

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11 N° de publication :

2 943 140

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national :

09 51625

51 Int Cl⁸ : G 01 S 13/12 (2006.01), G 01 S 13/87, H 01 Q 15/02,
G 01 R 27/02

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 16.03.09.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 17.09.10 Bulletin 10/37.

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 :

71 Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE Etablissement public à caractère industriel et
commercial — FR.

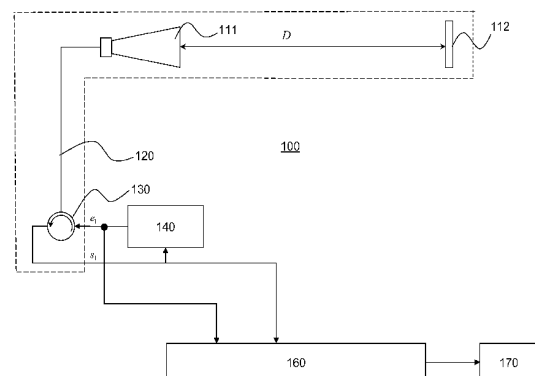
72 Inventeur(s) : BERISSET PHILIPPE.

73 Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMI-
QUE Etablissement public à caractère industriel et com-
mercial.

74 Mandataire(s) : BREVALEX.

54 TELEMETRE ABSOLU HYPERFREQUENCE DE HAUTE PRECISION A MESURE PAR REFLEXION.

57 La présente invention concerne un système de mesu-
re de distance entre une antenne (111) et un réflecteur
(112), comprenant un module d'émission/ réception (140),
un analyseur de réseau vectoriel (160) adapté à calculer un
paramètre égal au rapport complexe et l'onde reçue par le-
dit module d'émission/réception, ce pour une pluralité de
fréquences, ainsi que des moyens de calcul (170) adaptés
à effectuer une transformée de Fourier inverse de ce para-
mètre et mesurer la position temporelle d'un pic dans la ré-
ponse impulsionnelle correspondante. Une première ré-
ponse temporelle est mesurée dans une première répon-
se impulsionnelle différentielle et une seconde position tem-
porelle dans une seconde réponse impulsionnelle, ladite
distance étant obtenue à partir de ces deux positions tem-
porelles. Le système de mesure peut être généralisé à la
mesure des distances respectives entre M antennes et P ré-
flecteurs.



FR 2 943 140 - A1



**TÉLÉMÈTRE ABSOLU HYPERFRÉQUENCE DE HAUTE PRÉCISION À
MESURE PAR RÉFLEXION**

5

DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention concerne le domaine de la télémétrie hyperfréquence. Elle trouve notamment application dans la mesure de précision de la distance à un grand nombre d'objets et de leurs déplacements relatifs par rapport à une ou plusieurs antenne(s).

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

La mesure de distance entre deux objets peut être obtenue de multiples façons. Une technique bien connue consiste à installer un système radar ou lidar sur l'un des objets et à mesurer la distance à un réflecteur situé sur l'autre objet. La distance est généralement obtenue par le temps de vol aller-retour d'une impulsion ou la différence de fréquence entre l'onde émise et l'onde reçue dans le cas d'un système FMCW.

La mesure du déplacement d'un objet par rapport à un autre peut être bien entendu obtenue par différence entre mesures de distance consécutives. Lorsqu'une précision élevée est requise, on utilise de préférence un dispositif interférométrique évaluant le déplacement d'un objet à partir du défilement des franges d'interférence entre une onde de référence et une onde réfléchie par cet objet.

Pour certaines applications industrielles, notamment pour des chaînes d'assemblage, il est nécessaire d'obtenir des informations de position et/ou de déplacement d'un grand nombre d'objets ou de points situés sur ces objets. Il est connu d'utiliser pour ce faire un dispositif dénommé « *laser tracker* » capable d'émettre un faisceau laser dans un grand nombre de directions et de mesurer les distances respectives à une pluralité d'objets situés dans le champ de balayage du faisceau. On trouvera par exemple une description d'un *laser tracker* dans la demande internationale WO-A-0109642. Un tel dispositif est cependant très coûteux et peu adapté aux environnements industriels dans la mesure où il est particulièrement fragile et sensible à la poussière, aux variations de température, de pression, d'humidité et au niveau lumineux ambiant.

Un télémètre hyperfréquence de haute précision a été proposé dans la demande non publiée FR-A-0757471 déposée au nom de la présente demanderesse. Cependant ce télémètre permet de ne mesurer qu'un déplacement relatif entre deux antennes et non la distance absolue à un objet.

Un premier but de la présente invention est par conséquent de proposer un télémètre absolu, autrement dit un système capable de mesurer la distance entre deux objets avec une très haute précision tout en étant particulièrement robuste et de faible coût. Un but subsidiaire de la présente invention est de prévoir la possibilité de mesurer quasi-simultanément les distances à un très grand nombre d'objets.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention est définie par un système de mesure de distance d'une antenne à un réflecteur monostatique, dans lequel ladite antenne est reliée à un module d'émission/réception, les signaux émis et réfléchis par l'antenne étant transmis à un analyseur de réseau vectoriel, ledit analyseur étant adapté à mesurer pour une pluralité de fréquences un paramètre égal au rapport complexe entre l'onde reçue et l'onde émise par le module d'émission/réception, des moyens de calcul étant adaptés à effectuer une transformée de Fourier inverse de ce paramètre pour déterminer la réponse impulsionnelle correspondante et à mesurer la position temporelle d'un pic de signal dans cette réponse, une première position temporelle, τ_{ANT} , étant mesurée dans une première réponse impulsionnelle différentielle obtenue comme différence de réponse impulsionnelle entre une première configuration où l'antenne est occultée et une seconde configuration où l'antenne n'est pas occultée, une seconde position temporelle, τ , étant mesurée dans une seconde réponse impulsionnelle différentielle obtenue comme différence de réponse impulsionnelle entre une troisième configuration où le réflecteur est occulté et une quatrième configuration où le réflecteur n'est pas occulté, ladite distance étant alors déterminée par $D = c \frac{\tau - \tau_{ANT}}{2}$ où c est la célérité de la lumière dans l'air.

Selon une variante, les deuxième et quatrième configurations sont identiques.

Ladite première position temporelle est
5 avantageusement obtenue comme la position temporelle du premier pic apparaissant dans la première réponse impulsionnelle différentielle.

Ladite seconde position temporelle est
10 avantageusement obtenue comme la position temporelle du premier pic apparaissant dans la seconde réponse impulsionnelle différentielle.

L'invention concerne également un système de mesure de distance entre une pluralité M d'antennes et respectivement une pluralité P de réflecteurs
15 monostatiques, dans lequel chaque antenne $m=1,\dots,M$ est reliée à un module d'émission/réception, chaque antenne étant sélectionnée tour à tour, les signaux émis et reçus par chaque antenne étant respectivement transmis à un analyseur de réseau vectoriel via un premier et un
20 second commutateurs, ledit analyseur étant adapté à mesurer pour une pluralité de fréquences un paramètre égal au rapport complexe entre l'onde reçue et l'onde émise par le module d'émission/réception, des moyens de calcul étant adaptés à effectuer une transformée de
25 Fourier inverse de ce paramètre pour déterminer la réponse impulsionnelle correspondante, et à mesurer la position temporelle d'un pic de signal dans cette réponse, une première position temporelle, τ_{ANT}^m , étant mesurée pour chaque antenne, dans une première réponse
30 impulsionnelle différentielle obtenue comme différence de réponse impulsionnelle entre une première

configuration où l'antenne est occultée et une seconde configuration où l'antenne n'est pas occultée, une seconde position temporelle, $\tau^{m,p}$, étant mesurée pour chaque antenne et chaque réflecteur, dans une seconde réponse impulsionnelle différentielle obtenue comme différence de réponse impulsionnelle entre une troisième configuration où ledit réflecteur est occulté et une quatrième configuration où ledit réflecteur n'est pas occulté, ladite distance entre ladite antenne et ledit réflecteur étant alors déterminée par

$$D^{m,p} = c \frac{\tau^{m,p} - \tau_{ANT}^m}{2} \text{ où } c \text{ est la célérité de la lumière dans}$$

l'air.

Selon une variante, pour chaque antenne et chaque réflecteur, les deuxième et quatrième configurations sont identiques.

Pour chaque antenne, ladite première position temporelle est avantageusement obtenue comme la position temporelle du premier pic apparaissant dans la première réponse impulsionnelle différentielle.

Pour chaque antenne et chaque réflecteur, ladite seconde position temporelle est avantageusement obtenue comme la position temporelle du premier pic apparaissant dans la seconde réponse impulsionnelle différentielle.

Les réflecteurs du système sont par exemple des lentilles de Luneberg.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture d'un mode de réalisation préférentiel de l'invention, fait en référence aux figures jointes parmi lesquelles :

La Fig. 1 illustre schématiquement un système de mesure de distance selon un premier mode de réalisation de l'invention ;

10 La Fig. 2 représente un système hyperfréquence équivalent au système de la Fig. 1 ;

La Fig. 3 représente schématiquement une méthode de mesure de distance utilisant le système de la Fig. 1 ;

15 La Fig. 4 illustre schématiquement un système de mesure de distance selon un second mode de réalisation de l'invention.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

20 L'idée à la base de l'invention est d'utiliser un système hyperfréquence comprenant une première antenne et au moins un réflecteur passif installé sur l'objet, et de mesurer la distance entre l'antenne et ledit réflecteur au moyen des paramètres S dudit système hyperfréquence.

25 Plus précisément, la Fig. 1 représente un système de mesure de distance selon un mode de réalisation de l'invention.

30 Ce système 100 comprend une antenne 111 et un réflecteur monostatique 112 installé sur l'objet 102 dont on souhaite connaître la distance. Le réflecteur

peut être constitué par exemple d'un trièdre métallique de type catoptrique ou d'une lentille de Luneberg. L'antenne 111 est reliée à un duplexeur 130 par un câble coaxial 120, le duplexeur étant lui-même connecté en entrée/sortie à un module d'émission/réception 140. Le module d'émission/réception 140 est en outre relié à un analyseur de réseau vectoriel 160 qui détermine les paramètres S du réseau et les fournit aux moyens de calcul 170. Le système 100 comprend enfin des moyens de contrôle (non représentés) pilotant les modules d'émission/réception, l'analyseur de réseau ainsi que les moyens de calcul.

L'ensemble constitué par le duplexeur 130, le câble coaxial 120, l'antenne 111, le réflecteur 112 ainsi que l'environnement situé entre l'antenne et le réflecteur, représenté en trait discontinu, peut être considéré comme un quadripôle Q bouclé sur une charge Z .

Le schéma du système hyperfréquence équivalent a été représenté en Fig. 2. Le quadripôle Q a une première entrée e_1 et une première sortie s_1 correspondant respectivement à la sortie et à l'entrée du module d'émission/réception 140. La seconde sortie s_2 du quadripôle correspond à l'onde reçue sur le réflecteur et la seconde entrée e_2 à celle renvoyée par ce dernier à l'antenne. Le réflecteur est lui-même modélisé par la charge Z . On rappelle que les paramètres S d'un quadripôle, sont définis par :

$$S_{11} = \frac{b_1}{a_1} ; S_{21} = \frac{b_2}{a_1} ; S_{12} = \frac{b_1}{a_2} ; S_{22} = \frac{b_2}{a_2} \quad (1)$$

où a_1 et a_2 sont les amplitudes complexes des ondes entrantes en e_1 et e_2 , b_1 et b_2 sont les amplitudes complexes des ondes sortantes en s_1 et s_2 . Les paramètres S sont de manière équivalente les coefficients de la matrice de dispersion du quadripôle.

L'analyseur de réseau vectoriel 160 mesure le paramètre S_{11} du système hyperfréquence en injectant un signal en e_1 en mesurant l'amplitude et la phase de l'onde sortante en s_1 . Le paramètre S_{11} est mesuré à une pluralité de fréquences f_1, f_2, \dots, f_N , équidistribuées avec un intervalle fréquentiel δf . Plus précisément, soit on transmet successivement des ondes à ces différentes fréquences, soit l'on transmet un signal large bande dont on connaît les composantes fréquentielles à f_1, f_2, \dots, f_N . Dans les deux cas, on mesure le paramètre complexe S_{11} selon (1) aux fréquences f_1, f_2, \dots, f_N .

Les moyens de calcul 170 permettent d'effectuer la transformée de Fourier inverse du paramètre S_{11} , par exemple au moyen d'une IFFT, pour déterminer la réponse impulsionnelle correspondante, désignée par s_{11} avec $s_{11} = TF^{-1}(S_{11})$. En général cette réponse impulsionnelle présente, outre un pic de signal correspondant à la propagation en ligne droite sur le trajet aller-retour entre l'antenne 111 et le réflecteur 112, une pluralité de pics parasites dus à des multi-trajets,

c'est-à-dire à des réflexions du signal sur des éléments de l'environnement.

La Fig. 3 illustre schématiquement la méthode de mesure de distance utilisant le système de la Fig. 1.

Dans une première étape 310, on occulte l'antenne 111 soit en la déconnectant, soit en l'obturant au moyen d'une plaque réfléchissante. L'analyseur de réseau mesure alors le paramètre S_{11} dans une première configuration occultée, soit $S_{11}^{occ}(I)$, pour les différentes fréquences f_1, f_2, \dots, f_N .

Dans une seconde étape, 320, on effectue la même mesure sans occulter l'antenne. L'analyseur de réseau mesure le paramètre S_{11} en configuration non occultée, soit $S_{11}(I)$, pour les différentes fréquences f_1, f_2, \dots, f_N . Les moyens de calcul 170 déterminent alors la transformée de Fourier inverse de la différence complexe $S_{11}^{occ}(I) - S_{11}(I)$ pour obtenir une réponse impulsionnelle différentielle. Selon une variante, la transformée de Fourier inverse est calculée pour chacun des paramètres $S_{11}^{occ}(I)$ et $S_{11}(I)$ et la différence est effectuée ensuite dans le domaine temporel.

Les moyens 170 déterminent ensuite la position temporelle τ_{ANT} du pic de signal correspondant à l'antenne dans la réponse impulsionnelle différentielle. Si plusieurs pics sont présents, on sélectionne celui de plus faible retard, correspondant

à une propagation depuis l'analyseur de réseau jusqu'à l'antenne, sans propagation en espace libre.

On notera que lors des étapes 310 et 320, le réflecteur 112 peut être absent.

5 En outre, la mesure en première configuration occultée peut être effectuée une fois pour toutes lors de l'installation du système.

10 Dans une troisième étape 330, on mesure à nouveau le paramètre S_{11} , cette fois en n'occultant pas l'antenne mais le réflecteur, soit en l'enlevant, soit en le masquant à l'aide d'une plaque absorbante ou encore à l'aide d'une plaque réfléchissante renvoyant le signal dans une direction située hors du lobe principal de l'antenne 111. L'analyseur de réseau 160
15 mesure le paramètre S_{11} dans cette configuration occultée, soit $S_{11}^{occ}(II)$, pour les différentes fréquences f_1, f_2, \dots, f_N . On notera que la mesure dans cette configuration occultée peut être effectuée une fois pour toutes lors de l'installation du système.

20 Dans une quatrième étape 340, on effectue la même mesure, le réflecteur n'étant pas occulté. L'analyseur de réseau 160 mesure le paramètre $S_{11}(II)$ dans cette configuration, soit S_{11} pour les différentes fréquences f_1, f_2, \dots, f_N .

25 On comprendra que l'étape 340 peut être simplifiée si le réflecteur était présent lors de la seconde étape de mesure, 320. Dans ce cas, on peut simplement prendre $S_{11}(II) = S_{11}(I)$.

30 Les moyens de calcul 170 déterminent la transformée de Fourier inverse de la différence

$S_{11}^{occ}(II) - S_{11}(II)$ pour obtenir une seconde réponse
 impulsionnelle différentielle. Selon une variante, la
 transformée de Fourier inverse est calculée pour chacun
 des paramètres $S_{11}^{occ}(II)$ et $S_{11}(II)$ et la différence est
 5 effectuée dans le domaine temporel.

Les moyens 170 déterminent ensuite la position
 temporelle τ du pic de signal correspondant au
 réflecteur dans la seconde réponse impulsionnelle
 différentielle. Si plusieurs pics sont présents, on
 10 sélectionne celui de plus faible retard, correspondant
 à une propagation en ligne directe sur le trajet aller-
 retour.

A l'étape 350, les moyens 170 calculent enfin la
 distance D entre l'antenne et le réflecteur au moyen
 15 de l'expression :

$$D = c \frac{\tau - \tau_{ANT}}{2} \quad (2)$$

où c est la célérité de la lumière dans l'air.

20 Plus précisément, l'expression (2) donne la
 distance entre le centre de phase de l'antenne 111 et
 le réflecteur 112. La distance physique entre l'antenne
 111 et l'objet supportant cette antenne est déduite de
 D et de la position du réflecteur sur l'objet. On
 25 pourra si nécessaire déterminer une fois pour toutes
 l'offset de distance entre le réflecteur et l'objet.

On comprendra que, dans l'expression (2), le
 retard τ traduit non seulement le temps de propagation
 aller-retour de l'antenne au réflecteur mais également
 30 les retards dus à la propagation dans les composants

hyperfréquence, à savoir pour l'essentiel le câble coaxial, le duplexeur et le module d'émission/réception. En revanche, le retard τ_{ANT} représente seulement le retard de propagation dans les
5 composants hyperfréquences. On obtient ainsi une estimation très précise de la distance entre l'antenne et le réflecteur, indépendamment des caractéristiques des composants hyperfréquence utilisés. En outre, cette mesure de distance est insensible aux dérives
10 éventuelles pouvant affecter les caractéristiques des composants hyperfréquence, soit en raison de fluctuations thermiques soit en raison de leur vieillissement.

15 La Fig. 4 représente schématiquement un système de mesure de distance selon un second mode de réalisation de l'invention.

Ce système permet de mesurer une pluralité de distances entre un ensemble de M antennes 411 et de P
20 réflecteurs 412. Avantagementement les M antennes seront choisies identiques ainsi que les P réflecteurs. Chaque antenne est reliée à un duplexeur 430 par un câble coaxial 420. Les duplexeurs 430 sont respectivement connectés aux modules d'émission/
25 réception 440. Les signaux émis et reçus par les différentes antennes sont transmis à un analyseur de réseau 460, à travers un commutateur de signaux reçus 445 et un commutateur de signaux émis 446. Les paramètres mesurés sont traités par les moyens de
30 calcul 460. Le séquençement et le pilotage des mesures sont assurés par des moyens de contrôle (non

représentés), commandant les modules d'émission réception 440, les commutateurs 445 et 446, l'analyseur de réseau vectoriel 460, ainsi que les moyens de calcul 470.

5 Chacune des M antennes 410 est sélectionnée tour à tour. Lorsqu'une antenne 410 émet, le signal émis par cette antenne est transmis à l'analyseur de réseau 460 via le commutateur 445. Le signal reçu par cette même antenne est transmis à l'analyseur de réseau 260 via le
10 commutateur 446. Les commutateurs 445 et 446 fonctionnent en parallèle et sélectionnent la même antenne. Si l'on note m l'indice de l'antenne active, on mesure successivement les paramètres $S_{11}^{m,p}$, de P quadripôle en sélectionnant successivement les
15 réflecteurs $p=1,\dots,P$. Chaque quadripôle $Q^{m,p}$ est relatif au couple formé par l'antenne m et le réflecteur p .

 Pour un quadripôle $Q^{m,p}$ donné, les paramètres $S_{11}^{m,p}$ sont mesurés pour une pluralité N de fréquences f_1,\dots,f_N . Les moyens de calcul déterminent la réponse
20 impulsionnelle correspondante $s_{11}^{m,p}$ en effectuant la transformée de Fourier inverse de $S_{11}^{m,p}$.

 La réponse impulsionnelle est déterminée dans une première configuration occultée (antenne m déconnectée ou obturée) et dans une configuration non occultée
25 comme pour le premier mode de réalisation. Les réponses ainsi déterminées sont soustraites dans le domaine temporel ou dans le domaine fréquentiel. Dans tous les cas, on détermine la position temporelle τ_{ANT}^m du pic

d'antenne dans la réponse impulsionnelle différentielle $s_{11}^{occ-m} - s_{11}^m$.

La réponse temporelle est également déterminée dans une seconde configuration occultée (réflecteur p masqué ou enlevé) puis soustraite à la réponse impulsionnelle en configuration non occultée, dans le domaine temporel ou fréquentiel. Soit $s_{11}^{m,occ-p} - s_{11}^m$ la réponse impulsionnelle différentielle dans le domaine temporel. Cette réponse ne fait apparaître que le pic relatif au réflecteur p dont on détermine la position temporelle $\tau^{m,p}$. La distance entre l'antenne m et le réflecteur p en est déduite au moyen de l'expression suivante :

$$D^{m,p} = c \frac{\tau^{m,p} - \tau_{ANT}^m}{2} \quad (3)$$

où c est la célérité de la lumière dans l'air et où τ_{ANT}^m et $\tau^{m,p}$ sont respectivement les positions temporelles des pics d'émission dans les réponses impulsionnelles différentielles $s_{11}^{occ-m} - s_{11}^m$ et $s_{11}^{m,occ-p} - s_{11}^m$.

On comprendra que la mesure des MP distances $D^{m,p}$, $m=1,\dots,M$, $p=1,\dots,P$, ne nécessite en définitive que M étapes d'occultation des antennes et P étapes d'occultation des réflecteurs.

Le système de mesure de distance selon le premier ou le second mode de réalisation de l'invention permet également de déterminer le déplacement d'un objet entre deux instants consécutifs relativement à une antenne (premier mode de réalisation) ou une pluralité

d'antennes (second mode de réalisation). Il suffit pour ce faire de calculer la différence entre les distances D ou $D^{m,p}$ mesurées respectivement en ces deux instants.

REVENDEICATIONS

1. Système de mesure de distance d'une antenne (111) à un réflecteur monostatique (112), caractérisé en ce que ladite antenne est reliée à un module d'émission/réception (140), les signaux émis et réfléchi par l'antenne étant transmis à un analyseur de réseau vectoriel (160), ledit analyseur étant adapté à mesurer pour une pluralité de fréquences un paramètre égal au rapport complexe entre l'onde reçue et l'onde émise par le module d'émission/réception, des moyens de calcul (170) étant adaptés à effectuer une transformée de Fourier inverse de ce paramètre pour déterminer la réponse impulsionnelle correspondante et à mesurer la position temporelle d'un pic de signal dans cette réponse, une première position temporelle, τ_{ANT} , étant mesurée dans une première réponse impulsionnelle différentielle obtenue comme différence de réponse impulsionnelle entre une première configuration où l'antenne est occultée et une seconde configuration où l'antenne n'est pas occultée, une seconde position temporelle, τ , étant mesurée dans une seconde réponse impulsionnelle différentielle obtenue comme différence de réponse impulsionnelle entre une troisième configuration où le réflecteur est occulté et une quatrième configuration où le réflecteur n'est pas occulté, ladite distance étant alors déterminée par

$$D = c \frac{\tau - \tau_{ANT}}{2}$$

où c est la célérité de la lumière dans l'air.

2. Système de mesure selon la revendication 1, caractérisé en ce que les deuxième et quatrième configurations sont identiques.

5 3. Système de mesure de distance selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que ladite première position temporelle est obtenue comme la position temporelle du premier pic apparaissant dans la première réponse impulsionnelle différentielle.

10

 4. Système de mesure de distance selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite seconde position temporelle est obtenue comme la position temporelle du premier pic apparaissant dans la
15 seconde réponse impulsionnelle différentielle.

 5. Système de mesure de distance entre une pluralité M d'antennes (411) et respectivement une pluralité P de réflecteurs monostatiques (412),
20 caractérisé en ce que chaque antenne $m=1,\dots,M$ est reliée à un module d'émission/réception (440), chaque antenne étant sélectionnée tour à tour, les signaux émis et reçus par chaque antenne étant respectivement transmis à un analyseur de réseau vectoriel (460) via
25 un premier et un second commutateurs (445, 446), ledit analyseur étant adapté à mesurer pour une pluralité de fréquences un paramètre égal au rapport complexe entre l'onde reçue et l'onde émise par le module d'émission/réception, des moyens de calcul (470) étant
30 adaptés à effectuer une transformée de Fourier inverse de ce paramètre pour déterminer la réponse

impulsionnelle correspondante, et à mesurer la position temporelle d'un pic de signal dans cette réponse, une première position temporelle, τ_{ANT}^m , étant mesurée pour chaque antenne, dans une première réponse

5 impulsionnelle différentielle obtenue comme différence de réponse impulsionnelle entre une première configuration où l'antenne est occultée et une seconde configuration où l'antenne n'est pas occultée, une seconde position temporelle, $\tau^{m,p}$, étant mesurée pour

10 chaque antenne et chaque réflecteur, dans une seconde réponse impulsionnelle différentielle obtenue comme différence de réponse impulsionnelle entre une troisième configuration où ledit réflecteur est occulté et une quatrième configuration où ledit réflecteur

15 n'est pas occulté, ladite distance entre ladite antenne et ledit réflecteur étant alors déterminée par $D^{m,p} = c \frac{\tau^{m,p} - \tau_{ANT}^m}{2}$ où c est la célérité de la lumière dans l'air.

20 **6.** Système de mesure de distance selon la revendication 5, caractérisé en ce que, pour chaque antenne et chaque réflecteur, les deuxième et quatrième configurations sont identiques.

25 **7.** Système de mesure de distance selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que, pour chaque antenne, ladite première position temporelle est obtenue comme la position temporelle du premier pic apparaissant dans la première réponse impulsionnelle

30 différentielle.

8. Système de mesure de distance selon l'une des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que, pour chaque antenne et chaque réflecteur, ladite seconde position temporelle est obtenue comme la position temporelle du premier pic apparaissant dans la seconde réponse impulsionnelle différentielle.

9. Système de mesure de distance selon l'une des revendications 5 à 8, caractérisé en ce que les réflecteurs sont des lentilles de Luneberg.

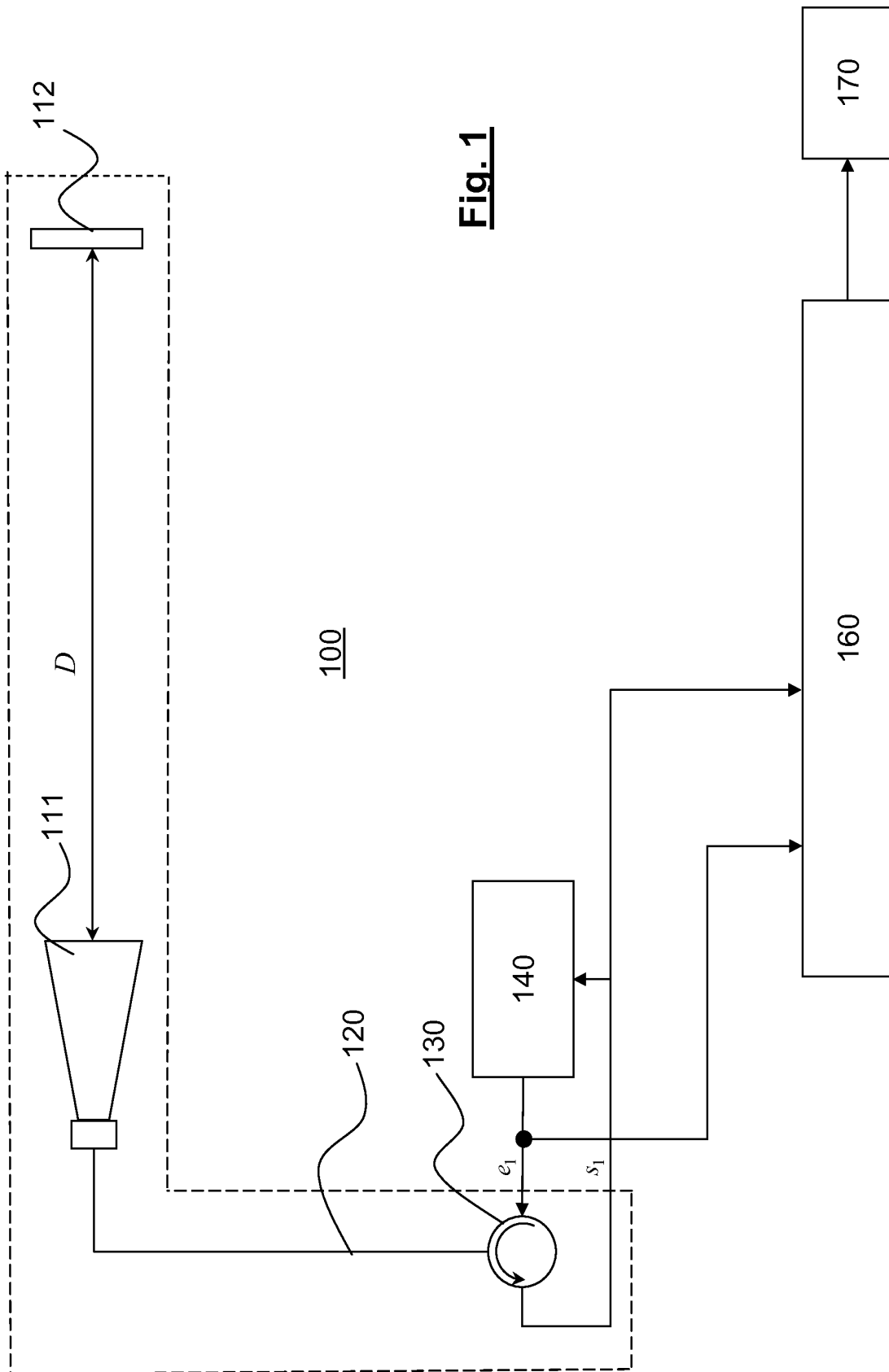
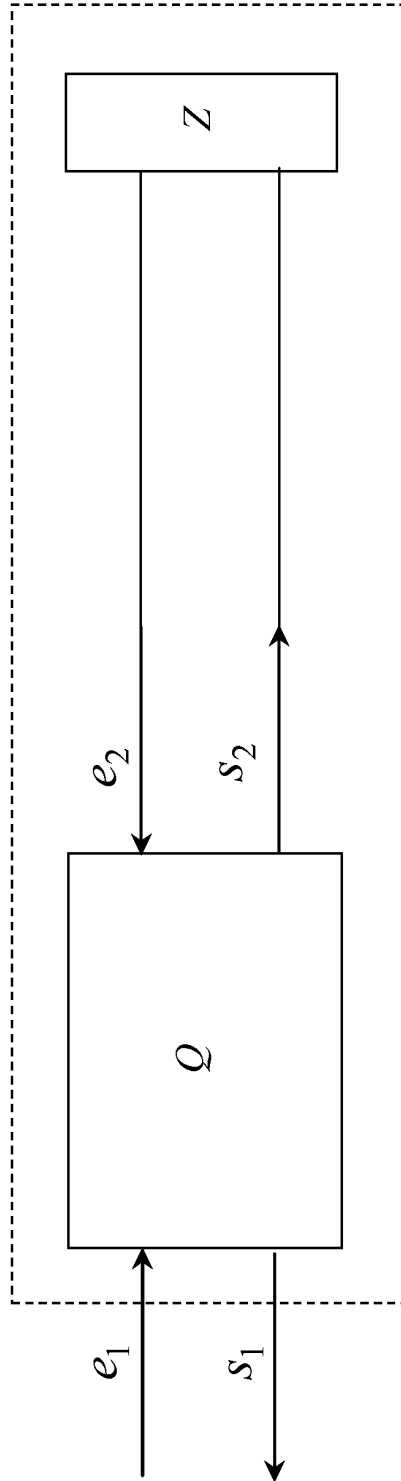
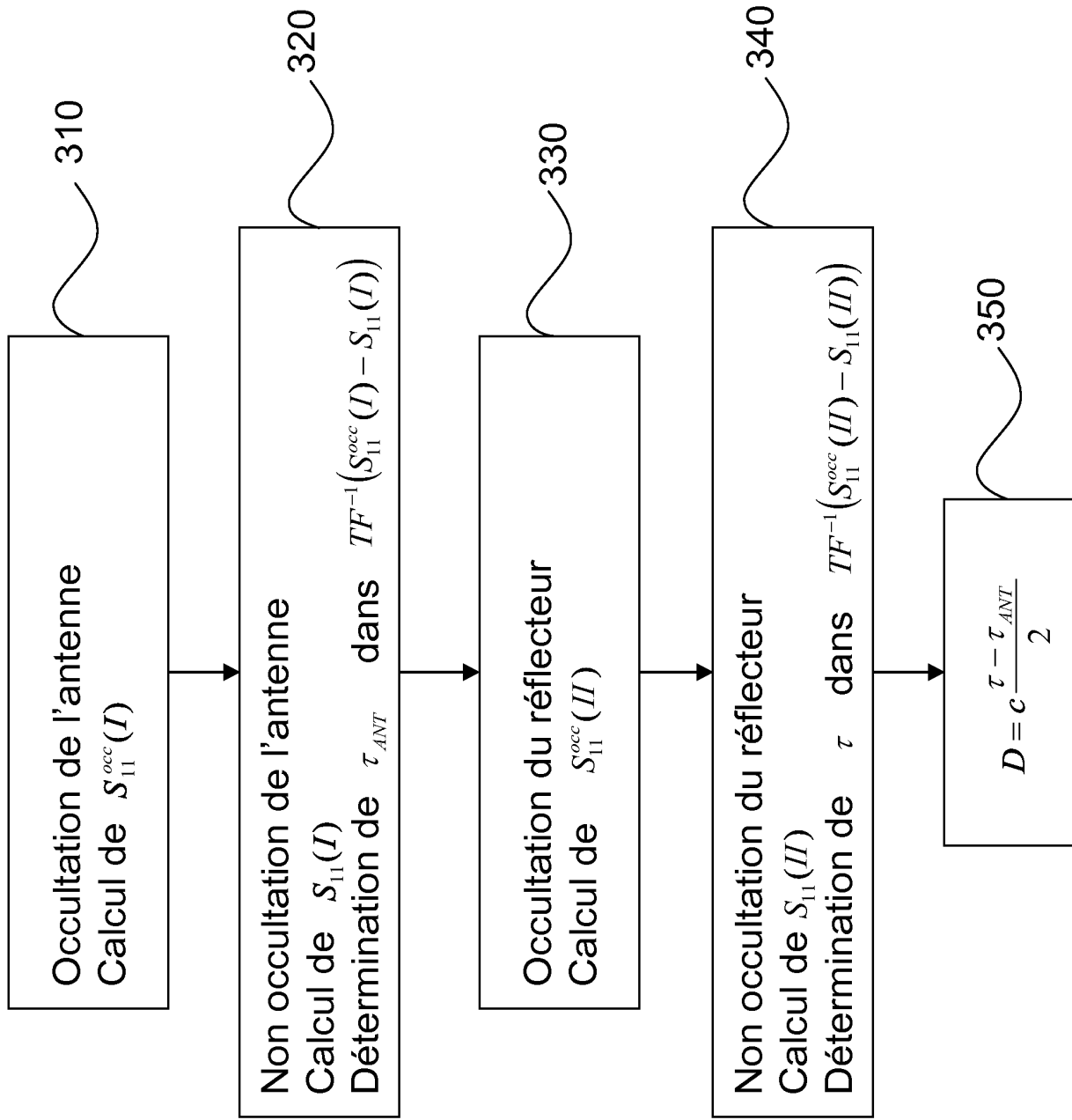


Fig. 1

2/4

**Fig. 2**

3/4

**Fig. 3**

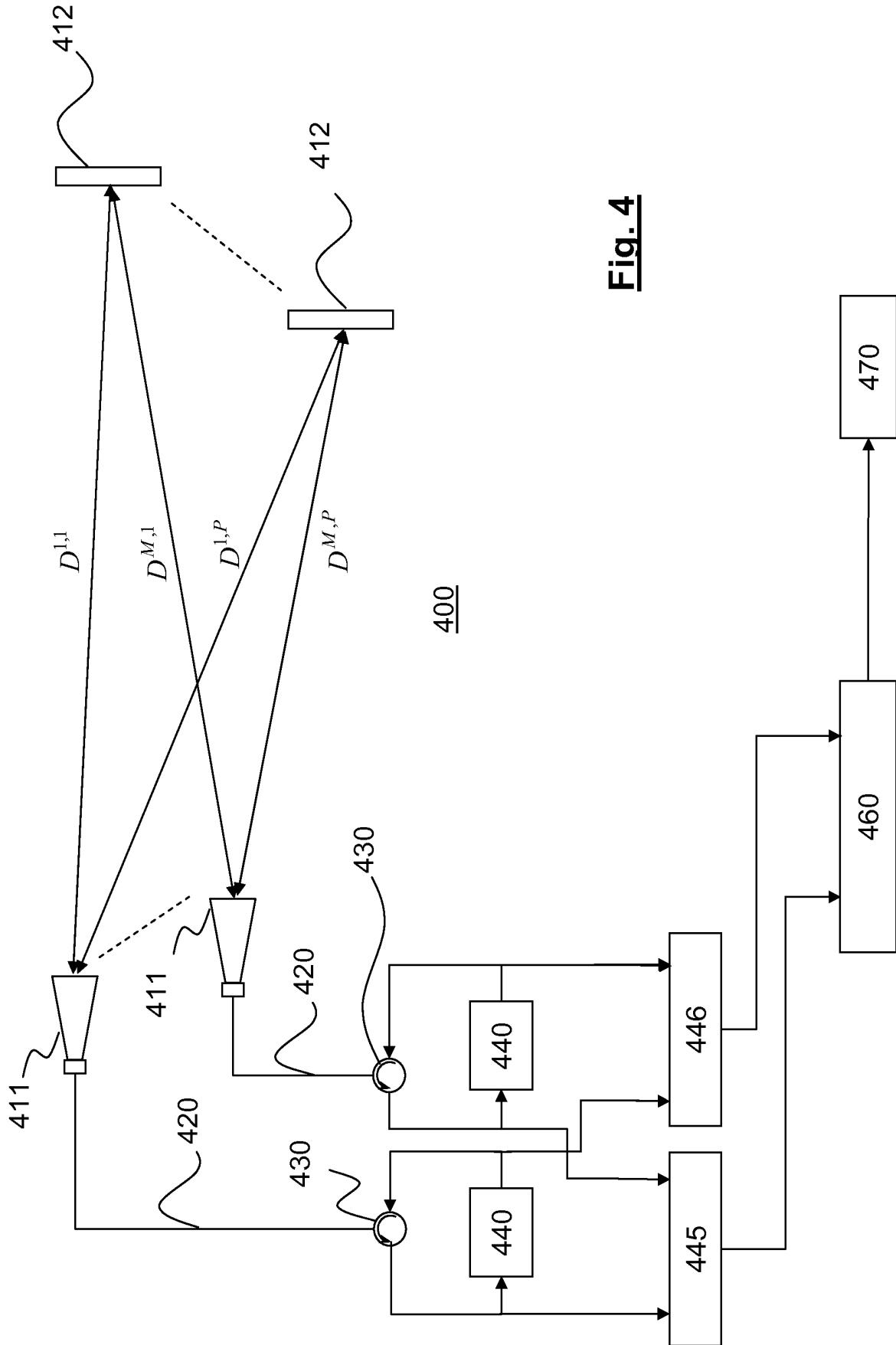


Fig. 4



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 721143
FR 0951625

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		
Y	MCCARTER G S: "Practical considerations in selecting software or hardware gating for RCS measurement systems" 19910101, 1 janvier 1991 (1991-01-01), pages 10/1-1011, XP006523361 * page 1, ligne 1 - page 2, ligne 37; figure 2 *	1-9	G01S13/12 G01S13/87 H01Q15/02 G01R27/02
Y	US 2007/109177 A1 (BAATH LARS [SE] ET AL) 17 mai 2007 (2007-05-17) * abrégé * * alinéas [0023], [0025], [0030], [0056], [0073]; figures 1-5,16 *	1-9	
Y	SMITH F C ET AL: "CALIBRATION TECHNIQUES FOR FREE SPACE REFLECTION COEFFICIENT MEASUREMENTS" IEE PROCEEDINGS A. PHYSICAL SCIENCE, MEASUREMENT & INSTRUMENTATION, MANAGEMENT & EDUCATION, 1271980 1, vol. 139, no. 5, 1 septembre 1992 (1992-09-01), pages 247-253, XP000311457 ISSN: 0960-7641 * abrégé * * page 249, colonne de gauche, ligne 10 - colonne de droite, ligne 62 *	1-9	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G01S G01R
A,D	WO 01/09642 A (LEICA GEOSYSTEMS AG [CH]; MARKENDORF ALBERT [CH]; LOSER RAIMUND [DE]) 8 février 2001 (2001-02-08) * abrégé *	1-9	
A,D	FR 2 920 886 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 13 mars 2009 (2009-03-13) * abrégé *	1-9	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
3 novembre 2009		Mercier, Francois	
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 à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		
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 0951625 FA 721143**

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 03-11-2009

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 2007109177	A1	17-05-2007	AUCUN	

WO 0109642	A	08-02-2001	AT 234473 T	15-03-2003
			AU 5800000 A	19-02-2001
			DE 50001460 D1	17-04-2003
			EP 1200853 A1	02-05-2002
			ES 2194748 T3	01-12-2003
			JP 2003506691 T	18-02-2003
			US 6667798 B1	23-12-2003

FR 2920886	A	13-03-2009	WO 2009034039 A1	19-03-2009
