté par le second transducteur de l'ensemble par comparaison  
15 au signal acoustique émis par le premier transducteur de l'ensemble, pour détecter la présence d'un poisson (4) entre les deux transducteurs de l'ensemble comme une différence entre les signaux acoustiques capté et émis allant au-delà d'une valeur seuil prédéterminée.
11. Procédé de détection selon la revendication 10, tel que le signal  
20 acoustique émis est sensiblement monochromatique, et le procédé comprend le réglage d'une fréquence centrale du signal acoustique émis en fonction de la turbulence des écoulements de l'eau dans le dispositif de franchissement, pour minimiser l'interaction entre le signal acoustique émis et ladite turbulence.
- 25 12. Procédé de détection selon la revendication 10, tel que le signal acoustique émis comprend une pluralité d'impulsions sensiblement monochromatiques de fréquences centrales différentes entre elles.
13. Procédé de détection selon la revendication 12, tel que les impulsions  
30 sont émises de façon séquentielle et le signal acoustique capté est traité (1200) en fonction de valeurs seuils de détection déterminées pour chaque fréquence centrale considérée.

14. Procédé de détection selon la revendication 12, tel que les impulsions sont émises de façon simultanée, et le traitement (1200) comprend une sommation (1210) cohérente des impulsions captées, chacune de ces  
5 impulsions étant issue de la propagation d'une impulsion correspondante du signal acoustique émis et une comparaison (1220) entre le résultat de la sommation réalisée et une somme des impulsions du signal acoustique émis.

15. Procédé de détection selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, tel que lesdites fréquences centrales différentes entre elles sont choisies  
10 parmi une fréquence centrale de 36 kHz, une fréquence centrale de 110 kHz, une fréquence centrale de 220 kHz et une fréquence centrale de 460 kHz, chaque fréquence centrale étant définie à plus ou moins 20% près, préférentiellement à plus ou moins 5% près.

16. Procédé de détection selon l'une quelconque des revendications 10 à 15, tel que l'émission (1000) et la réception (1100) des signaux acoustiques sont répétées selon une période de répétition comprise entre 10 ms et 100 ms, préférentiellement égale à 30 ms, et le traitement (1200) comprend une sommation des signaux acoustiques captés sur une pluralité de périodes de répétition et la comparaison du résultat de la sommation réalisée avec une  
20 somme des signaux acoustiques émis sur ladite pluralité de périodes de répétition.

17. Procédé de détection selon l'une quelconque des revendications 10 à 16, tel que le signal acoustique émis présente la forme d'un faisceau ayant un angle d'ouverture compris entre 2° et 30°, préférentiellement compris entre  
25 5° et 20°.

18. Procédé de détection selon l'une quelconque des revendications 10 à 17, tel que, le dispositif de détection comprenant une pluralité d'ensembles (1, 2) de deux transducteurs électroacoustiques (11, 12, 21, 22) agencée dans le dispositif de franchissement de sorte que chaque signal acoustique émis  
30 (111) par un premier transducteur (11) d'un ensemble (1) n'interagisse pas avec un signal acoustique émis (211) par un premier transducteur (21) d'un autre ensemble (2), le traitement (1200) des signaux acoustiques captés par

les seconds transducteurs (12, 22) de ladite pluralité d'ensembles (1, 2) est réalisé de façon cohérente, au moins en fonction de l'emplacement relatif des ensembles entre eux.

19. Produit programme d'ordinateur comportant des instructions pour la mise  
5 en œuvre du procédé selon l'une des revendications 10 à 18, lorsque ce programme est exécuté par un processeur.

1/5

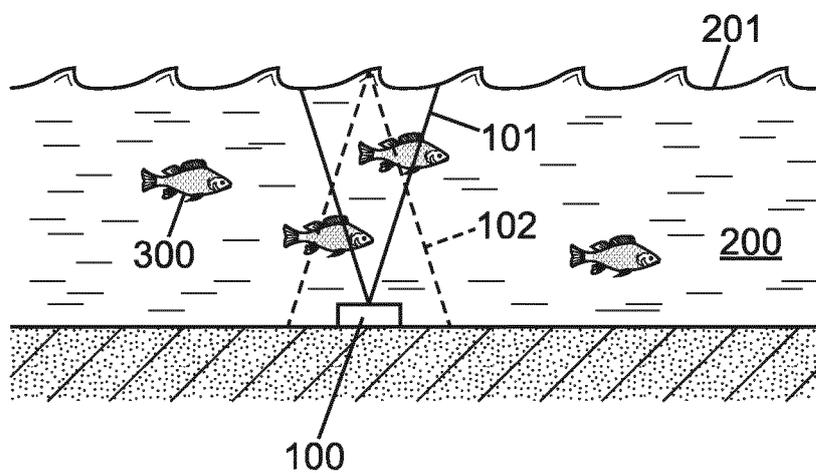


FIG. 1

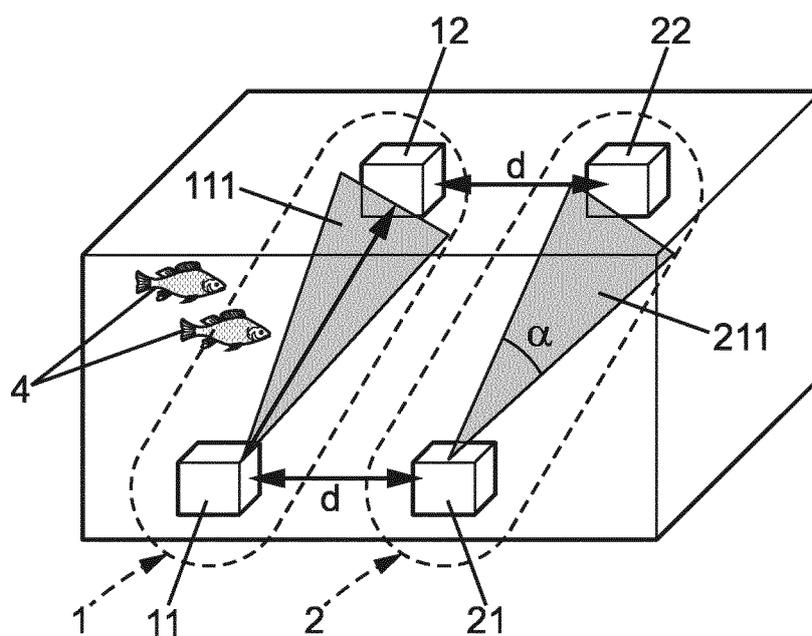
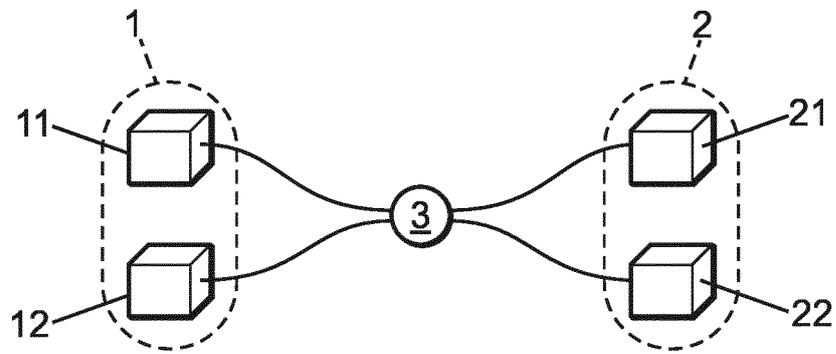
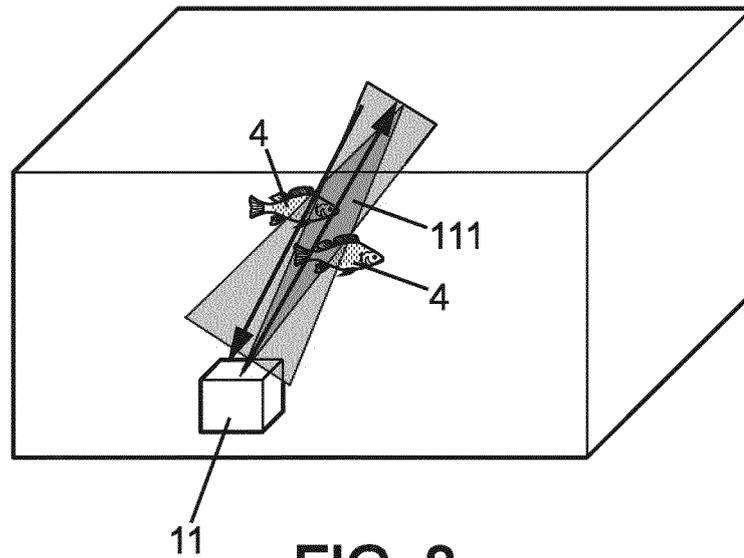


FIG. 2



**FIG. 3**



**FIG. 8**

3/5

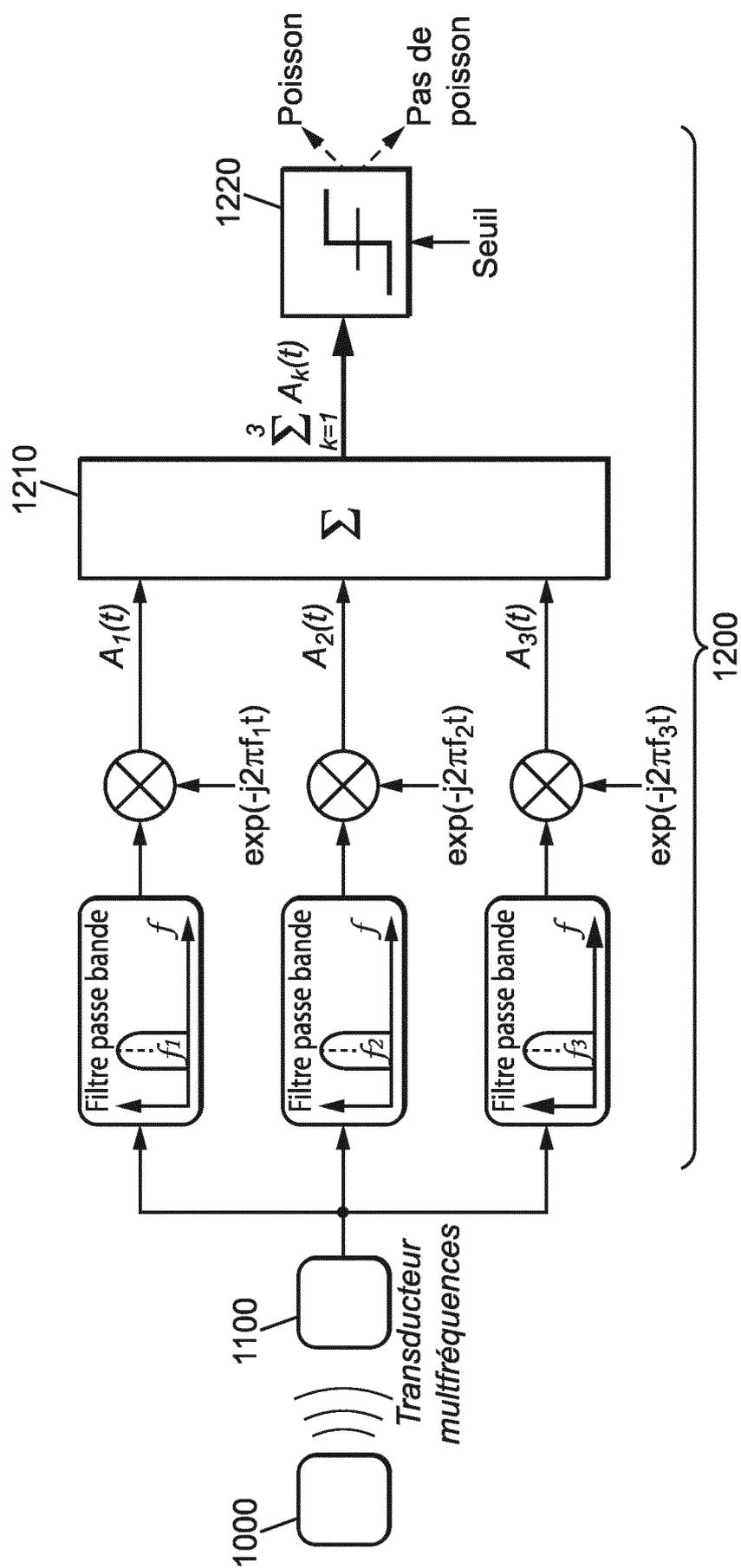


FIG. 4

4/5

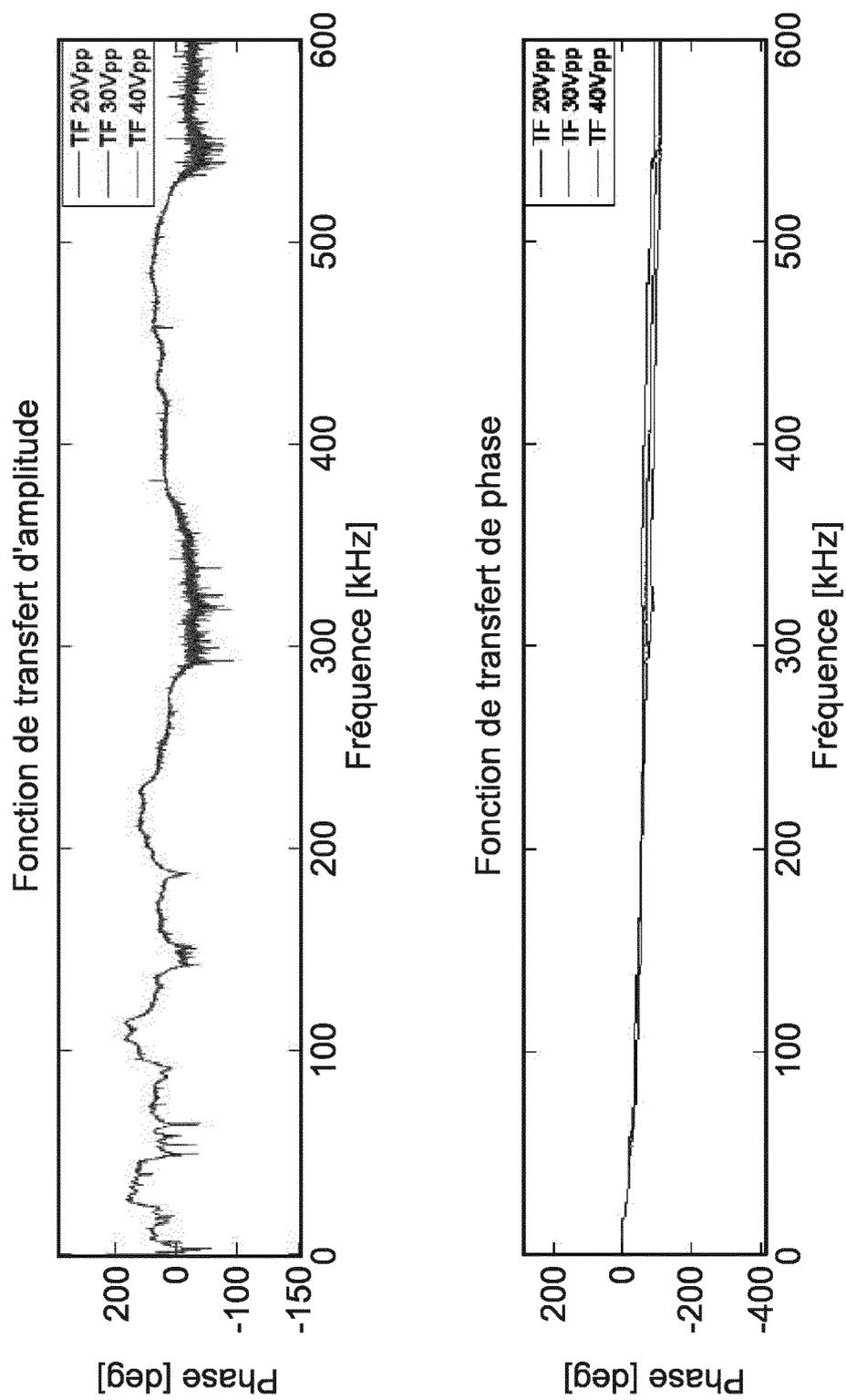
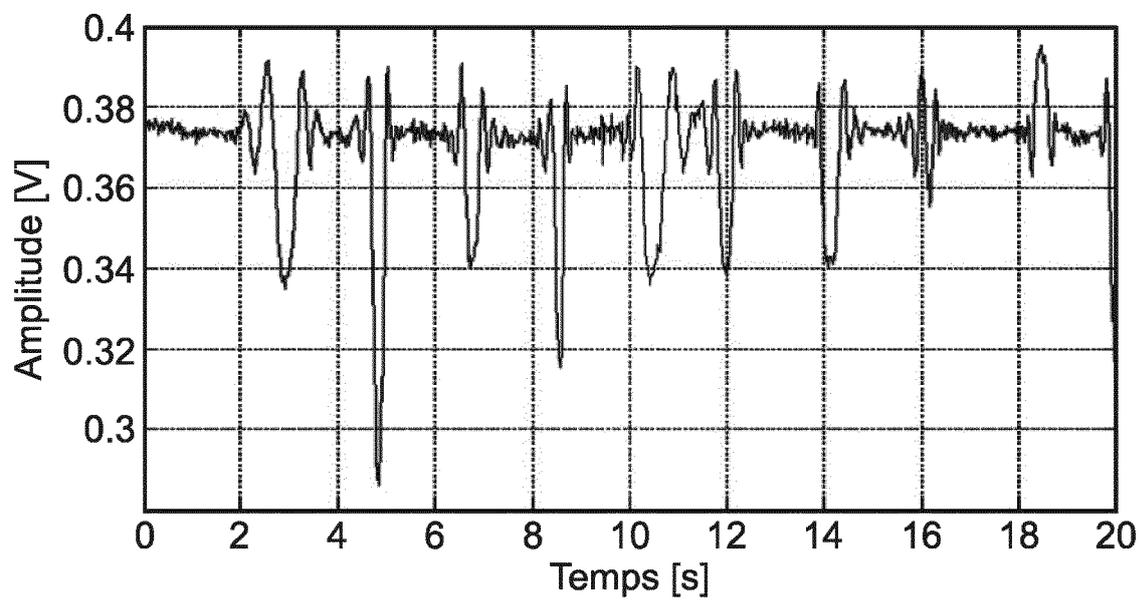
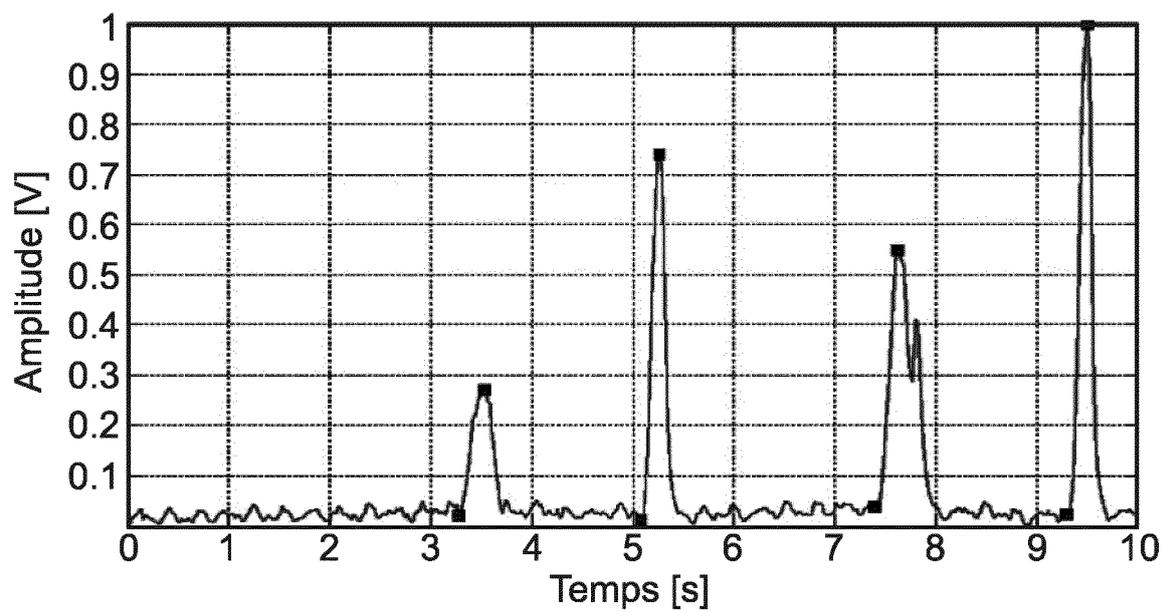


FIG. 5

5/5

**FIG. 6****FIG. 7**




**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**
N° d'enregistrement  
nationalétabli sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la rechercheFA 805769  
FR 1463170

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		
X	GJESSING D T ET AL: "Characterisation of objects and general ocean phenomena by use of target adaptive multi-frequency multistatic matched illumination acoustics", IEE PROCEEDINGS: RADAR, SONAR & NAVIGATION, INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS, GB, vol. 149, no. 2, 4 avril 2002 (2002-04-04) , pages 60-69, XP006018063, ISSN: 1350-2395, DOI: 10.1049/IP-RSN:20020123 * le document en entier *	1-3,5, 9-12,14, 19	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
X	JP H03 110492 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND) 10 mai 1991 (1991-05-10) * abrégé *	1,9,19	
X	JP H03 110491 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND) 10 mai 1991 (1991-05-10) * abrégé *	1,9,19	
X	DE 10 2005 007207 A1 (ATLAS ELEKTRONIK GMBH [DE]) 24 août 2006 (2006-08-24) * alinéa [0022]; figures 2,5 *	1,9,10, 18,19	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
23 octobre 2015		Kern, Olivier	
<b>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</b> X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1463170 FA 805769**

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 **23-10-2015**

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
FR 2923639 A1	15-05-2009	AT 525662 T EP 2210127 A2 FR 2923639 A1 WO 2009068795 A2	15-10-2011 28-07-2010 15-05-2009 04-06-2009
JP H03110492 A	10-05-1991	JP 2789713 B2 JP H03110492 A	20-08-1998 10-05-1991
JP H03110491 A	10-05-1991	JP 2789712 B2 JP H03110491 A	20-08-1998 10-05-1991
DE 102005007207 A1	24-08-2006	AT 400825 T DE 102005007207 A1 EP 1849023 A1 WO 2006087124 A1	15-07-2008 24-08-2006 31-10-2007 24-08-2006