

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication : **3 028 355**

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

②① N° d'enregistrement national : **14 02543**

⑤① Int Cl⁸ : **H 01 Q 1/38 (2017.01), H 01 Q 11/14**

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ DISPOSITIF ANTENNE COMPACTE RECONFIGURABLE.

②② Date de dépôt : 12.11.14.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 13.05.16 Bulletin 16/19.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 02.02.18 Bulletin 18/05.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *INSTITUT NATIONAL DES
SCIENCES APPLIQUEES DE RENNES* et *CNRS*
*Etablissement public à caractère scientifique et
technologique — FR.*

⑦② Inventeur(s) : FLOC'H JEAN-MARIE.

⑦③ Titulaire(s) : *INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES
APPLIQUEES DE RENNES, CNRS Etablissement
public à caractère scientifique et technologique.*

⑦④ Mandataire(s) : OUEST VALORISATION SAS.

FR 3 028 355 - B1



DISPOSITIF ANTENNE COMPACTE RECONFIGURABLE.

1. Domaine de l'invention.

5

L'invention se rapporte au domaine des dispositifs antennes de transmission de signaux radioélectriques et plus particulièrement aux antennes monopoles à élément rayonnant de type méandre.

10

2. Etat de l'art.

15

Les antennes sont des éléments essentiels des dispositifs radioélectriques. Un grand nombre de types d'antennes existent et les caractéristiques propres à chacun de ces types influencent conséquemment les performances en termes de qualité et de portée d'une transmission

20

Parmi les structures d'antennes de petites dimensions, l'antenne méandre est déduite d'un monopole quart d'onde. Pour diminuer les dimensions globales de la structure, l'idée mise en œuvre avec l'antenne méandre consiste à replier le monopole d'origine en plusieurs méandres d'égales longueurs. La réduction de taille est obtenue en ajustant le nombre de méandres et l'écart entre chacun d'entre eux. Une telle antenne méandre peut être aisément imprimée sur un substrat diélectrique. Avec une telle structure, les brins les plus courts participent de manière prépondérante au rayonnement car les courants surfaciques y sont en phase. A l'inverse, dans

25

les brins les plus longs, les courants surfaciques sont en opposition de phase. Les antennes méandres sont souvent définies par le rapport de leurs longueurs axiales, qui crée l'encombrement et la longueur équivalent du méandre déplié. On constate que la fréquence de résonance d'une antenne méandre est inférieure à celle du méandre déplié, notamment du fait du couplage qui existe entre les méandres et des coudes créés par le repliement des brins. On estime la performance en termes de réduction d'une telle antenne, par le rapport l de sa longueur axiale et de la longueur L d'un brin

30

déplié résonnant à la même fréquence. On constate en outre que le facteur de réduction augmente avec le nombre de méandres, mais également en fonction de l'écartement des méandres et de la section du brin.

Cette structure d'antenne méandre ne permet toutefois pas
5 d'atteindre un niveau de réduction optimal de ses dimensions.

3. Résumé de l'invention.

10 L'invention permet d'améliorer l'état de l'art en proposant un dispositif antenne comprenant une connexion de masse électrique et un élément rayonnant de type méandre monopole, l'élément rayonnant étant disposé sur une première face d'un support diélectrique plan à deux faces, le dispositif antenne comprenant en outre, sur une deuxième face du support
15 diélectrique, au moins un élément conducteur plan flottant, disposé parallèlement à l'élément rayonnant, ledit au moins un élément conducteur plan flottant étant isolé de la connexion de masse électrique.

Selon un mode de réalisation de l'invention, l'élément conducteur
20 plan flottant est de taille sensiblement identique à celle de l'élément rayonnant.

Selon un mode de réalisation de l'invention, la forme de l'élément
conducteur plan est ajustable mécaniquement aux fins de modifier des
caractéristiques du dispositif antenne.

25 Avantageusement, l'élément conducteur plan flottant comprend un métal liquide inséré dans un conteneur clos, ce qui permet de modifier sa forme par modification de la forme du conteneur, par exemple.

30 Selon un mode de réalisation de l'invention, le métal liquide est du galinstan ou du mercure.

Selon un mode de réalisation de l'invention, l'élément conducteur plan flottant est de forme rectangulaire ou carrée.

4. Liste des figures.

5

L'invention sera mieux comprise, et d'autres particularités et avantages apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, la description faisant référence aux dessins annexés parmi lesquels :

10 - La **figure 1** illustre un dispositif antenne méandre monopole selon l'art antérieur.

- La **figure 2** illustre un dispositif antenne méandre monopole selon un mode de réalisation particulier et non limitatif de l'invention.

15

- La **figure 3** représente un diagramme comparatif de caractéristiques d'un dispositif antenne méandre monopole selon un mode de réalisation particulier et non limitatif de l'invention avec un dispositif antenne méandre selon l'art antérieur.

20

5. Description détaillée de modes de réalisation de l'invention.

25 Sur les **figures 1 à 2**, les modules représentés sont des unités fonctionnelles, qui correspondent ou non à des unités physiquement distinguables. Par exemple, ces modules ou certains d'entre eux sont regroupés dans un unique composant, ou constitués des fonctionnalités d'un même logiciel. *A contrario*, selon d'autres modes de réalisation, certains modules sont composés d'entités physiques séparées.

30

La **figure 1** illustre un dispositif antenne méandre monopole ANT selon l'art antérieur. Selon un mode de réalisation l'élément rayonnant RE1 de

l'antenne ANT, monopole en forme de méandre, est imprimé sur une face d'une pièce D découpée dans un substrat diélectrique de type FR4. Un signal incident est transmis à l'antenne ANT depuis un dispositif générateur distant via une connexion d'antenne CON. La connexion d'antenne CON est reliée à l'élément rayonnant RE1 de l'antenne ANT ainsi qu'à un plan de masse GND. Le plan de masse GND de l'antenne ANT est relié à la masse du dispositif distant distribuant le signal incident à transmettre via le dispositif antenne ANT. Le substrat diélectrique D est plan et comprend deux faces S1 et S2. L'élément rayonnant RE1 est imprimé sur la face S1 du substrat D.

10

La **figure 2** illustre un dispositif antenne méandre monopole ANT selon un mode de réalisation particulier et non limitatif de l'invention. Selon un mode de réalisation, un substrat diélectrique D, plan ou sensiblement plan est utilisé et un élément rayonnant RE1 est imprimé sur une face S1 du substrat D, comme pour l'antenne représentée sur la figure 1, et connue de l'homme du métier.

Astucieusement, et selon un mode de réalisation de l'invention, un plan conducteur flottant (non relié à la masse) FP1 est positionné sur une face S2 du substrat diélectrique D, opposée à la face S1. Selon le mode de réalisation préféré de l'invention, le substrat diélectrique D est constitué d'un matériau de type FR4, bien connu de l'homme du métier et classiquement utilisé pour la fabrication de circuits imprimés, et le plan conducteur flottant FP1 est imprimé (ou sérigraphié) sur le substrat diélectrique D, sur la face opposée à celle où figure l'élément rayonnant RE1. Selon des variantes, le substrat diélectrique D est constitué d'un ou plusieurs matériaux ayant des propriétés diélectriques compatibles avec et utiles à un usage de support physique d'élément rayonnant d'une antenne. Selon le mode de réalisation préféré de l'invention, le plan conducteur flottant FP1 est d'une taille sensiblement identique aux dimensions (largeur et longueur) de l'ensemble des méandres constituant l'élément rayonnant RE1 de l'antenne ANT, et disposé sur la face opposée à celle portant l'élément rayonnant RE1, « en regard » de celui-ci.

30

Sur la figure 2, le plan conducteur flottant FP1 est vu par transparence à travers le substrat (support) D, et ce afin de simplifier l'illustration de l'antenne ANT réalisée sur le substrat D à deux faces et portant l'élément rayonnant méandre RE1 sur une face S1 et le plan conducteur flottant sur une face S2 opposée à la face S1.

Astucieusement, la présence de l'élément conducteur flottant FP1, non relié à la masse de l'antenne ANT, n'agit pas comme un blindage mais crée une augmentation significative de la permittivité du substrat diélectrique D « vu » par l'élément rayonnant RE1. Ainsi, du fait de la présence de l'élément conducteur plan FP1 disposé comme indiqué précédemment, pour un substrat de type FR4, la permittivité effective est augmentée d'un facteur sensiblement égal ou supérieur à deux. La structure initiale de l'antenne est transformée et le comportement de l'antenne en est modifié de sorte que l'antenne se comporte alors comme une antenne micro-ruban, plus que comme une antenne à diélectrique dans l'air.

Il est à noter que la permittivité effective globale EPS_g de l'antenne ANT vue de l'élément rayonnant RE1 est fonction de la permittivité EPS_s du matériaux constituant le substrat diélectrique « support », de l'épaisseur e de ce substrat, ainsi que de la présence d'un élément w (par exemple FP1), conducteur, positionné « en regard » de l'élément rayonnant FP1, sur la face du substrat opposée à celle portant l'élément rayonnant RE1.

La longueur électrique de l'antenne ANT est fonction inverse de la racine carrée de la permittivité effective « vue par » l'élément rayonnant RE1.

Ainsi, avantageusement, la présence du plan conducteur flottant FP1 permet de réduire les dimensions de l'antenne monopole méandre ANT pour atteindre des performances de qualité de transmission et de portée égales à celles qui seraient obtenues en l'absence du plan conducteur FP1 flottant. Avantageusement, les dimensions globales de l'antenne méandre ANT peuvent ainsi être réduites sans que cela ne soit préjudiciable ni à la

qualité de la transmission d'un signal radioélectrique représentatif du signal incident transmis par conduction à l'élément rayonnant RE1, ni à la portée de ce signal radioélectrique.

5 Selon une variante du mode de réalisation, le substrat diélectrique D est constitué de matériaux tels qu'il peut être souple et que l'antenne ANT puisse être utilisée positionnée sur un support souple, tel que, par exemple, un support textile.

10 Avantageusement, la taille réduite de l'antenne méandre ANT, du fait de la présence du plan conducteur flottant FP1, permet, à performances égales, d'utiliser l'antenne sur un support textile. De nombreuses applications sont alors possibles, telles que l'intégration d'une antenne similaire à l'antenne ANT dans un vêtement (ou un gilet de sauvetage, par exemple).

15 La structure d'une antenne méandre est intéressante dans la mesure où une telle antenne présente une caractéristique d'antenne multi-bandes. Avantageusement, l'adjonction du plan conducteur flottant FP1 permet d'obtenir, pour un élément rayonnant RE1 identique, un plus grand
20 nombre de fréquences de résonance de l'antenne ANT.

Astucieusement, il est ainsi possible de reconfigurer l'antenne par modification de la forme du plan conducteur flottant, ce qui a pour effet de modifier les écartements entre les différentes fréquences de résonance, ainsi
25 que leurs positions respectives dans la bande de fréquences de l'antenne ANT. Ainsi, en fonction des fréquences de résonances souhaitées, une forme précise du plan conducteur flottant FP1 peut être définie expérimentalement en laboratoire et adoptée pour la fabrication en série d'un modèle d'antenne
30 ANT, en corrélation avec un jeu de fréquences de résonance donné. La reconfiguration de l'antenne (encore appelée reconfigurabilité) en est rendue particulièrement aisée puisque la forme du plan conducteur flottant ainsi définie avec justesse peut être sérigraphiée, ou imprimée par exemple. Selon

une variante du mode de réalisation, le plan conducteur flottant FP1 est associé (ou fixé) à un élément adhésif (colle ou surface autocollante, par exemple), et peut être positionné ainsi aisément sur le substrat diélectrique D.

5 Selon un mode de réalisation de l'invention, l'ajustement des dimensions du plan conducteur flottant FP1 est réalisé mécaniquement par glissement (et donc positionnement) d'une pluralité de plans conducteurs, les uns par rapport aux autres, ce qui a pour effet de faire varier à la fois la forme et les dimensions du plan conducteur flottant global ainsi réalisé.

10

 Selon une variante, on utilise une technique de conditionnement d'un métal liquide, dans un conteneur modifiable en forme et en surface d'encombrement, pour faire varier la forme et la position du plan conducteur flottant FP1 et donc pour reconfigurer les caractéristiques de l'antenne
15 ANT(position des fréquences de résonance dans la bande de fréquences).

 La **figure 3** représente un diagramme comparatif de caractéristiques du dispositif antenne méandre monopole ANT selon un mode de réalisation particulier et non limitatif de l'invention avec des
20 caractéristiques comparables d'un dispositif antenne méandre ANT selon l'art antérieur.

 La courbe **C1** représente le coefficient de réflexion en fonction de la fréquence d'une antenne méandre monopole ANT dépourvue du plan
25 conducteur flottant FP1 sur la face S2 du substrat D. La courbe **C2** représente le coefficient de réflexion en fonction de la fréquence d'une antenne méandre ANT monopole similaire équipée d'un plan conducteur flottant FP1 sur la face S2 opposée à celle (S1) portant l'élément rayonnant RE1. On observe distinctement un accroissement de la capacité multi-
30 fréquentielle de l'antenne ANT du fait de la présence du plan conducteur flottant FP1 non relié à la masse GND de l'antenne ANT.

Sur la figure 3, le coefficient de réflexion est exprimé en dB (décibel) et la fréquence est exprimée en GHz (gigahertz).

En d'autres termes et selon le mode de réalisation particulier et non limitatif de l'invention décrit, le dispositif antenne ANT comprend une connexion de masse électrique GND et un élément rayonnant RE1 de type méandre monopole disposé sur la première face S1 du support diélectrique plan D à deux faces S1 et S2, l'antenne ANT comprend en outre, sur la deuxième face S2 du support diélectrique D, au moins l'élément conducteur plan flottant FP1, disposé parallèlement à l'élément rayonnant RE1, l'élément conducteur plan flottant FP1 étant isolé de la connexion de masse électrique GND de l'antenne ANT.

Selon une variante du mode de réalisation, et aux fins d'ajuster plus finement la configuration de l'antenne ANT, une ou plusieurs capacités CAP sont positionnées et connectées entre l'élément rayonnant méandre RE1 et le plan conducteur flottant FP1. Dans le cas d'une pluralité de capacités CAP (CAP1, CAP2, ...CAPn), celles-ci peuvent être positionnées sur la face S2 du substrat D, autour du plan conducteur flottant FP1 et les connexions avec l'élément rayonnant RE1 sur la face opposée S1 sont réalisées au moyen de connexions électriques (V1, V2, Vn) de types via (trous métallisés traversant le substrat D).

Selon une seconde variante du mode de réalisation, une ou plusieurs diodes *varicap* D_{VCAP} sont positionnées entre l'élément rayonnant méandre RE1 et le plan conducteur flottant FP1.

Selon une troisième variante du mode de réalisation, une ou plusieurs capacités programmables PCAP sont positionnées entre l'élément rayonnant méandre RE1 et le plan conducteur flottant FP1.

L'invention ne concerne pas que le mode de réalisation décrit ci-avant mais concerne également toute antenne méandre monopole réalisée sur un support rigide ou souple à deux faces et comprenant un plan conducteur flottant, isolé de la masse, sur la face opposée à la face portant un élément

rayonnant méandre. A titre d'exemple, le substrat peut être réalisé dans un matériau de type verre téflon et le plan conducteur flottant peut être un métal liquide tel que du galinstan ou du mercure.

REVENDEICATIONS

- 5
1. Dispositif antenne (ANT) comprenant une connexion de masse électrique (GND) et un élément rayonnant (RE1) de type méandre monopole, ledit élément rayonnant (RE1) étant disposé sur une première face (S1) d'un support diélectrique plan (D) à deux faces
- 10 (S1, S2), ledit dispositif antenne étant caractérisé en ce qu'il comprend en outre, sur une deuxième face (S2) dudit support diélectrique (D), au moins un élément conducteur plan flottant (FP1), disposé parallèlement audit élément rayonnant (RE1), ledit au moins un élément conducteur plan flottant étant isolé de ladite connexion de
- 15 masse électrique (GND).
2. Dispositif antenne (ANT) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit au moins un élément conducteur plan flottant (FP1) est de taille sensiblement identique à celle dudit élément
- 20 rayonnant (RE1).
3. Dispositif antenne (ANT) selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que ledit au moins un élément conducteur plan flottant (FP1) comprend un métal liquide inséré dans
- 25 un conteneur clos.
4. Dispositif antenne (ANT) selon la revendication 3, caractérisé en ce que ledit métal liquide est du galinstan ou du mercure.
- 30 5. Dispositif antenne (ANT) selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que ledit au moins un élément conducteur plan flottant (FP1) est de forme rectangulaire ou carrée.

- 5 6. Dispositif antenne (ANT) selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que une (CAP) ou plusieurs capacités (CAP1, CAP2, ..., CAPn) sont connectées entre l'élément méandre rayonnant (RE1) et le plan conducteur flottant (FP1) afin d'ajuster plus encore la configuration de l'antenne en termes de positions des fréquences de résonance.

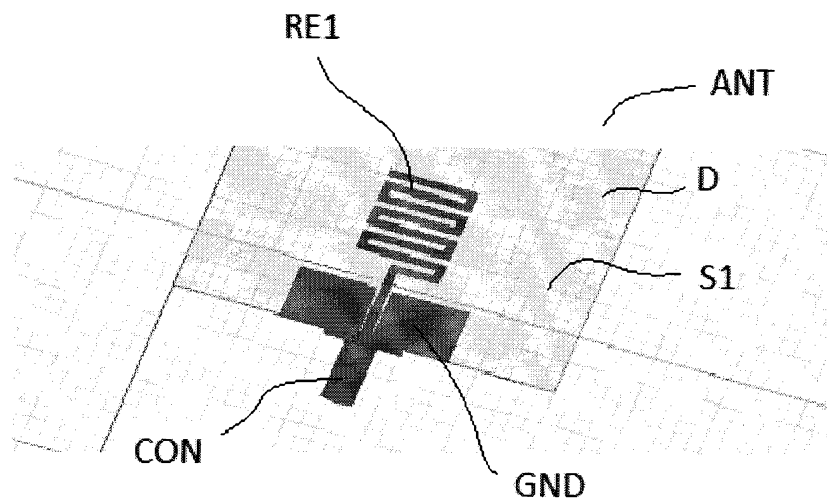


Fig. 1

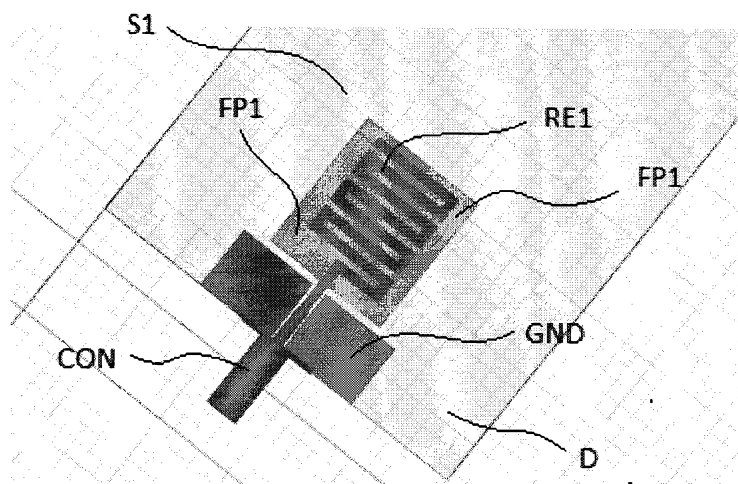


Fig. 2

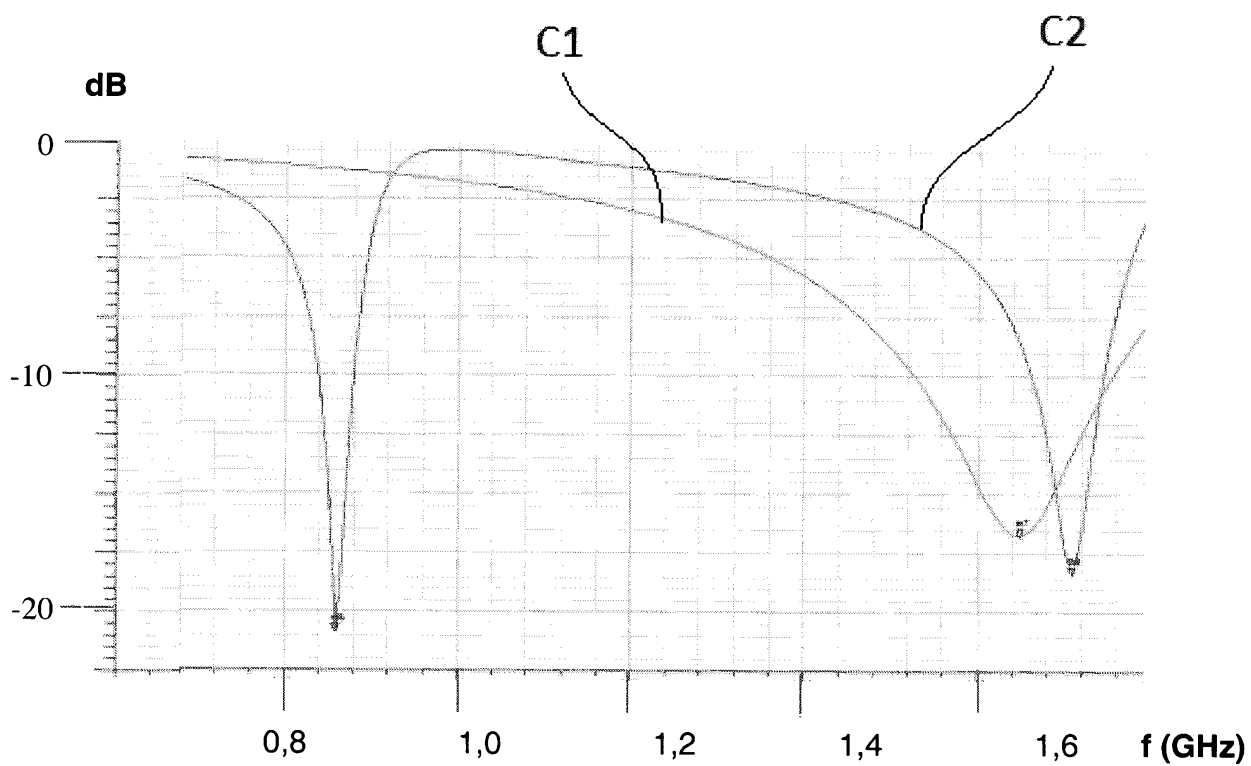


Fig. 3

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

- Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.
- Le demandeur a maintenu les revendications.
- Le demandeur a modifié les revendications.
- Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.
- Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.
- Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

- Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.
- Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.
- Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.
- Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

EP 1 892 796 A1 (MA COM INC [US])
27 février 2008 (2008-02-27)

US 8 350 770 B1 (DAWSON DAVID C [US])
8 janvier 2013 (2013-01-08)

US 2009/167617 A1 (NISHIO MASAKI [JP])
2 juillet 2009 (2009-07-02)

US 2007/285324 A1 (WATERHOUSE RODNEY [US] ET AL)
13 décembre 2007 (2007-12-13)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT