

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

①① N° de publication : **3 000 607**

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

②① N° d'enregistrement national : **14 50402**

⑤① Int Cl⁸ : **H 01 L 31/08** (2017.01), **H 03 K 17/78**

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ COMMUTATEUR PHOTOCONDUCTEUR.

②② **Date de dépôt** : 17.01.14.

③③ **Priorité** : 17.12.12 GB 1222910.0.

④③ **Date de mise à la disposition du public
de la demande** : 04.07.14 Bulletin 14/27.

④⑤ **Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention** : 08.06.18 Bulletin 18/23.

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)** : THALES HOLDINGS UK PLC —
GB.

⑦② **Inventeur(s)** : DAVIES JONATHAN MARK.

⑦③ **Titulaire(s)** : THALES HOLDINGS UK PLC.

⑦④ **Mandataire(s)** : MARKS & CLERK FRANCE Société
en nom collectif.

FR 3 000 607 - B1



COMMUTATEUR PHOTOCONDUCTEUR

5 La présente invention concerne un appareil destiné à mettre en œuvre un commutateur photoconducteur, et un procédé pour sa mise en fonctionnement.

10 La demande de brevet GB2438445 décrit un commutateur photoconducteur qui utilise des impulsions optiques d'une durée de quelques picosecondes. Conformément à celui-ci, un signal microonde d'une fréquence allant jusqu'à 18 GHz (ou plus) peut être directement échantillonné en transférant une tension échantillonnée à une capacité de stockage. La tension stockée est ensuite filtrée avant d'être amplifiée et échantillonnée par un convertisseur analogique-numérique (ADC, pour Analogue to Digital Converter) électrique classique.

15 On sait mettre en œuvre un commutateur photoconducteur en utilisant une ligne de transmission à impédance constante. Cela est effectué en utilisant des substrats classiques à micro-rubans afin de créer des lignes de transmission. La plupart des concepts antérieurs utilisent des lignes de transmission de 50Ω dans l'ensemble de leur structure car la majorité des amplificateurs et d'autres composants de conditionnement ont tous la même impédance de 50Ω . Conformément à la pratique courante de l'adaptation d'impédance, il existe une forte tendance à suivre cette sélection d'impédance afin de permettre une adaptation d'autres dispositifs auxquels le dispositif photoconducteur doit être connecté. Une impédance de 50Ω est une spécification courante pour de nombreux produits du commerce prêts à l'emploi, et on cherche donc à concevoir un produit ayant une impédance favorisant l'interfonctionnement du produit avec d'autres produits.

20 De manière générale, un mode de réalisation de la présente invention fournit un échantillonneur photonique ou un commutateur photoconducteur comprenant une ligne de transmission ayant une impédance d'entrée particulière, conduisant à une ligne de commutation ayant une impédance supérieure à l'impédance d'entrée, la ligne de commutation comprenant des moyens destinés à échantillonner une tension sur ladite ligne de commutation et une ligne d'échantillons conduisant à une ligne de sortie.

Il est préférable que la ligne de sortie soit conçue de manière à ce que l'impédance au niveau d'une sortie de la ligne de sortie soit sensiblement identique à l'impédance d'entrée.

5 La figure 1 illustre un dispositif de commutation photoconducteur ; et

la figure 2 illustre le dispositif 1 disposé dans un boîtier.

10 On décrit un commutateur photoconducteur qui comporte une ligne d'entrée conduisant à une ligne de commutation. La ligne de commutation est formée de manière à comporter des éléments photoconducteurs qui commutent des sorties d'échantillons en provenance de la ligne de commutation. Les sorties d'échantillons sont formées de manière à présenter la même impédance de sortie que l'impédance d'entrée du commutateur.

15

La ligne de commutation est réalisée de manière à avoir une impédance de piste supérieure à celle de la ligne d'entrée. Pour une puissance constante du signal d'entrée, appliquée à la ligne d'entrée, l'impédance de piste accrue au niveau de la ligne de commutation conduit à une augmentation de tension définie par :

20

$$V_{Pcswln} = \left(\frac{R_{Pcswln}}{R_{In}} \times V_{In}^2 \right)^{0.5}$$

où

25 V_{Pcswln} est la tension au niveau de la ligne de commutation photoconductrice ;

R_{Pcswln} est l'impédance (résistance) au niveau de la ligne de commutation photoconductrice ;

R_{In} est l'impédance au niveau de la ligne d'entrée ; et

V_{In} est la tension d'entrée appliquée à la ligne d'entrée.

30

L'augmentation de la tension d'échantillonnage conduit à une diminution effective de la perte d'insertion du dispositif (c'est-à-dire de la perte associée à l'inclusion d'un dispositif dans un système) étant donné que, pour un signal d'entrée donné, le signal

de sortie d'un dispositif conforme au mode de réalisation décrit ici, est supérieur à celui d'un dispositif équivalent utilisant des lignes de transmission dont l'impédance est en totalité de 50Ω .

5 Les exemples décrits ici utilisent des pistes coplanaires dans lesquelles un substrat non conducteur porte un revêtement métallisé de matériau conducteur qui est attaqué pour révéler des lignes de transmission aux endroits requis. Lors de la réalisation d'un tel dispositif, une ligne de transmission est révélée par enlèvement de matériau conducteur de chaque côté de la ligne ; le matériau conducteur se trouvant à l'extérieur
10 de ces régions enlevées est conservé, et mis à la masse, afin de produire un plan de masse coplanaire. L'utilisation de pistes coplanaires permet un ajustement bien meilleur de l'impédance des pistes que pour des substrats non coplanaires.

Cependant, le lecteur notera que d'autres procédés de formation de conducteurs
15 appropriés, et par conséquent, de lignes de transmission appropriées, dans un tel dispositif, sont également possibles.

Comme illustré sur la figure 1, un dispositif de commutation photoconducteur
20 comprend un substrat 12 comprenant une pièce de matériau isolant sur laquelle est appliqué un matériau conducteur.

Le lecteur notera que tous les éléments conducteurs décrits ici peuvent être formés, lors de la fabrication, par l'absence de matériau conducteur au voisinage de ceux-ci. Cela peut être obtenu en enlevant du matériau conducteur d'une pièce de matériau
25 isolant initiale uniformément revêtue d'une couche de matériau conducteur, l'enlèvement étant effectué par attaque, comme mentionné précédemment (celle-ci pouvant être une attaque à l'acide), ou par usinage. En variante, les éléments conducteurs pourraient être définis sur le matériau isolant par un processus positif de dépôt sélectif d'une couche conductrice, uniquement effectuée sur les parties du
30 matériau isolant où cela est requis. Le dépôt sélectif de couches minces de matériau conducteur est bien connu de la technique.

A partir d'un point d'entrée 20, le dispositif 10 comporte une piste d'entrée 22
présentant une largeur de piste de $87\ \mu\text{m}$. Celle-ci est séparée d'un plan de masse
35 coplanaire 24, avec une séparation de $113\ \mu\text{m}$ entre la piste et le plan de masse, qui conduit à une impédance de piste de 50Ω . La piste d'entrée 22 s'étend en ligne droite

à partir du point d'entrée 20, qui est situé sur un bord du substrat 12 (sur la gauche de la figure 1, comme illustré). La piste d'entrée 22 conduit directement à une piste de commutation 30, colinéaire par rapport à celle-ci, et plus étroite que la piste d'entrée 20, la transition entre la piste d'entrée 20 et la piste de commutation 30 étant effectuée par l'intermédiaire d'un biseau linéaire.

La piste de commutation 30 est dimensionnée de manière à avoir une impédance de 100Ω . Dans cet exemple, cela est obtenu en fixant la largeur de la piste de commutation 30 à $38\ \mu\text{m}$, avec une séparation de $95\ \mu\text{m}$. Cependant, le lecteur notera que cet exemple n'est pas limitatif.

La piste de commutation 30 conduit directement à une piste de sortie 26, colinéaire par rapport à celle-ci, ayant la même largeur que la piste d'entrée 22. La piste de sortie 26 présente donc la même impédance que la piste d'entrée 20. La piste de sortie 24 se termine en un point de sortie 28 situé sur le bord opposé du substrat 12 par rapport au point d'entrée 20.

En deux points situés sur la piste de commutation 30, des points de rupture 32, 34 sont définis, perpendiculairement à la direction de la piste de commutation 30 et dans des directions opposées l'une à l'autre. Plus précisément, un point de rupture 32 est dirigé vers le haut, comme illustré, et l'autre point, 34, vers le bas. Dans cet exemple, le premier point de rupture 32 (amont) est dirigé vers le haut.

Au niveau du premier point de rupture, une faible longueur de piste ayant la même largeur que la piste 30 est reliée au premier commutateur photoconducteur (PCSW) 38. Après le PCSW 38, la piste est immédiatement biseautée en s'élargissant de la même largeur que la piste 30 à une largeur identique à celle de la piste 22, avant d'être soumise à un coude à angle droit afin de former un espace pour une résistance de terminaison 46 de 50Ω agencée perpendiculairement à la piste afin qu'elle soit connectée à la zone 24 de la piste mise à la masse.

Après la terminaison, la piste tourne de nouveau de 90° vers le bord du substrat en 40. Une connexion par fil est connectée à la piste 36 en un point 40 afin d'acheminer le premier signal en bande de base vers un substrat d'alumine pour son transport vers un connecteur RF de type SMA.

Au niveau du second point de rupture 34, une faible longueur de piste ayant la même largeur que la piste 30 est connectée au second PCSW 44. Après le PCSW 44, la piste est directement biseautée en s'élargissant d'une largeur identique à celle de la piste 30 à une largeur identique à celle de la piste 22, avant de subir un coude à angle droit afin de former un espace pour une résistance de terminaison 48 de 50Ω agencée perpendiculairement à la piste afin qu'elle soit connectée à la zone 24 de la piste mise à la masse.

Après la terminaison, la piste tourne de nouveau de 90° vers le bord du substrat, en 50. Une connexion par fil est connectée à la piste 42 en un point 50 afin d'acheminer le second signal en bande de base vers un substrat d'alumine pour son transport vers un connecteur RF de type SMA.

Pour minimiser les réflexions supplémentaires de signaux, chaque coude à angle droit présente un certain rayon ; mais on peut en variante utiliser un coude à onglet.

Chacun des éléments photoconducteurs 38, 44 est, conformément au présent mode de réalisation, un élément qui, en l'absence de lumière incidente, forme un circuit sensiblement ouvert et qui, lorsque de la lumière est incidente sur celui-ci, forme un circuit sensiblement fermé.

Dans chacune des pistes de sortie de commutation 36, 42, les deux coudes à angle droit sont incorporés pour former un espace destiné aux terminaisons en bande de base.

Chacune des pistes de sortie de commutation 36, 42 présente la même structure que la piste d'entrée 22. Cela permet donc de connecter le dispositif à des dispositifs classiques à 50Ω , tels que des amplificateurs, sans affecter le taux d'ondes stationnaires, VSWR, du dispositif.

Comme illustré sur la figure 2, le dispositif de commutation photoconducteur 10 est monté à l'intérieur d'un boîtier 100 de forme complémentaire. Le moyen de montage n'est pas illustré, mais une forme de montage appropriée quelconque, par exemple des pinces, des piliers ou tout autre moyen non conducteur, peut convenir.

35

Le boîtier 100 comprend une partie de bord entourant le bord du substrat 12. Dans ce bord sont définies quatre ouvertures 110 dans chacune desquelles est monté un connecteur coaxial 112, 114, 116, 118, de manière à pouvoir recevoir un connecteur RF complémentaire. Un cœur de chacun des quatre connecteurs 112, 114, 116, 118 est connecté à un point de terminaison 20, 28, 40, 50. Cela permet une connexion, par des moyens classiques au dispositif de commutation photoconducteur. Une partie extérieure d'au moins l'un des connecteurs est connectée au plan de masse du substrat 12.

Le boîtier 100 offre la possibilité de monter d'autres composants pouvant coopérer avec le dispositif de commutation photoconducteur. Des trous traversants coaxiaux 120 et 122 sont ménagés dans le boîtier, dans ses parties supérieure et inférieure, comme illustré, pour permettre l'introduction d'une fibre optique destinée à fournir de la lumière laser devant être dirigée vers le dispositif de commutation photoconducteur. Les deux trous traversants sont chacun blindés par des prolongements tubulaires métalliques respectifs 124, 126. Une fermeture (non représentée) peut être appliquée sur le boîtier, celle-ci pouvant être constituée d'un matériau conducteur, pour conférer au dispositif un blindage électromagnétique amélioré.

Lors de l'utilisation, chacun des éléments de commutation photoconducteur 38, 44 est éclairé par une impulsion optique courte, telle que celle fournie par un laser (non représenté), le plus commodément, par l'intermédiaire d'un câble à fibre optique. Cela induit une augmentation de la conductivité de l'élément de commutation 38, 44 concerné, et l'échantillonnage du signal présent sur la piste de commutation 30 sur la piste de sortie de commutation 36, 42 correspondante.

Plus brièvement, un échantillonnage se produit par conséquent au niveau d'un étranglement attaqué par la ligne d'entrée 22. Plus précisément, bien que l'impédance perçue à l'extérieur du dispositif ne soit pas différente de l'impédance d'un dispositif pouvant être réalisé sans aucune modification de l'impédance entre la ligne d'entrée et le point où les échantillons sont prélevés, le point d'échantillonnage du dispositif illustré présente une impédance plus élevée que l'impédance d'entrée. De ce fait, la tension échantillonnée est plus élevée qu'elle ne le serait au niveau de la ligne d'entrée (sans étranglement). La tension de sortie au niveau d'une ligne de sortie de commutation en bande de base 24, 26 est proportionnelle à la tension échantillonnée, à la largeur de l'ouverture d'échantillonnage, et à la fréquence de répétition des échantillons. Par

conséquent, du fait de l'étranglement de la piste d'entrée au niveau du point de commutation (c'est-à-dire du fait de la définition d'une piste de commutation) l'impédance au niveau du point d'échantillonnage est plus élevée qu'elle ne le serait par ailleurs, de sorte que la tension d'échantillonnage est elle-même plus élevée. En effet, l'augmentation de tension au niveau d'un commutateur est proportionnelle à la racine carrée de l'augmentation d'impédance par rapport à l'impédance d'entrée. Par conséquent, pour une augmentation de 50Ω à 100Ω , on peut s'attendre à une augmentation de performance approximativement égale à la racine carrée de deux (1,41, soit 3 dB) de la tension d'échantillonnage, par rapport à un dispositif de commutation classique.

Bien que le système décrit ci-dessus offre un avantage évident, le lecteur notera également que cela a pour conséquence que la largeur de bande du dispositif est sensiblement proportionnelle à la résistance, du fait de la capacité du commutateur photoconducteur. Par conséquent, pour un module ayant une largeur de bande de 40 GHz à 50Ω , la modification de l'impédance à 100Ω au point d'échantillonnage (conformément au mode de réalisation illustré sur la figure 1) conduit à un abaissement de la largeur de bande à environ 20 GHz.

La largeur de bande minimale acceptable pour un tel dispositif est imposée par le système dans lequel est installé le dispositif. Cette largeur de bande minimale détermine la perte d'insertion maximale pouvant être obtenue au moyen de cette approche, faisant intervenir une modification de l'impédance de la ligne sur laquelle l'échantillonnage se produit. En outre, l'utilisation d'une piste à haute impédance peut également affecter défavorablement le niveau de bruit thermique produit dans le dispositif.

Bien que certains modes de réalisation aient été décrits, ces modes de réalisation ont été présentés à titre non limitatif d'exemple de l'invention. En effet, les nouveaux procédés et des systèmes décrits ici peuvent être mis en œuvre sous diverses autres formes ; par ailleurs, diverses omissions, substitutions et modifications de la forme des procédés et systèmes décrits ici peuvent être apportées sans que l'on s'écarte du cadre de l'invention. Les revendications annexées et leurs équivalents doivent être considérés comme couvrant toutes les formes ou variantes respectant la portée de l'invention.

REVENDEICATIONS :

1. Dispositif de commutation photoconducteur comprenant un conducteur d'entrée, un conducteur de sortie de commutation, et un commutateur photoconducteur commandant la connexion électrique entre le conducteur d'entrée et le conducteur de sortie de commutation, le conducteur d'entrée ayant une première impédance en un point éloigné dudit commutateur photoconducteur, et une seconde impédance à proximité dudit commutateur photoconducteur, la seconde impédance étant supérieure à la première impédance.
5
- 10 2. Dispositif selon la revendication 1, comprenant un substrat non conducteur, dans lequel le conducteur d'entrée comprend un ruban de matériau conducteur sur ledit substrat, dans lequel une première partie d'entrée du conducteur d'entrée possède une première largeur définissant ladite première impédance, et une seconde partie de commutation du conducteur d'entrée possède une seconde
15 largeur, inférieure à la première largeur, définissant ladite seconde impédance.
3. Dispositif selon la revendication 2, dans lequel ledit conducteur de sortie de commutation comprend un ruban de matériau conducteur sur ledit substrat, dans lequel une première partie du conducteur de sortie de commutation, à proximité
20 dudit commutateur photoconducteur, possède ladite seconde largeur, et une seconde partie de sortie du conducteur de sortie de commutation possède ladite première largeur.
4. Dispositif selon la revendication 2 ou la revendication 3, comprenant une
25 transition biseautée entre une partie de conducteur possédant ladite première largeur et une partie de conducteur possédant ladite seconde largeur.
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel
30 ladite seconde impédance est sensiblement deux fois supérieure à la première impédance.
6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel une terminaison est prévue sur le conducteur de sortie de commutation.

7. Dispositif selon la revendication 6, dans lequel la terminaison fournit une impédance de terminaison sur le conducteur de sortie de commutation.

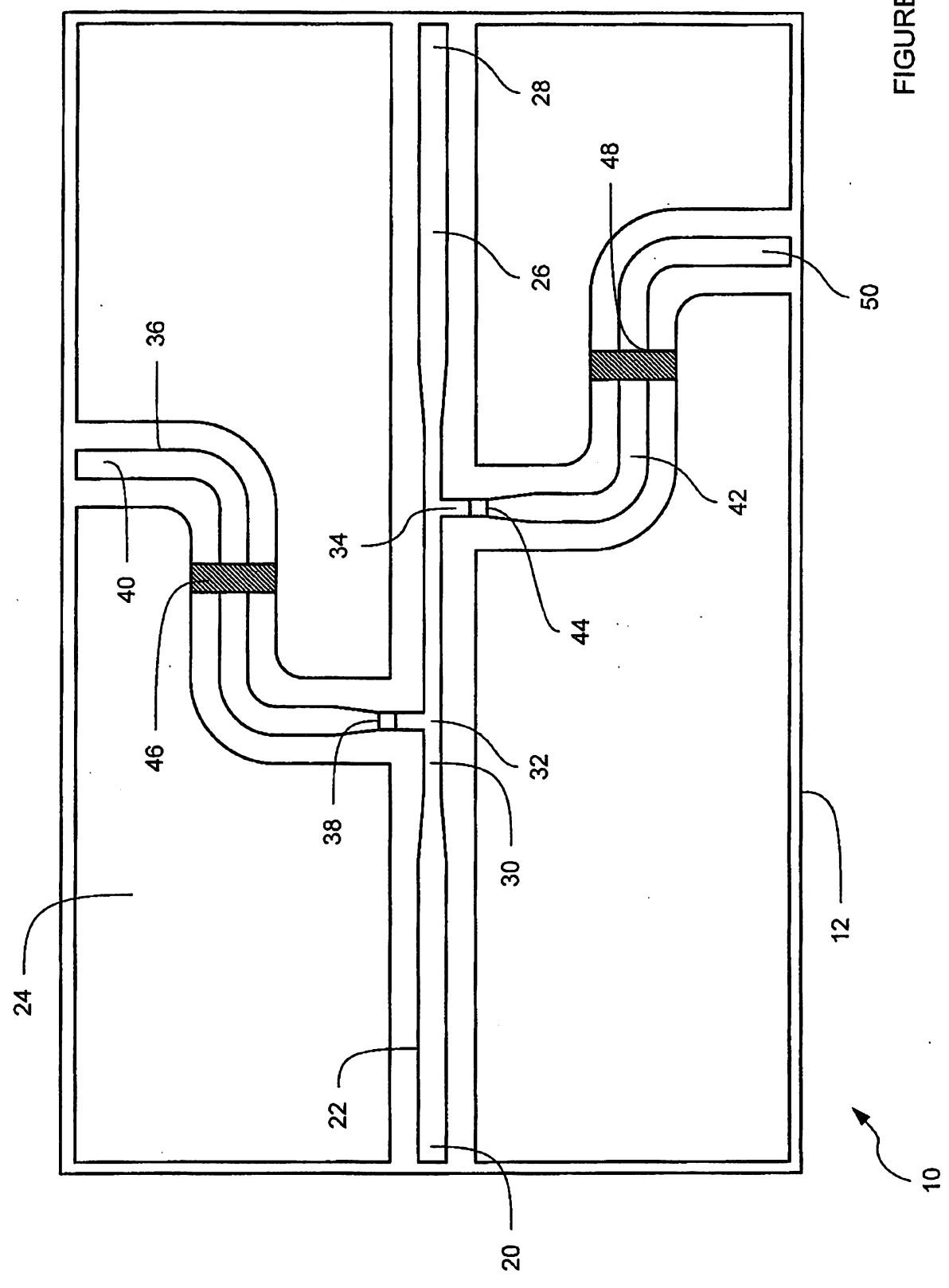


FIGURE 1

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

NEANT

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

GB 2438445 A (THALES HOLDINGS UK PLC [GB])
28 novembre 2007 (2007-11-28)

CN 1112311 A (XI AN ELECTRONIC SCI & TECH UN [CN])
22 novembre 1995 (1995-11-22)

US 6178275 B1 (NERSES ANNITA [US] ET AL.)
23 janvier 2001 (2001-01-23)

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

NEANT