

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11 N° de publication : 2 946 447

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

21 N° d'enregistrement national : 09 02729

51 Int Cl⁸ : G 08 G 5/02 (2006.01), B 64 D 45/04

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 05.06.09.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 10.12.10 Bulletin 10/49.

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) : THALES Société anonyme — FR.

72 Inventeur(s) : BOULAY THIERRY.

73 Titulaire(s) : THALES Société anonyme.

74 Mandataire(s) : MARKS & CLERK FRANCE.

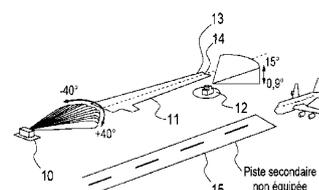
54 PROCÉDE POUR PERMETTRE UN ATERRISSAGE SUR PISTE DECALEE.

57 1 - Procédé pour déterminer la distance d'un aéronef à une piste décalée (15) lors d'un atterrissage par approche décalée, la piste décalée (15) étant située à une distance D d'une piste principale (11) équipée d'au moins une balise élévation (12), caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes:

- Déterminer la hauteur h à laquelle se trouve l'aéronef (1), hauteur déterminée par rapport à un point T1 de la piste décalée (15), hauteur mesurée par un radioaltimètre équipant l'aéronef,
- Déterminer l'angle d'élévation φ du mode MLS en utilisant les informations de la balise élévation (12) fournie par une balise élévation (12) équipant ladite piste principale (11),
- Déterminer la valeur de la distance p de l'avion à la balise azimut (10) en utilisant la formule suivante

$$p = \sqrt{\left[\frac{\frac{h}{\tan(\varphi)} - D}{\cos(\theta)} \right]^2 + h^2}$$

- Utiliser ladite distance p afin d'obtenir un point de localisation de l'aéronef dans un repère piste décalée (15).



FR 2 946 447 - A1



PROCEDE POUR PERMETTRE UN ATERRISSAGE SUR PISTE DECALEE

L'objet de l'invention concerne un procédé pour déterminer une distance
5 entre un aéronef et la balise azimut d'une piste principale équipée de balises
en azimut et en élévation pour atterrir sur une piste décalée de la piste
principale, c'est-à-dire située à une distance d de la piste, les pistes étant
disposées parallèlement l'une par rapport à l'autre.

L'invention est utilisée, par exemple, dans le domaine de l'aéronautique pour
10 la radionavigation.

Dans le cadre des atterrissages automatiques ou semi-automatiques,
l'objectif de la radionavigation est d'amener l'aéronef dans un espace, aligné
avec l'axe de la piste d'atterrissage et avec une pente de descente de 3°
15 (typique mais programmable). A la connaissance du Demandeur, ceci est
habituellement réalisé grâce à un équipement embarqué, par exemple un
récepteur multi mode plus connu sous l'abréviation anglo-saxonne MMR
(Multi Mode Receiver), qui réceptionne les signaux de différents systèmes de
navigation tels que : le système d'instrumentation d'atterrissage ou « ILS »
20 (abréviation anglo-saxonne de "Instrument Landing System"), le système
MLS (acronyme de l'expression anglo-saxonne "Microwave Landing
System"), le système FLS ("Flight landing system") et le système de
positionnement GLS ("Global landing system"). Le système d'atterrissage
hyperfréquence appelé MLS est un système d'aide à l'approche et à
25 l'atterrissage aux instruments, destiné à fournir à un aéronef sa position en
coordonnées sphériques dans un repère lié à la piste d'atterrissage, c'est-à-
dire un angle d'azimut, un angle de site élévation). Les angles d'azimut et de
site étant connus des Hommes de métier travaillant dans ce domaine ne
seront pas explicités. Le MLS, tel que normalisé par l'organisation mondiale
30 OACI, transmet des signaux de guidage latéral, c'est-à-dire un angle
d'azimut, et de guidage vertical, c'est-à-dire un angle de site (élévation), en
utilisant une technique de faisceaux battants à temps référencé et un signal
multiplexé dans le temps. L'utilisation d'un signal multiplexé dans le temps

permet la transmission des signaux de guidage latéral et vertical sur le même canal de radiofréquence sans créer d'interférences entre les signaux de guidage latéral et les signaux de guidage vertical. Les signaux de guidage sont émis sur une fréquence voisine de 5 Giga Hertz (GHz) par une station azimuth et une station site. La station azimuth est placée en fin de piste tandis que la station site est située sur le côté de la piste, à environ 300 mètres du seuil de début de piste. Chaque station transmet un faisceau battant étroit, balayant en aller et retour à vitesse angulaire constante l'espace de couverture suivant la coordonnée angulaire considérée. Une antenne et un récepteur de bord de l'aéronef reçoivent le faisceau battant une première fois lors du balayage aller et une deuxième fois lors du balayage retour. Il est ainsi possible de déterminer l'angle d'azimut ou l'angle de site par la relation linéaire suivante :

$$\theta = (T - T_0) \cdot \frac{\nu}{2} \quad (1)$$

- où θ est l'angle d'azimut ou l'angle de site,
 T un intervalle de temps entre la réception des passages aller et retour du faisceau battant,
 T_0 la valeur de l'intervalle de temps T pour un angle θ nul et
 ν la vitesse angulaire de balayage.
- T_0 et ν sont des constantes définies par les normes internationales sur le MLS connues de l'art antérieur.

Les approches décalées sont des approches qui sont réalisées en utilisant les signaux MLS de la piste principale (où sont situées les balises MLS), mais pour l'aide à l'atterrissage sur une piste parallèle à cette piste et couverte par les signaux des balises. Ce type d'approche est décrit dans la norme D0226 (précédemment dans la norme DO198), normes connues de l'Homme du métier dans le domaine de la radionavigation.

Les algorithmes proposés par la norme DO226 imposent d'obtenir une information de distance. Cette information de distance est obtenue soit via un dispositif de mesure plus connu sous l'acronyme anglo-saxon DME

(abréviation anglo-saxonne de Distance Measuring Equipment), soit via des informations GPS (en suivant par exemple le procédé décrit dans la demande déposée par le demandeur FR 07 09035). Une telle manière de procéder présente notamment comme inconvénient de devoir équiper l'avion
5 d'un dispositif supplémentaire ce qui peut s'avérer onéreux.

L'idée de la présente invention consiste notamment à obtenir l'information de distance par l'utilisation conjointe d'équipements déjà présents dans un avion, un équipement MMR et un radioaltimètre qui permet de fournir
10 l'information hauteur de l'aéronef par rapport au point du sol le plus proche.

L'invention concerne un procédé pour déterminer la distance d'un aéronef à une piste décalée lors d'un atterrissage par approche décalée, la piste décalée étant située à une distance D d'une piste principale équipée d'au moins une balise élévation, caractérisé en ce qu'il comporte au moins les
15 étapes suivantes :

- Déterminer la hauteur h à laquelle se trouve l'aéronef, hauteur déterminée par rapport à un point T1 de la piste décalée, hauteur mesurée par un radioaltimètre équipant l'aéronef,
- Déterminer l'angle d'élévation du mode MLS en utilisant les
20 informations de la balise élévation fournie par une balise élévation équipant ladite piste principale,
- Déterminer la valeur de la distance ρ de l'avion à la balise azimuth en utilisant la formule suivante

$$\rho = \sqrt{\left(\frac{\frac{h}{\tan(\varphi)} - D2}{\cos(\theta)} \right)^2 + h^2}$$

25 où θ et φ sont les angles décodés par le MMR correspondant respectivement à l'angle entre l'avion et la balise azimuth, et l'angle entre l'avion et la balise élévation et D2 est définie comme la distance entre la balise azimuth et la balise élévation suivant l'axe des x, avec x, y et z les coordonnées de l'avion dans le repère de la balise élévation

- Utiliser ladite distance p afin d'obtenir un point de localisation de l'aéronef dans un repère piste décalée.

D'autres caractéristiques et avantages du dispositif selon l'invention
5 apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit d'un exemple de
réalisation donné à titre illustratif et nullement limitatif annexé des figures qui
représentent :

- La figure 1 un aéronef équipé d'un radio altimètre,
- La figure 2, une représentation d'une piste principale équipée de
10 balises et d'un avion amorçant sa descente au niveau d'une piste
décalée de la piste principale équipée,
- La figure 3, un schéma montrant une piste d'atterrissage, la
couverture de l'antenne, les points de toucher au sol de l'avion,
- La figure 4, un schéma de principe pour la reconstruction de la
15 distance de l'avion.

Sur la figure 1 est représenté un avion 1 équipé d'un radioaltimètre 2 adapté
à fournir une information de hauteur H_0 , prise comme étant la distance la
plus courte entre l'avion 1 et un point S au sol. La distance H_0 , ou h sur la
20 figure 4 est une distance considérée comme perpendiculaire au sol lors de
l'approche de l'avion pour l'atterrissage.

L'avion 1 est aussi équipé d'un dispositif de réception multi mode ou MMR,
qui permet d'effectuer des approches radioguidées de piste d'atterrissage.
Ce récepteur permet notamment le guidage par de nombreux moyens
25 connus du Domaine, tels que les modes systèmes précités ILS, MLS, MLS-
CC, FLS et GLS.

L'exemple donné à titre illustratif et non limitatif de l'invention de la figure 2
concerne plus particulièrement l'utilisation du mode MLS. Ce mode permet le
centrage sur une piste principale grâce à deux balises, une balise azimut 10
30 et une balise élévation 12. La balise azimut 10 fournit une information d'écart
angulaire horizontal par rapport à la piste principale équipée 11 et la balise
élévation ou balise site 12 fournit une information d'écart angulaire vertical

par rapport au point de pose des roues de l'avion sur la piste. La figure 2 présente aussi le seuil 14 de la piste ou point de toucher des roues de l'avion.

La balise azimut 12 permet par exemple une mesure d'angle entre -40° et $+40^\circ$ et la balise élévation (site) entre $0,9^\circ$ et 15° . Ces valeurs n'étant

L'idée de la présente invention consiste notamment à utiliser la hauteur h de l'avion fournie par le radioaltimètre situé sur l'avion et l'angle fourni par la balise élévation du mode MLS équipant la piste principale afin de déterminer la distance d entre l'avion 1 et la balise azimut 10, ceci afin de permettre son atterrissage sur une piste décalée 15 d'une distance D par rapport à la piste principale équipée. h est la hauteur déterminée par rapport à un point $T1$ de la piste décalée.

La figure 3 schématise une piste d'atterrissage Pa , un point de toucher au sol de l'avion Ts , la position de la balise élévation 12 et la position de la balise azimut 10. Elle montre aussi la couverture de l'antenne faisceau balise.

La figure 4 schématise le diagramme de détermination de la distance ρ lorsque l'avion se trouve au point A , la balise azimut B , le point C étant le point sur la piste et pris à la verticale de l'avion.

Les balises azimut et élévation sont positionnées dans un même plan P , elles ont donc les mêmes coordonnées selon l'axe z .

Le procédé dispose dans le repère de la balise élévation 12, $D1$ et $D2$ sont fournis par le data link des données suivantes:

$$\rho^2 = l^2 + h^2$$

$$\text{Cos}(\theta) = \frac{x - D2}{l}$$

$$\text{Tan}(\varphi) = \frac{h}{x}$$

Soit

$$x = \frac{h}{\text{Tan}(\varphi)}$$

et

$$l = \frac{\frac{h}{\text{Tan}(\varphi)} - D2}{\text{Cos}(\theta)}$$

D'où

$$\rho = \sqrt{\left(\frac{\frac{h}{\text{Tan}(\varphi)} - D2}{\text{Cos}(\theta)} \right)^2 + h^2}$$

avec :

- Les coordonnées x, y et z sont les coordonnées de l'avion dans le repère de la balise élévation 12.
- 5 • La distance D2 est définie comme la distance entre la balise azimut 10 et la balise élévation 12 suivant l'axe des x.
- La distance D1 est définie comme la distance entre la balise azimut 10 et la balise élévation 12 suivant l'axe des y.
- Le data link : est défini comme étant une transmission RF de données reçues et décodées par le MMR. Les données issues de cette transmission indiquent le positionnement géométrique de la piste principale et des balises 10, 12. Les données du data link permettent de déterminer les distances D1 et D2.
- 10
- Les angles θ et φ sont les angles décodés par le MMR correspondant respectivement à l'angle entre l'avion 1 et la balise azimut 10, et φ l'angle d'élévation entre l'avion 1 et la balise élévation 12.
- 15

Le procédé et le système selon l'invention présentent comme avantages de reconstruire une information de distance à partir des informations conjointes

d'équipements déjà présents sur un avion, par exemple un MMR et un radioaltimètre et d'utiliser cette valeur distance dans les algorithmes de reconstruction connus de l'art antérieur.

Ils évitent l'utilisation d'équipements supplémentaires pouvant générer des
5 perturbations électroniques et aussi rendre le dispositif plus coûteux.

REVENDEICATIONS

1 – Procédé pour déterminer la distance d'un aéronef à une piste décalée (15) lors d'un atterrissage par approche décalée, la piste décalée (15) étant
5 située à une distance D d'une piste principale (11) équipée d'au moins une balise élévation (12), caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes :

- Déterminer la hauteur h à laquelle se trouve l'aéronef (1), hauteur déterminée par rapport à un point T1 de la piste décalée (15), hauteur
10 mesurée par un radioaltimètre équipant l'aéronef,
- Déterminer l'angle d'élévation φ du mode MLS en utilisant les informations de la balise élévation (12) fournie par une balise élévation (12) équipant ladite piste principale (11),
- Déterminer la valeur de la distance ρ de l'avion à la balise azimut (10)
15 en utilisant la formule suivante :

$$\rho = \sqrt{\left(\frac{\frac{h}{\tan(\varphi)} - D2}{\cos(\theta)} \right)^2 + h^2}$$

où θ et φ sont les angles décodés par le MMR correspondant respectivement
20 à l'angle entre l'avion (1) et la balise azimut (10) et l'angle entre l'avion (1) et la balise élévation (12) et D2 est définie comme la distance entre la balise azimut (10), et la balise élévation (12) suivant l'axe des x, avec x, y et z les coordonnées de l'avion dans le repère de la balise élévation (12)

- Utiliser ladite distance ρ afin d'obtenir un point de localisation de
25 l'aéronef dans un repère piste décalée (15).

2 – Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'on utilise la distance ρ dans un algorithme de reconstruction tel que celui décrit dans la norme DO198 ou DO226

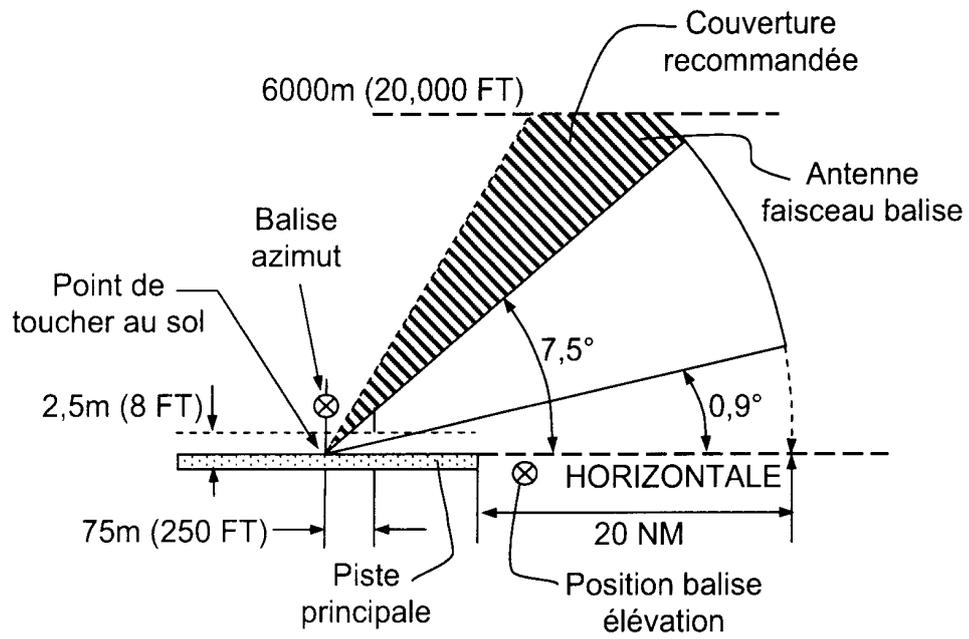


FIG.3

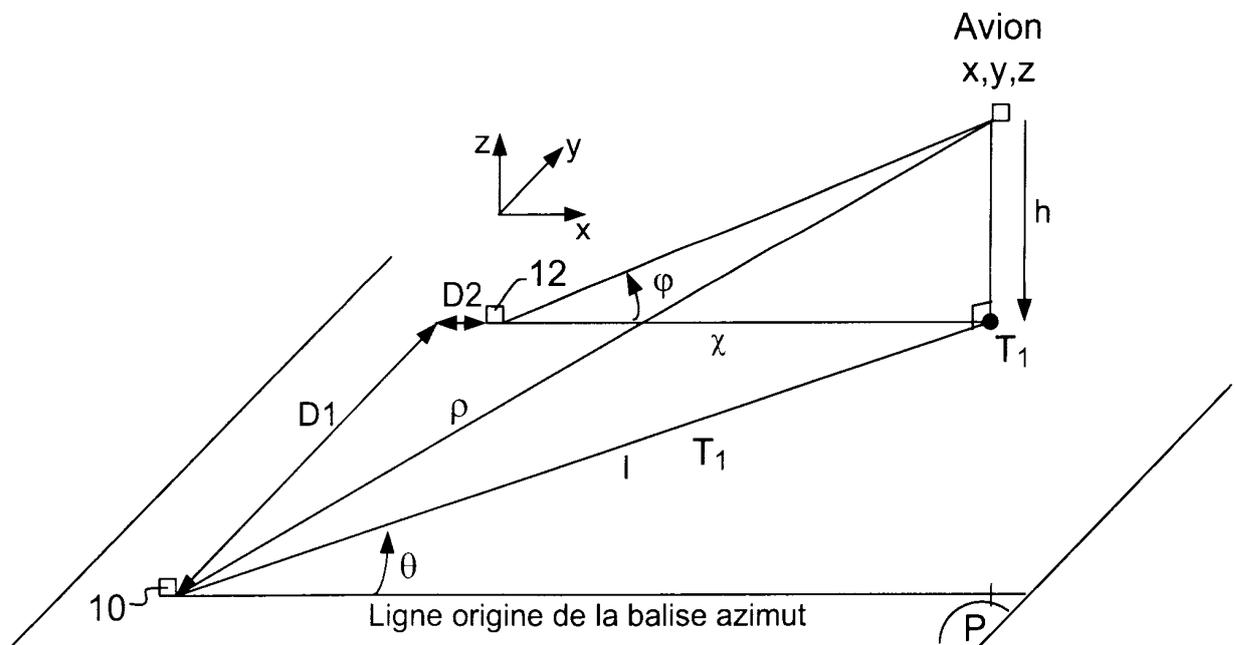


FIG.4



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

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

FA 726930
FR 0902729

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	<p>REMER J H ET AL: "Microwave landing system (MLS) area navigation: computed centerline experiments and system accuracy analyses in an RF environment" EFFICIENT CONDUCT OF INDIVIDUAL FLIGHTS AND AIR TRAFFIC OF OPTIMUM UTILIZATION OF MODERN TECHNOLOGY (GUIDANCE, CONTROL, NAVIGATION, COMMUNICATION, SURVEILLANCE AND PROCESSING FACILITIES) FOR THE OVERALL BENEFIT OF CIVIL AND MILITARY AIRSPACE USERS, N, vol. 410, 1 décembre 1986 (1986-12-01), pages 41-1, XP008113571 ISBN: 9789283504030 * le document en entier *</p>	1-2	<p>G08G5/02 B64D45/04</p>	
Y	<p>FR 1 569 759 A (BLACKLEDGE VERNON O) 6 juin 1969 (1969-06-06) * page 1, colonne 2, ligne 11 - ligne 20 *</p>	1-2		
A	<p>US 4 368 517 A (LOVERING PETER) 11 janvier 1983 (1983-01-11) * abrégé * * colonne 9, ligne 3 - ligne 18 *</p>	1-2		<p>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)</p> <p>G01S G08G</p>
A	<p>HALL ET AL: "Examination of RTCA/D0-198 Position Reconstruction Algorithms for Area Navigation with the Microwave Landing System" TECHNICAL REPORT PREPARED BY THE MITRE CORPORATION; BEDFORD, MASSACHUSETTS,, vol. ESD-TR-90-308, no. AD-A224 804, 1 juin 1990 (1990-06-01), page 54PP, XP009104064 * le document en entier *</p>	1-2		
		-/--		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur		
5 mars 2010		Vial, Antoine		
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>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</p>		<p>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</p>		

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

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

FA 726930
FR 0902729

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	VAN WILLIGEN D ET AL: "Radio Navigation - Air traffic systems" INTERNET CITATION 29 juillet 2008 (2008-07-29), pages 51-64, XP002490240 Extrait de l'Internet: URL:http://www.pn.ewi.tudelft.nl/education/et4-022/notes/> [extrait le 2008-07-29] * le document en entier * -----	1-2	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		5 mars 2010	Vial, Antoine
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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	

1
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0902729 FA 726930**

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 **05-03-2010**

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 1569759	A	06-06-1969	DE 1616530 A1	29-04-1971
			GB 1214672 A	02-12-1970
			JP 53009000 B	03-04-1978
			US 3381295 A	30-04-1968

US 4368517	A	11-01-1983	AUCUN	
