

Le domaine de l'invention est celui des antennes de réception et/ou d'émission de signaux radio imprimées sur circuits imprimés.

Plus particulièrement, l'invention concerne l'implémentation d'une telle antenne dans un dispositif électronique embarqué, tel qu'un autoradio.

5 La bande de fréquence Bluetooth, comprise entre 2400 et 2483,5 MHz, a été choisie pour de nombreuses applications dans les transmissions sans fil, du fait notamment qu'elle ne nécessite pas de licence et qu'une onde transmise dans cette bande de fréquence est très rapidement atténuée (notamment du fait de l'absorption par les molécules d'eau présentes dans l'air) et peut donc être utilisée pour des transmissions
10 privées sur de courtes distances.

Il existe trois catégories principales d'antennes Bluetooth : les antennes diélectriques, les antennes imprimées et les antennes RC.

L'antenne diélectrique est une antenne réalisée dans un matériau diélectrique (de type céramique par exemple) dont le mode de propagation est électrique en champ
15 proche. Ce type d'antenne est très sensible aux interférences électriques générées par l'environnement métallique. En conséquence, l'antenne diélectrique doit être préférentiellement placée dans un milieu peu métallique et relativement spacieux comme, par exemple, au niveau de la façade d'un autoradio (la façade étant généralement réalisée dans un matériau non métallique).

20 Cette antenne diélectrique nécessite la mise en œuvre d'un composant en céramique ce qui la rend coûteuse et encombrante (il est difficile d'intégrer une telle antenne). En outre, les limitations concernant son implantation posent problème.

Les antennes de type RC sont quant à elles encombrantes et également très sensibles à un environnement métallique. Elles sont de ce fait peu efficaces en
25 environnement automobile.

Les antennes imprimées directement sur circuit imprimé (par exemple les antennes imprimées en F inversé, encore appelées PIFA pour « Printed Inverted Frequency Antenna » en anglais, telles que décrites dans le document de brevet américain n°US2004075610) ne nécessitent pas la mise en œuvre de composants
30 céramiques et permettent d'obtenir un encombrement réduit.

Le mode de propagation d'une antenne imprimée peut être un mode de propagation électrique ou un mode de propagation magnétique. Dans le premier cas, l'antenne est également très sensible à un environnement métallique et de ce fait peu efficace en environnement automobile.

Dans le second cas, l'antenne est moins sensible à l'environnement métallique et permet d'obtenir un plus grand gain, une meilleure adaptation, une plus grande puissance rayonnée et/ou une directivité accrue par rapport à une antenne diélectrique.

On connaît notamment l'antenne boucle imprimée, telle que décrite dans le document de brevet américain n°US6452563, qui comprend une boucle magnétique. La forme particulière de cette antenne boucle (en forme de boucle) permet d'obtenir un mode de propagation magnétique en champ proche (ce qui correspond à une distance inférieure à environ 3,8 cm de l'antenne dans les fréquences Bluetooth).

Il est à noter qu'au-delà de cette distance de 3,8 cm (pour les fréquences Bluetooth), on se trouve en champ lointain et l'antenne boucle ne rayonne plus uniquement en mode magnétique mais également en mode électrique.

Il existe également une antenne « double boucle » telle qu'illustrée par la figure 1. Ce type d'antenne double boucle comprend une première boucle magnétique 11 reliée électriquement à une seconde boucle magnétique 12 au moyen d'une liaison électrique 13.

La première boucle magnétique 11 constitue en fait l'antenne qui rayonne et la seconde boucle magnétique 12 est généralement utilisée pour accorder l'impédance de l'antenne double boucle 10, de façon, par exemple, à réaliser une antenne adaptée à 50 Ω .

Cependant, un inconvénient de cette antenne double boucle est qu'elle est encombrante et n'est donc pas adaptée à la réalisation de systèmes embarqués de faibles dimensions.

L'invention a notamment pour objectif de pallier ces inconvénients de l'art antérieur.

Plus précisément, un objectif de l'invention, dans au moins un de ses modes de réalisation, est de fournir une antenne imprimée à mode de propagation magnétique qui soit peu encombrante par rapport aux solutions existantes.

Un autre objectif de l'invention, dans au moins un de ses modes de réalisation, est de mettre en œuvre une telle antenne dont l'impédance électrique et la fréquence de résonance peuvent être aisément accordées.

L'invention, dans au moins un de ses modes de réalisation, a encore pour objectif de fournir une telle antenne qui soit aisée à réaliser et pour un faible coût.

Ces objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite, sont atteints à l'aide d'une antenne imprimée sur un circuit imprimé comprenant au moins une première boucle magnétique imprimée sur une première face du circuit, ladite première boucle magnétique comprenant deux extrémités en regard l'une de l'autre et définissant une première fente.

Selon l'invention, une telle antenne comprend une seconde boucle magnétique

imprimée sur une seconde face du circuit, ladite seconde boucle magnétique comprenant deux extrémités en regard l'une de l'autre et définissant une seconde fente, les première et seconde boucles n'étant pas électriquement reliées.

Le principe général de l'invention consiste donc à mettre en œuvre un couplage électromagnétique entre deux boucles magnétiques formant une antenne imprimée de façon à pouvoir disposer les première et seconde boucles respectivement sur les première et seconde faces du circuit imprimé.

Ainsi, l'invention permet de fournir une antenne imprimée à mode de propagation magnétique qui soit peu encombrante (du fait que chacune des boucles est disposée sur une face distincte du circuit imprimé) par rapport aux solutions existantes et notamment par rapport à l'antenne « double boucle » précitée.

Par ailleurs, la technologie sur circuit imprimé permet de réduire le coût de l'antenne et de faciliter sa production.

Il est à noter qu'une telle structure va à l'encontre des à priori de l'homme du métier. En effet, partant de l'antenne à double boucle classique, et cherchant à résoudre le problème de la réduction de l'encombrement de cette antenne, ce dernier optimiserait le choix des matériaux la constituant afin de réduire ses dimensions, mais n'envisagerait pas de supprimer la liaison électrique.

Même à considérer que l'homme du métier, cherchant à résoudre ce problème, envisagerait (ce qu'il n'est pas incité à faire) de disposer les première et seconde boucles de l'antenne boucle classique sur les première et seconde faces du circuit imprimé, il disposerait, pour ce faire, une liaison électrique au niveau de la tranche du circuit, ce qui permet de disposer les boucles de part et d'autre du circuit.

Ce faisant, il n'obtiendrait pas l'antenne de l'invention, dont les boucles ne sont pas électriquement reliées.

Avantageusement, la largeur de la première fente est choisie de façon que les extrémités de la première boucle et la première fente forment une capacité permettant d'accorder la fréquence de résonance de l'antenne dont la valeur dépend de la largeur de la première fente.

Ainsi, le choix convenable de la largeur de la première fente permet d'accorder notamment la fréquence de résonance de l'antenne.

Préférentiellement, au moins une des première et seconde boucles magnétiques comprend au moins deux segments de boucle dont les largeurs sont distinctes.

Ainsi, le choix des largeurs des segments de boucle constituant la première et/ou la seconde boucle magnétique permet d'accorder l'impédance de l'antenne.

L'invention concerne également un circuit imprimé comprenant au moins une antenne telle que décrite précédemment.

Les avantages du circuit imprimé sont les mêmes que ceux de l'antenne, ils ne sont pas détaillés plus amplement.

L'invention concerne aussi un dispositif électronique embarqué comprenant au moins une antenne telle que décrite précédemment.

5 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation préférentiel, donné à titre de simple exemple illustratif et non limitatif, et des dessins annexés, parmi lesquels :

- la figure 1 présente un schéma d'une antenne « double boucle » classique ;
- les figures 2A et 2B présentent des vues de dessus (figure 2A) et de dessous (figure 2B) d'un circuit imprimé comprenant une antenne imprimée selon un premier mode de réalisation de l'invention ;

- les figures 3A et 3B présentent un circuit imprimé complet (figure 3A) et la partie de ce circuit imprimé (figure 3B) sur laquelle sont disposées des première et seconde boucles magnétiques d'une antenne imprimée selon un second mode de réalisation de l'invention ;

15 - la figure 4 présente un autoradio à base d'un circuit imprimé comprenant une antenne imprimée selon l'invention.

On présente, en relation avec les figures 2A et 2B, des vues de dessus (figure 2A) et de dessous (figure 2B) d'une partie d'un circuit imprimé 200 comprenant une antenne imprimée 20 selon un premier mode de réalisation de l'invention.

Le circuit imprimé 200 porte, sur sa première face (figure 2A), une première boucle magnétique 21 comprenant deux extrémités 211 et 212 en regard l'une de l'autre et définissant une première fente 213. Le circuit 200 porte également, sur sa seconde face (figure 2B) une seconde boucle magnétique 22 comprenant deux extrémités 221 et 222 en regard l'une de l'autre et définissant une seconde fente 223.

Cette antenne 20 est prévue pour émettre dans la bande de fréquence Bluetooth et se comporte comme un circuit RLC parallèle en résonance.

Tel qu'illustré par les figures 2A et 2B, les première et seconde boucles ne sont pas électriquement reliées. On a représenté sur ces figures 2A et 2B uniquement la partie du circuit imprimé 200 sur laquelle sont disposées les boucles magnétiques.

On présente, en relation avec les figures 3A et 3B, un circuit imprimé 300 complet (figure 3A) et la partie de ce circuit imprimé 300 (figure 3B) sur laquelle sont disposées des première 31 et seconde 32 boucles magnétiques d'une antenne imprimée 30 selon un second mode de réalisation de l'invention.

35 Le circuit imprimé 300 porte à la fois l'antenne imprimée 30 et un circuit électronique, l'ensemble constituant, par exemple, un autoradio.

La première boucle magnétique 31 est électromagnétiquement couplée avec la seconde boucle magnétique 32 et l'antenne imprimée 30 fonctionne en mode de propagation magnétique. L'antenne 30 est ainsi particulièrement adaptée au contexte automobile (faible encombrement et faible sensibilité à l'environnement métallique).

5 La seconde boucle magnétique 32 (ou 22 dans le cas des figures 2A et 2B) est galvaniquement reliée au circuit électronique. La première boucle magnétique 31 (ou 21 dans le cas des figures 2A et 2B) est la partie rayonnante de l'antenne imprimée 30 (ou 20 dans le cas des figures 2A et 2B) et détermine sa fréquence de résonance.

10 Les première 31 et seconde 32 boucles magnétiques sont constituées de segments de bande de cuivre (qui est conventionnellement utilisée sur circuit imprimé). Bien entendu, les boucles magnétiques peuvent être réalisées dans tout autre matériau conducteur.

Par exemple, la seconde boucle 32 est constituée de cinq segments 324, 325, 326, 327 et 328 formant sensiblement un rectangle. Sur la figure 3B, les segments 324, 15 325, 326, 327 et 328 ont été représentés avec des largeurs égales. Bien entendu, les segments constituant les première 31 et seconde 32 boucles magnétiques peuvent être de largeurs différentes telles que les première 21 et seconde 22 boucles du premier mode de réalisation illustré par les figures 2A et 2B.

20 Au sens électrique, la première boucle magnétique 31 en cuivre peut être modélisée électriquement par une bobine L_1 associée avec une résistance R_1 (qui représente une partie de la résistance de pertes de l'antenne imprimée 30) et avec une capacité C_1 ci-après décrite.

25 Cette antenne imprimée 30 est prévue pour émettre dans la bande de fréquence Bluetooth, plus précisément à la fréquence 2,45 GHz, et se comporte comme un circuit RLC parallèle en résonance.

Il est à noter que la longueur de la piste en cuivre formant la première boucle magnétique 31 doit être égale à la longueur d'onde à laquelle l'antenne émet (dans le présent cas la longueur d'onde Bluetooth, qui est égale à environ 12cm dans le vide) divisée par l'indice de réfraction du circuit imprimé 300. Dans le présent cas, la longueur 30 de la première boucle est d'environ 6 cm.

Les extrémités 311, 312 de la première boucle magnétique 31 sont positionnées en regard l'une de l'autre et définissent une première fente 313 de faible largeur.

Ainsi, les deux extrémités 311, 312 de la première boucle magnétique 31 ainsi que la première fente 313 forment la capacité C_1 .

35 La capacité C du circuit RLC équivalent à l'antenne 30 est égale à la somme de la capacité C_1 et d'une capacité C_2 . La capacité C_2 qui est imposée par la largeur du circuit

imprimé 300 (généralement, C2 est de faible valeur et influe peu sur la capacité C du circuit RLC).

Le choix de la largeur de la première fente 313 permet notamment d'accorder la valeur de la capacité C1 et ainsi celle de la capacité C du circuit RLC équivalent à l'antenne 30. On accorde ainsi la fréquence de résonance de l'antenne 30 à la fréquence recherchée de 2,45GHz.

Ainsi, grâce à l'antenne imprimée de l'invention, il n'est pas nécessaire d'avoir recours à l'utilisation d'une capacité supplémentaire (comme dans certaines antennes classiques) pour ajuster la fréquence de résonance.

Il est également à noter que la largeur des segments de bande de cuivre constituant la première boucle magnétique 31 permet également d'accorder la capacité C1 et donc la fréquence de résonance.

La seconde boucle magnétique 32 (galvaniquement reliée au circuit électronique) sert à approvisionner la première boucle magnétique 31 (cette dernière étant la partie rayonnante de l'antenne) avec l'énergie destinée à la radiation.

La seconde boucle magnétique 32 est équivalente à un circuit électrique RL de résistance R2 et d'inductance L2 et la première boucle magnétique 31 est équivalente à un circuit électrique RLC de résistance R1, d'inductance L1 et de capacité C1.

Ainsi, l'antenne imprimée 30 est équivalente à un circuit électrique RLC, où $R = R1+R2+R3$, $L = L1+L2+L3$ et $C = C1+C2+C3$ (tel qu'expliqué précédemment, C2 n'étant pas liée à la seconde boucle magnétique 32 mais au circuit imprimé 3000) où R3, L3 et C3 sont respectivement des résistances, inductance et capacité équivalentes liées à l'influence de l'environnement de l'antenne.

En faisant varier les valeurs de la surface intérieure et les largeurs respectives des différents segments de bande de cuivre constituant la seconde boucle 32 (électromagnétiquement couplée à la première boucle 31), l'impédance d'entrée de l'antenne imprimée 30 peut ainsi être ajustée à toute valeur désirée, par exemple à 50Ω.

L'impédance d'entrée de l'antenne imprimée 30 peut aussi être ajustée en faisant varier le positionnement relatif de la première boucle 31 par rapport à la seconde boucle 32.

On peut noter que l'impédance d'entrée de l'antenne imprimée 30 peut également être ajustée en faisant varier les largeurs respectives des différents segments de bande de cuivre constituant la première boucle 31 ou encore en faisant varier la largeur de la fente 313 (dont dépend directement la capacité C1).

En effet, conformément à la théorie de l'inductance mutuelle (autrement appelée théorie du « transformateur » ou du « couplage inductif »), l'impédance de l'antenne imprimée 30 dépend des résistances R1, R2, inductances L1 L2 et capacité C1 des

première et seconde boucles 31, 32, ces résistances, inductances et capacités dépendant elles-mêmes notamment des largeurs respectives des différents segments de bande de cuivre constituant les première et seconde boucle 31, 32.

Une fois la seconde boucle 32 alimentée en énergie par le circuit électronique
5 3000, un courant I_2 circule dans cette seconde boucle 32 et génère un champ électromagnétique qui excite la première boucle 31 (équivalente à un circuit oscillant R1, L1, C1) et induit donc un courant I_1 qui circule dans cette première boucle 31.

La première boucle 31 étant en résonance à la fréquence désirée force une distribution précise du courant sur les segments de bande de cuivre qui la constituent, ce
10 qui conduit à la réalisation d'une antenne en bande Bluetooth.

Les première 31 et seconde 32 boucles des premier et second modes de réalisation précités ont une forme sensiblement rectangulaire. Bien entendu, les première et seconde boucles d'une antenne conforme à l'invention peuvent avoir toute forme, par exemple circulaire. Par ailleurs, les première et seconde boucles d'une antenne conforme
15 à l'invention peuvent être identiques ou distinctes.

Ainsi, l'impédance d'une antenne imprimée conforme à la présente invention est plus stable et peut être aisément adaptée (par exemple, par variation de la valeur de la capacité C2) par rapport à une antenne électrique classique (ayant pour circuit équivalent, un circuit R,L).

20 On présente, en relation avec la figure 4, un autoradio 40 à base d'un circuit imprimé 41 comprenant une antenne imprimée 42 selon l'invention.

L'autoradio 40 comprends le circuit imprimé 41 sur lequel est montée l'antenne 42 ainsi qu'un circuit électronique auquel est électriquement connecté l'antenne 42. Un boîtier 44 comprenant des éléments mécaniques est monté sur le circuit imprimé 41.

25 L'habillage de l'autoradio comprend une façade 43 ainsi que des première 45, seconde 46 et troisième 47 plaques.

REVENDEICATIONS

1. Antenne imprimée sur un circuit imprimé (200, 300) comprenant au moins une première boucle (21, 31) magnétique imprimée sur une première face du circuit, ladite première boucle magnétique comprenant deux extrémités en regard l'une de l'autre et définissant une première fente (213, 313),
- 5 caractérisée en ce qu'elle comprend une seconde boucle (22, 32) magnétique imprimée sur une seconde face du circuit, ladite seconde boucle magnétique comprenant deux extrémités en regard l'une de l'autre et définissant une seconde fente (223), et en ce que lesdites première (21, 31) et seconde (22, 32) boucles ne sont pas électriquement reliées.
- 10 2. Antenne imprimée selon la revendication 1, caractérisée en ce que la largeur de ladite première fente (213, 313) est choisie de façon que les extrémités de la première boucle (21, 31) et la première fente (213, 313) forment une capacité permettant d'accorder la fréquence de résonance de l'antenne dont la valeur dépend de la largeur de la première fente.
- 15 3. Antenne imprimée selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisée en ce qu'au moins une desdites première (21, 31) et seconde (22, 32) boucles magnétiques comprend au moins deux segments de boucle dont les largeurs sont distinctes.
- 20 4. Circuit imprimé pour dispositif électronique embarqué comprenant au moins une antenne imprimée selon l'une quelconque des revendications 1 à 3.
5. Dispositif électronique embarqué comprenant au moins une antenne imprimée selon l'une quelconque des revendications 1 à 3.

1/2

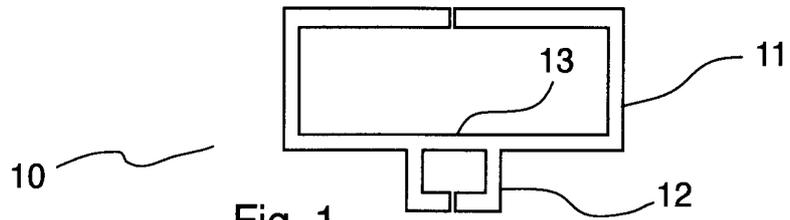


Fig. 1

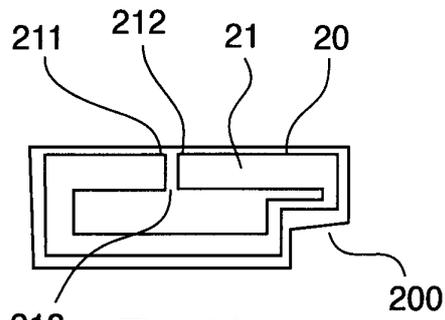


Fig. 2A

Vue de dessus

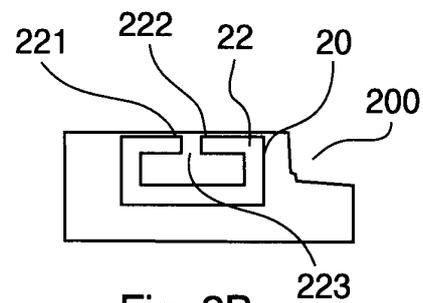


Fig. 2B

Vue de dessous

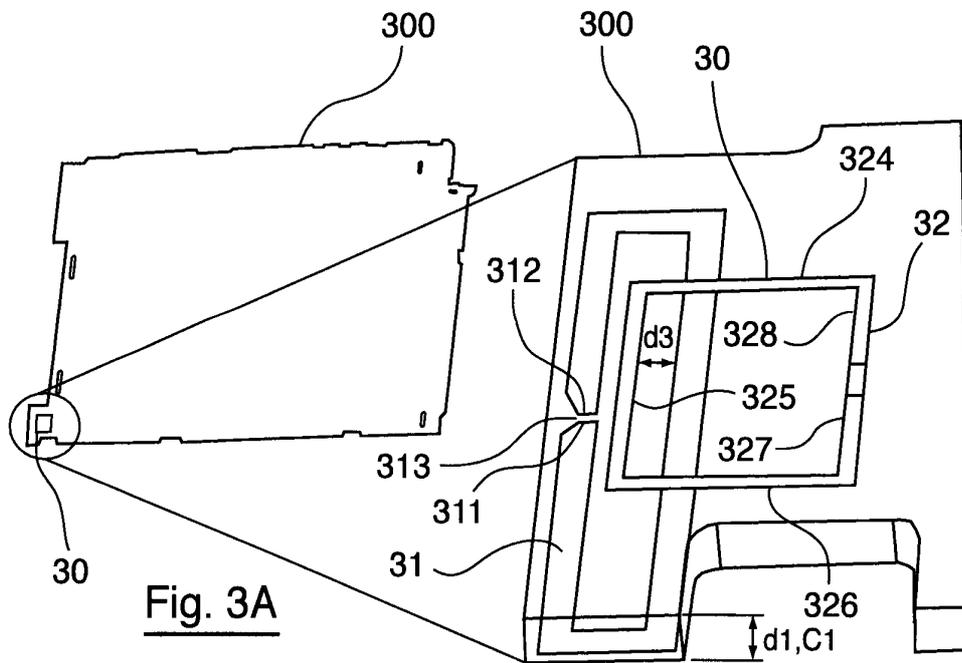
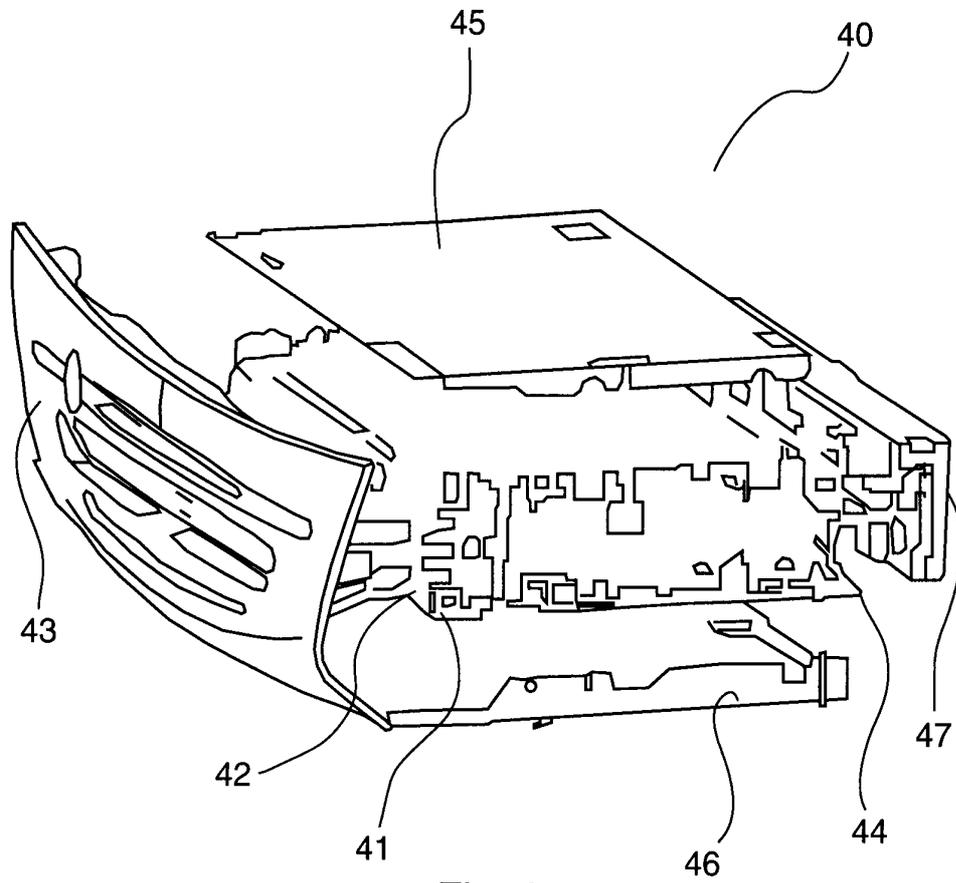


Fig. 3A

Fig. 3B

2/2

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 681006
FR 0605857

| 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 | US 5 557 293 A1 (MCCOY DANNY O [US] ET AL) 17 septembre 1996 (1996-09-17) * abrégé; figures 1,2 * * colonne 1, ligne 46 - colonne 2, ligne 45 * | 1-5 | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H01Q |
| A | FR 2 843 653 A1 (SAGAN ZBIGNIEW [FR]) 20 février 2004 (2004-02-20) * abrégé; figure 3 * * page 3, ligne 8 - page 4, ligne 21 * | 2 | |
| A | US 2 412 249 A1 (BROWN GEORGE H ET AL) 10 décembre 1946 (1946-12-10) * colonne 2, ligne 28-37; figure 2 * | 1,2 | |
| Date d'achèvement de la recherche | | Examineur | |
| 13 mars 2007 | | CORDEIRO, J | |
| <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) 2

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0605857 FA 681006**

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 13-03-2007

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 5557293 | A1 | AUCUN | |
| FR 2843653 | A1 | 20-02-2004 | |
| | | AU 2003274250 A1 | 03-03-2004 |
| | | WO 2004017463 A2 | 26-02-2004 |
| US 2412249 | A1 | AUCUN | |