



(12)

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**09.11.2022 Bulletin 2022/45**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):  
**H01Q 3/46** <sup>(2006.01)</sup> **H01Q 21/24** <sup>(2006.01)</sup>  
**H01Q 1/28** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Numéro de dépôt: **22170844.9**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):  
**H01Q 3/46; H01Q 21/245; H01Q 1/288**

(22) Date de dépôt: **29.04.2022**

(84) Etats contractants désignés:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Etats d'extension désignés:  
**BA ME**  
Etats de validation désignés:  
**KH MA MD TN**

(72) Inventeurs:  
• **FOGLIA MANZILLO, Francesco**  
**38054 GRENOBLE (FR)**  
• **CLEMENTE, Antonio**  
**38054 GRENOBLE (FR)**  
• **SMIERZCHALSKI, Maciej**  
**38054 GRENOBLE (FR)**

(30) Priorité: **07.05.2021 FR 2104867**

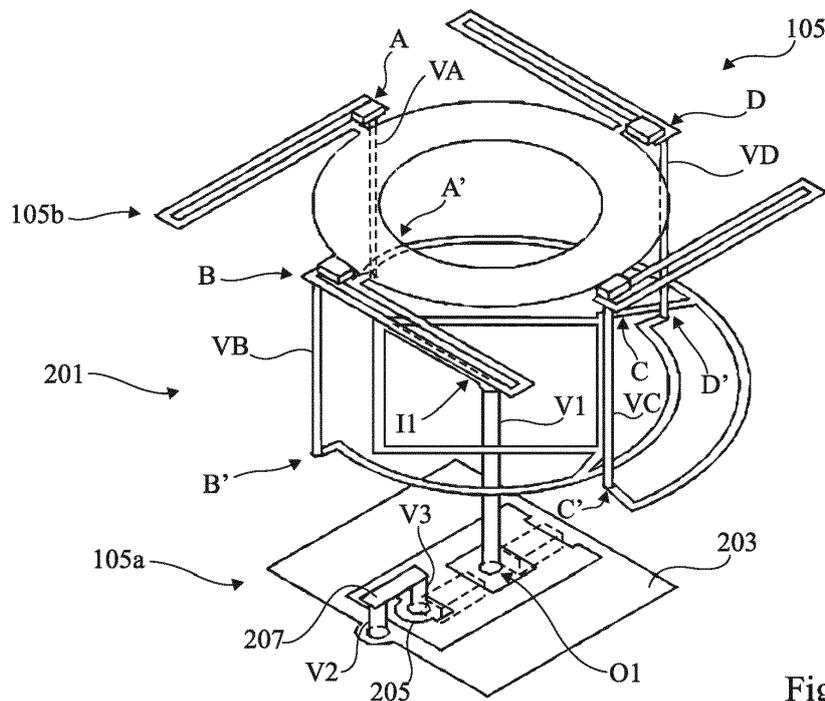
(74) Mandataire: **Cabinet Beaumont**  
**4, Place Robert Schuman**  
**B.P. 1529**  
**38025 Grenoble Cedex 1 (FR)**

(71) Demandeur: **Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives**  
**75015 Paris (FR)**

(54) **CELLULE D'ANTENNE A RESEAU TRANSMETTEUR**

(57) La présente description concerne une cellule (105) de réseau transmetteur comprenant :  
- un premier élément d'antenne (105a) adapté à commuter entre deux états de phase ;  
- un deuxième élément d'antenne (105b) adapté à com-

muter entre deux autres états de phase et entre deux sens de polarisation circulaire ; et  
- un coupleur (201) couplant le premier élément d'antenne au deuxième élément d'antenne.



**Fig 2**

## Description

### Domaine technique

5 [0001] La présente description concerne de façon générale les dispositifs électroniques. La présente demande concerne plus particulièrement le domaine des antennes radio à réseau transmetteur (« transmitarray antenna », en anglais).

### Technique antérieure

10 [0002] Parmi les différentes technologies d'antennes de communication radio existantes, on connaît notamment des antennes radio dites « à réseau transmetteur ». Ces antennes comprennent généralement plusieurs cellules élémentaires comportant chacune un premier élément d'antenne irradié par un champ électromagnétique émis par une ou plusieurs sources, un deuxième élément d'antenne transmettant un signal modifié vers l'extérieur de l'antenne et un élément de couplage entre les premier et deuxième éléments d'antenne.

15 [0003] Pour des applications, par exemple telles que la communication satellite (« satellite communication » ou « SatCom », en anglais), il serait souhaitable de disposer d'antennes à réseau transmetteur reconfigurables permettant de sélectionner, pour chaque cellule, une valeur de déphasage parmi une pluralité de valeurs prédéfinies, tout en utilisant un nombre minimal de composants électroniques. Il serait en outre souhaitable de pouvoir modifier, de façon dynamique, la polarisation de l'onde rayonnée. Cela permettrait notamment de réduire les coûts et d'améliorer le rendement des  
20 antennes à réseau transmetteur, ainsi que d'accroître la flexibilité de polarisation pour des communications avec un ou plusieurs satellites.

### Résumé de l'invention

25 [0004] Il existe un besoin d'améliorer les antennes à réseau transmetteur existantes.

[0005] Un mode de réalisation pallie tout ou partie des inconvénients des antennes à réseau transmetteur connues.

[0006] Un mode de réalisation prévoit une cellule de réseau transmetteur comprenant :

- un premier élément d'antenne adapté à commuter entre deux états de phase ;
- 30 - un deuxième élément d'antenne adapté à commuter entre deux autres états de phase et entre deux sens de polarisation circulaire ; et
- un coupleur couplant le premier élément d'antenne au deuxième élément d'antenne.

[0007] Selon un mode de réalisation :

- 35 - le premier élément d'antenne est situé sur une première face de la cellule ;
- le deuxième élément d'antenne est situé sur une deuxième face de la cellule, opposée à la première face ; et
- le coupleur est situé entre les première et deuxième faces de la cellule.

40 [0008] Selon un mode de réalisation, le premier élément d'antenne comporte :

- un cadre conducteur ;
- une borne de sortie, située à l'intérieur du cadre conducteur ; et
- des premier et deuxième éléments de commutation reliant le cadre conducteur à la borne de sortie.

45 [0009] Selon un mode de réalisation :

- une première borne de conduction du premier élément de commutation est connectée au cadre conducteur ;
- une deuxième borne de conduction du premier élément de commutation est connectée à la borne de sortie du  
50 premier élément d'antenne ;
- une première borne de conduction du deuxième élément de commutation est connectée au cadre par une première ligne à retard adaptée à introduire, sur la borne de sortie du premier élément d'antenne, un déphasage égal à environ 90° par rapport à un signal incident sur le premier élément d'antenne ; et
- une deuxième borne de conduction du deuxième élément de commutation est connectée à la borne de sortie du  
55 premier élément d'antenne.

[0010] Selon un mode de réalisation, la borne de sortie du premier élément d'antenne est connectée à une borne d'entrée du coupleur par un premier via conducteur.

## EP 4 087 060 A1

**[0011]** Selon un mode de réalisation, le coupleur comprend des première, deuxième, troisième et quatrième bornes de sortie, le coupleur étant adapté à introduire, sur ses deuxième et quatrième bornes de sortie, un déphasage égal à environ 90° par rapport à un signal présent sur ses première et troisième bornes de sortie.

**[0012]** Selon un mode de réalisation, des première, deuxième, troisième et quatrième bornes d'entrée du deuxième élément d'antenne sont connectées respectivement aux première, deuxième, troisième et quatrième bornes de sortie du coupleur par quatre deuxièmees vias conducteurs.

**[0013]** Selon un mode de réalisation, le deuxième élément d'antenne comporte :

- une couronne conductrice ; et
- des troisième, quatrième, cinquième et sixième éléments de commutation comprenant des premières bornes de conduction connectées respectivement aux première, deuxième, troisième et quatrième bornes d'entrée du deuxième élément d'antenne et des deuxièmees bornes de conduction connectées respectivement à des premier, deuxième, troisième et quatrième points de la couronne conductrice.

**[0014]** Selon un mode de réalisation, les premier et troisième points de la couronne conductrice sont diamétralement opposés et les deuxième et quatrième points de la couronne conductrice sont diamétralement opposés, le diamètre sur lequel sont situés les premier et troisième points étant orthogonal au diamètre sur lequel sont situés les deuxième et quatrième points.

**[0015]** Selon un mode de réalisation, le deuxième élément d'antenne comporte en outre des deuxième, troisième, quatrième et cinquième lignes à retard introduisant chacune un déphasage égal à environ 180° et comprenant chacune une première extrémité connectée à l'une des première, deuxième, troisième et quatrième bornes d'entrée du deuxième élément d'antenne et une deuxième extrémité connectée à l'un des premier, deuxième, troisième et quatrième points de la couronne conductrice.

**[0016]** Selon un mode de réalisation, le deuxième élément d'antenne comporte en outre des deuxième et troisième lignes à retard introduisant chacune un déphasage égal à environ 180°, la deuxième ligne à retard connectant le deuxième point de la couronne conductrice au quatrième point de la couronne conductrice et la troisième ligne à retard connectant le premier point de la couronne conductrice au troisième point de la couronne conductrice.

**[0017]** Un mode de réalisation prévoit un réseau transmetteur comprenant une pluralité de cellules telles que décrites.

**[0018]** Un mode de réalisation prévoit une antenne comprenant un réseau transmetteur tel que décrit et au moins une source configurée pour irradier une face du réseau.

### Brève description des dessins

**[0019]** Ces caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres, seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

la figure 1 est une vue de côté schématique d'un exemple d'antenne à réseau transmetteur du type auquel s'appliquent, à titre d'exemple, les modes de réalisation décrits ;

la figure 2 est une vue en perspective, schématique et partielle, d'une cellule d'antenne à réseau transmetteur selon un premier mode de réalisation ;

la figure 3 est une vue de dessus, schématique et partielle, d'un premier élément d'antenne de la cellule d'antenne à réseau transmetteur selon le premier mode de réalisation ;

la figure 4 est une vue de dessus, schématique et partielle, d'un coupleur entre les premier et deuxième éléments d'antenne de la cellule d'antenne à réseau transmetteur selon le premier mode de réalisation ;

la figure 5 est une vue de dessus, schématique et partielle, d'un deuxième élément d'antenne de la cellule d'antenne à réseau transmetteur selon le premier mode de réalisation ;

la figure 6 est une vue de côté et en coupe, schématique et partielle, de la cellule d'antenne à réseau transmetteur selon le premier mode de réalisation ;

la figure 7 est un schéma électrique équivalent à la cellule d'antenne à réseau transmetteur selon le premier mode de réalisation ;

la figure 8 est une vue de dessus, schématique et partielle, d'une partie du deuxième élément d'antenne de la cellule

d'antenne à réseau transmetteur selon un deuxième mode de réalisation ;

la figure 9 est une vue de dessus, schématique et partielle, d'une autre partie du deuxième élément d'antenne de la cellule d'antenne à réseau transmetteur selon le deuxième mode de réalisation ;

la figure 10 est une vue de côté et en coupe, schématique et partielle, de la cellule d'antenne à réseau transmetteur selon le deuxième mode de réalisation ; et

la figure 11 est un schéma électrique équivalent à la cellule d'antenne à réseau transmetteur selon le deuxième mode de réalisation.

#### Description des modes de réalisation

**[0020]** De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références dans les différentes figures. En particulier, les éléments structurels et/ou fonctionnels communs aux différents modes de réalisation peuvent présenter les mêmes références et peuvent disposer de propriétés structurelles, dimensionnelles et matérielles identiques.

**[0021]** Par souci de clarté, seuls les étapes et éléments utiles à la compréhension des modes de réalisation décrits ont été représentés et sont détaillés. En particulier, on va décrire ci-après des modes de réalisation d'une cellule pour antenne à réseau transmetteur. La structure et le fonctionnement de la ou des sources primaires de l'antenne, destinées à irradier le réseau transmetteur, ne seront toutefois pas détaillés, les modes de réalisation décrits étant compatibles avec toutes ou la plupart des sources primaires d'irradiation pour antenne à réseau transmetteur connues. À titre d'exemple, chaque source primaire est adaptée à produire un faisceau de forme générale conique irradiant tout ou partie du réseau transmetteur. Chaque source primaire comprend par exemple une antenne cornet. À titre d'exemple, l'axe central de chaque source primaire est sensiblement orthogonal au plan moyen du réseau.

**[0022]** Par ailleurs, les procédés de fabrication des réseaux transmetteurs décrits ne seront pas détaillés, la réalisation des structures décrites étant à la portée de la personne du métier à partir des indications de la présente description, par exemple en mettant en œuvre des techniques usuelles de fabrication de circuits imprimés.

**[0023]** Sauf précision contraire, lorsque l'on fait référence à deux éléments connectés entre eux, cela signifie directement connectés sans éléments intermédiaires autres que des conducteurs, et lorsque l'on fait référence à deux éléments reliés (en anglais "coupled") entre eux, cela signifie que ces deux éléments peuvent être connectés ou être reliés par l'intermédiaire d'un ou plusieurs autres éléments.

**[0024]** Dans la description qui suit, lorsque l'on fait référence à des qualificatifs de position absolue, tels que les termes "avant", "arrière", "haut", "bas", "gauche", "droite", etc., ou relative, tels que les termes "dessus", "dessous", "supérieur", "inférieur", etc., ou à des qualificatifs d'orientation, tels que les termes "horizontal", "vertical", etc., il est fait référence sauf précision contraire à l'orientation des figures étant entendu que, en pratique, les dispositifs décrits peuvent être orientés différemment.

**[0025]** Sauf précision contraire, les expressions "environ", "approximativement", "sensiblement", et "de l'ordre de" signifient à 10 % près, de préférence à 5 % près ou, lorsqu'il s'agit de valeurs angulaires, à 10° près, de préférence à 5° près.

**[0026]** La figure 1 est une vue de côté schématique d'un exemple d'antenne 100 à réseau transmetteur du type auquel s'appliquent, à titre d'exemple, les modes de réalisation décrits.

**[0027]** L'antenne 100 comprend typiquement une ou plusieurs sources primaires 101 (une unique source 101, dans l'exemple représenté) irradiant un réseau transmetteur 103. La source 101 peut présenter une polarisation quelconque, par exemple linéaire ou circulaire. Le réseau 103 comprend une pluralité de cellules élémentaires 105, par exemple disposées en matrice selon des lignes et des colonnes. Chaque cellule 105 comprend typiquement un premier élément d'antenne 105a, situé du côté d'une première face du réseau 103 disposée en regard de la source primaire 101, et un deuxième élément d'antenne 105b, situé du côté d'une deuxième face du réseau opposée à la première face. La deuxième face du réseau 103 est par exemple tournée vers un milieu d'émission de l'antenne 100.

**[0028]** Chaque cellule 105 est apte, en émission, à recevoir un rayonnement électromagnétique sur son premier élément d'antenne 105a et à réémettre ce rayonnement depuis son deuxième élément d'antenne 105b, par exemple en introduisant un déphasage  $\phi$  connu. En réception, chaque cellule 105 est apte à recevoir un rayonnement électromagnétique sur son deuxième élément d'antenne 105b et à réémettre ce rayonnement depuis son premier élément d'antenne 105a avec le même déphasage  $\phi$ .

**[0029]** Les caractéristiques du faisceau produit par l'antenne 100, notamment sa forme (ou gabarit) et sa direction d'émission maximale (ou direction de pointage), dépendent des valeurs des déphasages respectivement introduits par les différentes cellules 105 du réseau 103.

**[0030]** Les antennes à réseau transmetteur ont pour avantages, entre autres, de présenter une bonne efficacité énergétique et d'être relativement simples, peu onéreuses et peu encombrantes. Cela provient notamment du fait que

les réseaux transmetteurs sont réalisables en technologie planaire, généralement sur circuit imprimé.

**[0031]** On s'intéresse ici plus particulièrement aux antennes à réseau transmetteur 103 reconfigurable. Le réseau transmetteur 103 est dit reconfigurable lorsque les cellules élémentaires 105 sont commandables électroniquement de façon individuelle pour modifier leur valeur de déphasage  $\phi$ , ce qui permet de modifier dynamiquement les caractéristiques du faisceau généré par l'antenne, et notamment de modifier sa direction de pointage sans déplacer mécaniquement l'antenne ou une partie de l'antenne au moyen d'un élément motorisé.

**[0032]** La figure 2 est une vue en perspective, schématique et partielle, de l'une des cellules 105 de l'antenne 100 à réseau transmetteur 103 de la figure 1 selon un premier mode de réalisation.

**[0033]** La structure de la cellule 105 illustrée en figure 2 peut par exemple être réalisée de façon monolithique. À titre de variante, cette structure peut par exemple être obtenue par empilement de modules distincts, ces modules étant par exemple séparés par de l'air ou par un ou plusieurs matériaux diélectriques.

**[0034]** Selon ce mode de réalisation, la cellule 105 comprend, outre les premier et deuxième éléments d'antenne 105a et 105b, un coupleur 201. Dans l'exemple représenté, le coupleur 201 présente une structure sensiblement plane interposée entre les éléments d'antenne 105a et 105b et parallèle à ces éléments. Dans cet exemple, une borne de sortie O1 du premier élément d'antenne 105a est connectée à une borne d'entrée I1 du coupleur 201 par un via conducteur V1. En outre, dans cet exemple, des bornes d'entrée A, B, C et D du deuxième élément d'antenne 105b sont connectées respectivement à des bornes de sortie A', B', C' et D' du coupleur 201 par des vias conducteurs VA, VB, VC et VD. La borne I1 du coupleur 201 est située à l'aplomb de la borne O1 du premier élément d'antenne 105a et les bornes A, B, C et D du deuxième élément d'antenne 105b sont respectivement situées à l'aplomb des bornes A', B', C' et D' du coupleur 201.

**[0035]** Dans l'exemple représenté, le premier élément d'antenne 105a comprend un cadre conducteur plan 203 et une région conductrice 205 située à l'intérieur du cadre 203. Dans cet exemple, le cadre 203 et la région 205 sont coplanaires et connectés entre eux par une piste conductrice 207, située hors du plan du cadre 203, et par deux vias conducteurs V2 et V3. Plus précisément, le via V2 s'étend verticalement depuis un côté du cadre 203 jusqu'à une extrémité de la piste 207 et le via V3 s'étend verticalement depuis la région conductrice 205 jusqu'à l'autre extrémité de la piste 207.

**[0036]** Les structures et fonctions du premier élément d'antenne 105a, du coupleur 201 et du deuxième élément d'antenne 105b de la cellule 105 sont décrites plus en détail ci-après en relation avec les figures 3 à 5.

**[0037]** La figure 3 est une vue de dessus, schématique et partielle, du premier élément d'antenne 105a de la cellule 105 de l'antenne 100 à réseau transmetteur 103 selon le premier mode de réalisation.

**[0038]** Dans l'exemple représenté, le premier élément d'antenne 105a comprend une région conductrice 301 située à l'intérieur du cadre conducteur 203 et en contact avec le via conducteur V1. La région conductrice 301 correspond par exemple à la borne O1 de sortie du premier élément d'antenne 105a. Dans cet exemple, la région conductrice 301 est reliée au cadre conducteur 203 par un élément de commutation D1, ou commutateur, dont une borne de conduction est par exemple en contact avec la région 301 et dont une autre borne de conduction est par exemple en contact avec le cadre 203.

**[0039]** Dans l'exemple représenté, la région conductrice 301 est en outre reliée à la région conductrice 205 par un autre élément de commutation D2, dont une borne de conduction est par exemple en contact avec la région 301 et dont une autre borne de conduction est par exemple en contact avec la région 205.

**[0040]** À titre d'exemple, les éléments de commutation D1 et D2 sont des diodes, par exemple des diodes PIN (de l'anglais « Positive Intrinsic Negative »), des commutateurs micro électromécaniques (« Microelectromechanical switch » - MEMS, en anglais), des varactors, etc.

**[0041]** En fonctionnement, lorsqu'un champ électromagnétique irradie les cellules 105 du réseau transmetteur 103, un signal correspondant est capté par le cadre conducteur 203 du premier élément d'antenne 105a. Les commutateurs D1 et D2 sont commandés en opposition, c'est-à-dire de sorte que, si l'un des commutateurs D1, D2 est passant, l'autre commutateur D2, D1 soit bloqué. Dans un cas où le commutateur D1 est passant et où le commutateur D2 est bloqué, le signal capté par le cadre 203 est transmis au coupleur 201 avec un déphasage  $\phi_1$  sensiblement nul.

**[0042]** En revanche, dans un cas où le commutateur D2 est passant et où le commutateur D1 est bloqué, le déphasage  $\phi_1$  entre le signal capté par le cadre 203 et le signal transmis au coupleur 201 est non nul. Dans ce cas, le déphasage  $\phi_1$  introduit entre les signaux est par exemple fonction notamment de la longueur de la piste conductrice 207 et des vias V2, V3 (figure 2), la piste 207 agissant comme une ligne à retard pour le signal transmis au coupleur 201.

**[0043]** À titre d'exemple, la piste 207 et les vias V2, V3 forment un chemin de conduction présentant une longueur totale ajustée de sorte que le déphasage  $\phi_1$  introduit lorsque le commutateur D2 est passant soit égal à environ  $90^\circ$  ( $\pi/2$ ). Le déphasage introduit par le via V1 n'entre pas en compte car il est le même dans les deux configurations de l'élément d'antenne 105a.

**[0044]** De manière plus générale, selon ce mode de réalisation, le premier élément d'antenne 105a est adapté à commuter entre deux états de phase  $\phi_1$  ( $0^\circ$  et  $90^\circ$  dans cet exemple).

**[0045]** À titre d'exemple, le premier élément d'antenne 105a est analogue à ce qui est décrit dans le brevet américain

US 10680329.

**[0046]** La figure 4 est une vue de dessus, schématique et partielle, du coupleur 201 entre les premier et deuxième éléments d'antenne 105a et 105b de la cellule 105 de l'antenne 100 à réseau transmetteur 103 selon le premier mode de réalisation.

**[0047]** Dans l'exemple représenté, la borne d'entrée I1 du coupleur 201 est située au centre d'un carré 401, ou cadre, formé par quatre lignes conductrices. La borne I1 est, dans cet exemple, reliée à l'un des coins du cadre 401 par une piste conductrice 403 correspondant à une demi-diagonale du carré.

**[0048]** Dans l'exemple représenté, les bornes de sortie A', B', C' et D' du coupleur 201 sont situées à l'extérieur du carré 401. Les bornes A', B', C' et D' sont approximativement, dans cet exemple, situées sur le périmètre d'un cercle de centre I1 et espacées de façon régulière le long de ce périmètre. Plus précisément, dans l'exemple représenté, la borne A' est diamétralement opposée à la borne C' et la borne B' est diamétralement opposée à la borne D', le diamètre sur lequel sont situées les bornes A', I1 et C' étant sensiblement orthogonal au diamètre sur lequel sont situées les bornes B', I1 et D'.

**[0049]** Dans l'exemple représenté, les bornes A' et C' sont connectées entre elles par une piste conductrice 405 formant une portion d'arc de cercle, correspondant sensiblement à un demi-arc de cercle dans cet exemple. Un point milieu M1 de la piste 405 est connecté, par une piste conductrice 407, à un angle du carré 401 adjacent à l'angle auquel est connectée la piste 403. Les bornes A' et C' sont sensiblement équidistantes de la borne I1, c'est-à-dire que les bornes A' et C' sont séparées de la borne I1 par des chemins de conduction de longueurs sensiblement égales. Ainsi, les signaux présents aux bornes A' et C' de sortie du coupleur 201 présentent l'un par rapport à l'autre un déphasage sensiblement nul.

**[0050]** De façon analogue, les bornes B' et D' sont connectées entre elles par une autre piste conductrice 409 formant une portion d'arc de cercle, correspondant sensiblement à un demi-arc de cercle. Un point milieu M2 de la piste 409 est connecté, par une piste conductrice 411, à un angle du carré 401 opposé à l'angle auquel est connectée la piste 403. Les bornes B' et D' sont sensiblement équidistantes de la borne I1, c'est-à-dire que les bornes B' et D' sont séparées de la borne I1 par des chemins de conduction de longueurs sensiblement égales. Ainsi, les signaux présents aux bornes B' et D' de sortie du coupleur 201 présentent l'un par rapport à l'autre un déphasage sensiblement nul.

**[0051]** Dans l'exemple représenté, le chemin de conduction séparant chacune des bornes B', D' de la borne I1 est plus long que le chemin de conduction séparant chacune des bornes A', C' de la borne I1. Plus précisément, dans cet exemple, la longueur du chemin de conduction séparant les bornes B' et D' de la borne I1 est supérieure, d'une longueur sensiblement égale à un côté du carré formé par le carré 401, à la longueur du chemin de conduction séparant les bornes A' et C' de la borne I1. Cela permet d'introduire un déphasage  $\varphi_2$  entre les signaux présents aux bornes A', C' d'une part, et les signaux présents aux bornes B', D' d'autre part. À titre d'exemple, les dimensions du carré 401 sont ajustées de sorte que le déphasage  $\varphi_2$  soit égal à environ  $90^\circ$ .

**[0052]** Le coupleur 201 opère en outre une division de puissance du signal présent sur son entrée I1. Dans l'exemple représenté, le signal présent sur chaque sortie A', B', C', D' du coupleur 201 présente une puissance inférieure, d'un facteur sensiblement égal à quatre, à la puissance du signal présent sur l'entrée I1.

**[0053]** Dans cet exemple, le coupleur 201 est un élément passif, c'est-à-dire que le coupleur 201 ne comporte pas de composant électrique actif. Le coupleur 201 comporte de préférence uniquement des pistes conductrices.

**[0054]** La figure 5 est une vue de dessus, schématique et partielle, du deuxième élément d'antenne 105b de la cellule 105 de l'antenne 100 à réseau transmetteur 103 selon le premier mode de réalisation.

**[0055]** Dans l'exemple représenté, le deuxième élément d'antenne 105b comprend une couronne conductrice 501 de forme circulaire et sensiblement plane. À titre de variante, la couronne peut être remplacée par une région conductrice en forme de disque ou de carré dont les coins peuvent être coupés. La couronne 501 permet par exemple au deuxième élément d'antenne 105b de la cellule 105 d'émettre un rayonnement électromagnétique vers l'extérieur de l'antenne 100. Dans cet exemple, chaque borne d'entrée A, B, C, D du deuxième élément d'antenne est reliée à un point PA, PB, PC, PD de la couronne 501. Les points PA, PB, PC et PD sont par exemple répartis de façon régulière sur le pourtour de la couronne 501. Plus précisément, dans l'exemple représenté, le point PA est diamétralement opposé au point PC et le point PB est diamétralement opposé au point PD, le diamètre sur lequel sont situés les points PA et PC étant sensiblement orthogonal au diamètre sur lequel sont situés les points PB et PD.

**[0056]** Dans l'exemple représenté, chaque borne d'entrée A, B, C, D est reliée au point PA, PB, PC, PD par un élément de commutation ou commutateur DA, DB, DC, DD. Chaque borne A, B, C, D est en outre connectée au point PA, PB, PC, PD par une piste conductrice 503A, 503B, 503C, 503D située à l'extérieur de la couronne 501.

**[0057]** En fonctionnement, lorsque le commutateur DA, DB, DC, DD est à l'état bloqué, le signal présent sur l'entrée A, B, C, D associée est transmis au point PA, PB, PC, PD de la couronne 501 par l'intermédiaire de la piste conductrice 503A, 503B, 503C, 503D correspondante. Cela permet d'introduire un déphasage  $\varphi_3$  entre le signal présent sur l'entrée A, B, C, D et le signal présent au point PA, PB, PC, PD de la couronne 501. À titre d'exemple, la longueur des pistes conductrices 503A, 503B, 503C et 503D est ajustée de sorte que le déphasage  $\varphi_3$  soit, lorsque le commutateur DA, DB, DC, DD est bloqué, égal à environ  $180^\circ$ .

## EP 4 087 060 A1

**[0058]** En revanche, lorsque le commutateur DA, DB, DC, DD est à l'état passant, le signal présent sur l'entrée A, B, C, D associée est transmis directement à la couronne 501 par l'intermédiaire d'un chemin de conduction présentant une longueur sensiblement négligeable par rapport à celle des pistes 503A, 503B, 503C et 503D. En d'autres termes, chaque commutateur DA, DB, DC, DD permet de court-circuiter la piste 503A, 503B, 503C, 503D associée. Le déphasage  $\varphi_3$  du signal présent au point PA, PB, PC, PD de la couronne 501 par rapport au signal présent sur l'entrée A, B, C, D est dans ce cas sensiblement nul.

**[0059]** De manière plus générale, selon ce mode de réalisation, le deuxième élément d'antenne 105b est adapté à commuter entre deux états de phase  $\varphi_3$  ( $0^\circ$  et  $180^\circ$  dans cet exemple). Du fait notamment de la disposition des points PA, PB, PC et PD sur l'anneau 501, le deuxième élément d'antenne 105b permet en outre de commuter entre deux états ou sens de polarisation circulaire, respectivement droite (sens horaire, du point de vue de la source 101) et gauche (sens anti-horaire, du point de vue de la source 101).

**[0060]** Plus précisément, le deuxième élément d'antenne 105b, donc la cellule 105, rayonne un champ électromagnétique présentant une polarisation circulaire droite lorsque :

- le signal au point PA présente, par rapport au signal au point PD, un déphasage égal à environ  $90^\circ$  ;
- le signal au point PD présente, par rapport au signal au point PC, un déphasage égal à environ  $90^\circ$  ;
- le signal au point PC présente, par rapport au signal au point PB, un déphasage égal à environ  $90^\circ$  ; et
- le signal au point PB présente, par rapport au signal au point PA, un déphasage égal à environ  $90^\circ$ .

**[0061]** En revanche, le deuxième élément d'antenne 105b, donc la cellule 105, rayonne un champ électromagnétique présentant une polarisation circulaire gauche lorsque :

- le signal au point PD présente, par rapport au signal au point PA, un déphasage égal à environ  $90^\circ$  ;
- le signal au point PC présente, par rapport au signal au point PD, un déphasage égal à environ  $90^\circ$  ;
- le signal au point PB présente, par rapport au signal au point PC, un déphasage égal à environ  $90^\circ$  ; et
- le signal au point PA présente, par rapport au signal au point PB, un déphasage égal à environ  $90^\circ$ .

**[0062]** De manière générale, la position des points PA, PB, PC et PD ainsi que les valeurs des déphasages (plus ou moins  $90^\circ$ ) entre deux points successifs déterminent le sens de circulation du courant dans l'anneau 501, donc l'état de polarisation du champ rayonné.

**[0063]** À titre de variante, les pistes 503A, 503B, 503C et 503D peuvent être remplacées par d'autres structures, par exemple des structures comprenant des lignes à retard couplées à des éléments dits « localisés » tels que des condensateurs, de sorte à réduire l'encombrement du deuxième élément d'antenne 105b.

**[0064]** La figure 6 est une vue de côté et en coupe, selon le plan AA des figures 3 à 5, schématique et partielle, de la cellule 105 de l'antenne 100 à réseau transmetteur 103 selon le premier mode de réalisation.

**[0065]** La cellule 105 est par exemple réalisée dans une carte de circuit imprimé comprenant un empilement de niveaux de métallisation 601 séparés les uns des autres par des couches diélectriques. Dans l'exemple représenté, la cellule 105 comprend plus précisément six niveaux de métallisation 601-1, 601-2, 601-3, 601-4, 601-5 et 601-6.

**[0066]** Dans cet exemple :

- le cadre conducteur 203 et les régions conductrices 205 et 301 sont formés dans le niveau 601-1 ;
- la piste conductrice 207 est formée dans le niveau 601-2 ;
- un plan de masse du premier élément d'antenne 105a est formé dans le niveau 601-3 ;
- le coupleur 201 est formé dans le niveau 601-4 ;
- un plan de masse du deuxième élément d'antenne 105b est formé dans le niveau 601-5 ; et
- la couronne conductrice 501 et les pistes conductrices 503A, 503B, 503C et 503D sont formées dans le niveau 601-6.

**[0067]** Dans l'exemple représenté, le via conducteur V1 s'étend verticalement depuis le niveau 601-1 jusqu'au niveau 601-4 en traversant le niveau 601-3 sans le contacter. En outre, les vias conducteurs V1, V2, V3 et V4 s'étendent verticalement depuis le niveau 601-4 jusqu'au niveau 601-6 en traversant le niveau 601-5 sans le contacter.

**[0068]** Bien que cela n'ait pas été représenté en figure 6, des niveaux d'alimentation et de commande des commutateurs D1, D2, DA, DB, DC et DD sont formés dans l'empilement, par exemple à l'intérieur des niveaux 601 ou entre les niveaux 601. À titre d'exemple :

- un niveau d'alimentation et de commande des commutateurs D1 et D2 peut être prévu à l'intérieur du niveau 601-2 ou entre les niveaux 601-2 et 601-3 ; et
- un autre niveau d'alimentation et de commande des commutateurs DA, DB, DC et DD peut être prévu entre les niveaux 601-5 et 601-6.

## EP 4 087 060 A1

**[0069]** La figure 7 est un schéma électrique équivalent à la cellule 105 de l'antenne 100 à réseau transmetteur 103 selon le premier mode de réalisation.

**[0070]** Dans l'exemple représenté, les commutateurs D1 et D2 du premier élément d'antenne 105a sont des diodes PIN commandées en courant par des signaux  $\gamma$  et  $\gamma'$ , respectivement. À titre d'exemple, les signaux  $\gamma$ ,  $\gamma'$  sont assimilables à des signaux binaires dont des premier et deuxième niveaux, notés par exemple « 0 » et « 1 », correspondent respectivement à des états bloqué et passant de la diode D1, D2 associée. Le signal  $\gamma'$  correspond par exemple à l'opposé du signal  $\gamma$ , de sorte que la diode D1 soit bloquée lorsque la diode D2 est passante, et inversement.

**[0071]** De façon analogue, les commutateurs DA, DB, DC et DD du deuxième élément d'antenne 105b sont par exemple quatre diodes PIN commandées en courant par des signaux  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\alpha'$  et  $\beta'$ , respectivement. À titre d'exemple, les signaux  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\alpha'$  et  $\beta'$  sont assimilables à des signaux binaires dont des premier et deuxième niveaux, notés par exemple « 0 » et « 1 », correspondent respectivement à des états bloqué et passant de la diode DA, DB, DC, DD associée. Le signal  $\alpha'$  correspond par exemple à l'opposé du signal  $\alpha$  et le signal  $\beta'$  correspond par exemple à l'opposé du signal  $\beta$ , de sorte que :

- la diode DA soit bloquée lorsque la diode DC est passante, et inversement ; et
- la diode DB soit bloquée lorsque la diode DD est passante, et inversement.

**[0072]** On peut avantageusement utiliser seulement trois signaux indépendants  $\gamma$ ,  $\alpha$  et  $\beta$  pour commander les six diodes D1, D2, DA, DB, DC et DD de la cellule 105a. Cela permet de simplifier les circuits de commande des diodes.

**[0073]** Dans l'exemple représenté, chacun des vias VA, VB, VC, VD introduit sensiblement un même déphasage  $\theta$  des signaux présents aux bornes A, B, C et D par rapport aux signaux présents aux bornes A', B', C' et D'.

**[0074]** En outre, chaque piste conductrice 503A, 503B, 503C, 503D se comporte comme une ligne à retard adaptée à introduire le déphasage  $\varphi_3$  de  $180^\circ$  entre le signal présent sur la borne A, B, C, D et le signal présent au point PA, PB, PC, PD lorsque la diode DA, DB, DC, DD est bloquée.

**[0075]** En commandant indépendamment les niveaux des signaux  $\gamma$ ,  $\gamma'$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\alpha'$  et  $\beta'$ , on peut ainsi avantageusement obtenir, en sortie de chaque cellule 105 de l'antenne 100, quatre états de phase  $\phi$  et deux états de polarisation circulaire (gauche et droite). Ces états sont détaillés dans le tableau ci-dessous. Dans ce tableau :

- un « 0 » correspond à l'état bas du signal de commande  $\gamma$ ,  $\gamma'$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\alpha'$ ,  $\beta'$  de la diode D1, D2, DA, DB, DC, DD associée, la diode étant dans ce cas bloquée ; et
- un « 1 » correspond à l'état haut du signal de commande  $\gamma$ ,  $\gamma'$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\alpha'$ ,  $\beta'$  de la diode D1, D2, DA, DB, DC, DD associée, la diode étant dans ce cas passante.

[Table 1]

D1	D2	$\varphi_1$	DA	DB	DC	DD	$\phi$	Polarisation
1	0	$0^\circ$	1	1	0	0	$0^\circ$	droite
0	1	$90^\circ$	1	1	0	0	$90^\circ$	droite
1	0	$0^\circ$	0	0	1	1	$180^\circ$	droite
0	1	$90^\circ$	0	0	1	1	$270^\circ$	droite
1	0	$0^\circ$	1	0	0	1	$0^\circ$	gauche
0	1	$90^\circ$	1	0	0	1	$90^\circ$	gauche
1	0	$0^\circ$	0	1	1	0	$180^\circ$	gauche
0	1	$90^\circ$	0	1	1	0	$270^\circ$	gauche

**[0076]** La figure 8 est une vue de dessus, schématique et partielle, d'une partie du deuxième élément d'antenne 105b de la cellule 105 d'antenne 100 à réseau transmetteur 103 selon un deuxième mode de réalisation.

**[0077]** Le deuxième mode de réalisation de la cellule 105 diffère du premier mode de réalisation principalement en ce que le deuxième élément d'antenne 105b est dépourvu des pistes conductrices 503A, 503B, 503C et 503D connectées entre les bornes A, B, C et D et les points PA, PB, PC et PD de la couronne conductrice 501. Plus précisément, dans l'exemple représenté, les bornes A, B, C et D sont respectivement reliées aux points PA, PB, PC et PD par les commutateurs DA, DB, DC et DD uniquement.

**[0078]** Dans cet exemple, les points PB et PD sont connectés par une piste conductrice 801 située à l'intérieur de la

## EP 4 087 060 A1

couronne 501. La piste conductrice 801 et la couronne 501 sont par exemple coplanaires. En fonctionnement, les commutateurs DB et DD sont commandés en opposition. La piste 801 se comporte ainsi comme une ligne à retard permettant d'introduire un déphasage  $\phi_4$ , par exemple égal à environ  $180^\circ$ , entre :

- 5 - le signal présent au point PD et le signal présent au point PB, lorsque le commutateur DB est passant et que le commutateur DD est bloqué ; et
- le signal présent au point PB et le signal présent au point PD, lorsque le commutateur DD est passant et que le commutateur DB est bloqué.

10 **[0079]** Dans l'exemple représenté, les points PA et PC de la couronne 501 sont connectés à des vias conducteurs VPA et VPC.

**[0080]** La figure 9 est une vue de dessus, schématique et partielle, d'une autre partie du deuxième élément d'antenne 105b de la cellule 105 d'antenne 100 à réseau transmetteur 103 selon le deuxième mode de réalisation. La structure de la figure 9 est située dans un plan différent de celui comprenant la structure de la figure 8.

15 **[0081]** Dans l'exemple représenté, les vias VPA et VPC sont connectés entre eux par une piste conductrice 901. En fonctionnement, les commutateurs DA et DC sont commandés en opposition. La piste 901 se comporte ainsi comme une ligne à retard permettant dans cet exemple d'introduire le déphasage  $\phi_4$  entre :

- 20 - le signal présent au point PC et le signal présent au point PA, lorsque le commutateur DA est passant et que le commutateur DC est bloqué ; et
- le signal présent au point PA et le signal présent au point PC, lorsque le commutateur DC est passant et que le commutateur DA est bloqué.

25 **[0082]** La figure 10 est une vue de côté et en coupe, schématique et partielle, de la cellule 105 d'antenne 100 à réseau transmetteur 103 selon le deuxième mode de réalisation.

**[0083]** Selon ce mode de réalisation, la cellule 105 est par exemple réalisée dans une carte de circuit imprimé comprenant un empilement de sept niveaux de métallisation 601. Plus précisément, dans l'exemple représenté, la carte de circuit imprimé comprend, outre les niveaux de métallisation 601-1, 601-2, 601-3, 601-4, 601-5 et 601-6, un niveau de métallisation 601-7 intercalé entre les niveaux 601-5 et 601-6. La piste conductrice 901 est, dans cet exemple, formée dans le niveau 601-7.

30 **[0084]** Bien que cela n'ait pas été représenté en figure 10, des niveaux d'alimentation et de commande des commutateurs D1, D2, DA, DB, DC et DD sont formés dans l'empilement, par exemple à l'intérieur des niveaux 601 ou entre les niveaux 601. À titre d'exemple :

- 35 - un niveau d'alimentation et de commande des commutateurs D1 et D2 peut être prévu à l'intérieur du niveau 601-2 ou entre les niveaux 601-2 et 601-3 ; et
- un autre niveau d'alimentation et de commande des commutateurs DA, DB, DC et DD peut être prévu à l'intérieur du niveau 601-7, entre les niveaux 601-5 et 601-7 ou entre les niveaux 601-7 et 601-6.

40 **[0085]** La figure 11 est un schéma électrique équivalent à la cellule 105 d'antenne 100 à réseau transmetteur 103 selon le deuxième mode de réalisation.

**[0086]** Le schéma de la figure 11 diffère du schéma de la figure 7 principalement en ce que :

- 45 - la piste conductrice 801 est adaptée à introduire le déphasage  $\phi_4$  de  $180^\circ$  entre les signaux présents aux points PA et PC ; et
- la piste conductrice 901 est adaptée à introduire le déphasage  $\phi_4$  de  $180^\circ$  entre les signaux présents aux points PB et PD.

50 **[0087]** Comme pour le premier mode de réalisation, on peut avantageusement obtenir, en sortie de chaque cellule 105 de l'antenne 100, quatre états de phase  $\phi$  et deux états de polarisation circulaire (gauche et droite). Ces états sont identiques à ceux détaillés dans le tableau [Table 1].

**[0088]** Par rapport au premier mode de réalisation exposé en relation avec les figures 2 à 7, le deuxième mode de réalisation présente l'avantage de ne pas comporter de pistes conductrices 503A, 503B, 503C et 503D situées à proximité de l'anneau 501. Cela permet notamment d'éviter de perturber le signal transmis par l'anneau 501 lorsqu'un courant circule dans une ou plusieurs pistes conductrices 503A, 503B, 503C, 503D.

55 **[0089]** De manière générale, les modes de réalisation de la cellule 105 précédemment décrits permettent avantageusement d'obtenir quatre états de phase  $\phi$  et d'offrir la possibilité de reconfigurer la polarisation rayonnée. Ces avantages sont en outre obtenus sans l'utilisation de cellules à polarisation linéaire croisée dans le réseau transmetteur 103.

**[0090]** Un autre avantage des modes de réalisation décrits tient au fait qu'ils mettent en œuvre un nombre minimal de commutateurs, en l'espèce seulement six commutateurs. Cela permet d'obtenir une cellule 105 présentant une structure simple, peu coûteuse et présentant un bon rendement énergétique. En particulier, les modes de réalisation décrits permettent de réaliser des réseaux transmetteurs présentant des pertes énergétiques réduites par rapport notamment à un cas où l'on combinerait des cellules présentant des polarisations verticale et horizontale pour recréer un champ présentant une polarisation circulaire.

**[0091]** Divers modes de réalisation et variantes ont été décrits. La personne du métier comprendra que certaines caractéristiques de ces divers modes de réalisation et variantes pourraient être combinées, et d'autres variantes apparaîtront à la personne du métier. En particulier, la forme du cadre 203 du premier élément d'antenne 105a peut être adaptée en fonction de la polarisation de la source 101.

**[0092]** Enfin, la mise en œuvre pratique des modes de réalisation et variantes décrits est à la portée de la personne du métier à partir des indications fonctionnelles données ci-dessus. En particulier, les niveaux des signaux de commande des commutateurs D1, D2, DA, DB, DC et DD peuvent être adaptés par la personne du métier en fonction de l'application.

## Revendications

1. Cellule (105) de réseau transmetteur (103) comprenant :

- un premier élément d'antenne (105a) adapté à commuter entre deux états de phase ( $\varphi_1$ ) ;
- un deuxième élément d'antenne (105b) adapté à commuter entre deux autres états de phase ( $\varphi_3$ ) et entre deux sens de polarisation circulaire ; et
- un coupleur (201) couplant le premier élément d'antenne au deuxième élément d'antenne.

2. Cellule selon la revendication 1, dans laquelle :

- le premier élément d'antenne (105a) est situé sur une première face de la cellule (105) ;
- le deuxième élément d'antenne (105b) est situé sur une deuxième face de la cellule, opposée à la première face ; et
- le coupleur (201) est situé entre les première et deuxième faces de la cellule.

3. Cellule selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle le premier élément d'antenne (105a) comporte :

- un cadre conducteur (203) ;
- une borne de sortie (O1), située à l'intérieur du cadre conducteur ; et
- des premier (D1) et deuxième (D2) éléments de commutation reliant le cadre conducteur à la borne de sortie.

4. Cellule selon la revendication 3, dans laquelle :

- une première borne de conduction du premier élément de commutation (D1) est connectée au cadre conducteur (203) ;
- une deuxième borne de conduction du premier élément de commutation est connectée à la borne de sortie (O1) du premier élément d'antenne (105a) ;
- une première borne de conduction du deuxième élément de commutation (D2) est connectée au cadre par une première ligne à retard (V2, 207, V3) adaptée à introduire, sur la borne de sortie du premier élément d'antenne, un déphasage ( $\varphi_1$ ) égal à environ  $90^\circ$  par rapport à un signal incident sur le premier élément d'antenne ; et
- une deuxième borne de conduction du deuxième élément de commutation est connectée à la borne de sortie du premier élément d'antenne.

5. Cellule selon la revendication 3 ou 4, dans laquelle la borne de sortie (O1) du premier élément d'antenne (105a) est connectée à une borne d'entrée (I1) du coupleur (201) par un premier via conducteur (V1).

6. Cellule selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle le coupleur (201) comprend des première (A'), deuxième (B'), troisième (C') et quatrième (D') bornes de sortie, le coupleur étant adapté à introduire, sur ses deuxième et quatrième bornes de sortie, un déphasage ( $\varphi_2$ ) égal à environ  $90^\circ$  par rapport à un signal présent sur ses première et troisième bornes de sortie.

7. Cellule selon la revendication 6, dans laquelle des première (A), deuxième (B), troisième (C) et quatrième (D) bornes d'entrée du deuxième élément d'antenne (105b) sont connectées respectivement aux première (A'), deuxième (B'), troisième (C') et quatrième (D') bornes de sortie du coupleur (201) par quatre deuxièmees vias conducteurs (VA, VB, VC, VB).

5

8. Cellule selon la revendication 7, dans laquelle le deuxième élément d'antenne (105b) comporte :

- une couronne conductrice (501) ; et

10 - des troisième (DA), quatrième (DB), cinquième (DC) et sixième (DD) éléments de commutation comprenant des premières bornes de conduction connectées respectivement aux première (A), deuxième (B), troisième (C) et quatrième (D) bornes d'entrée du deuxième élément d'antenne (105b) et des deuxièmees bornes de conduction connectées respectivement à des premier (PA), deuxième (PB), troisième (PC) et quatrième (PD) points de la couronne conductrice.

15 9. Cellule selon la revendication 8, dans laquelle les premier (PA) et troisième (PC) points de la couronne conductrice (501) sont diamétralement opposés et les deuxième (PB) et quatrième (PD) points de la couronne conductrice sont diamétralement opposés, le diamètre sur lequel sont situés les premier et troisième points étant orthogonal au diamètre sur lequel sont situés les deuxième et quatrième points.

20 10. Cellule selon la revendication 9, dans laquelle le deuxième élément d'antenne (105b) comporte en outre des deuxième (503A), troisième (503B), quatrième (503C) et cinquième (503D) lignes à retard introduisant chacune un déphasage ( $\varphi_3$ ) égal à environ  $180^\circ$  et comprenant chacune une première extrémité connectée à l'une des première (A), deuxième (B), troisième (C) et quatrième (D) bornes d'entrée du deuxième élément d'antenne (105b) et une deuxième extrémité connectée à l'un des premier (PA), deuxième (PB), troisième (PC) et quatrième (PD) points de la couronne conductrice (501).

25

11. Cellule selon la revendication 9, dans laquelle le deuxième élément d'antenne comporte en outre des deuxième (801) et troisième (901) lignes à retard introduisant chacune un déphasage ( $\varphi_4$ ) égal à environ  $180^\circ$ , la deuxième ligne à retard connectant le deuxième point (PB) de la couronne conductrice (501) au quatrième point (PD) de la couronne conductrice et la troisième ligne à retard connectant le premier point (PA) de la couronne conductrice au troisième point (PC) de la couronne conductrice.

30

12. Réseau transmetteur (103) comprenant une pluralité de cellules (105) selon l'une quelconque des revendications 1 à 11.

35

13. Antenne (100) comprenant un réseau transmetteur (103) selon la revendication 12 et au moins une source (101) configurée pour irradier une face du réseau.

40

45

50

55

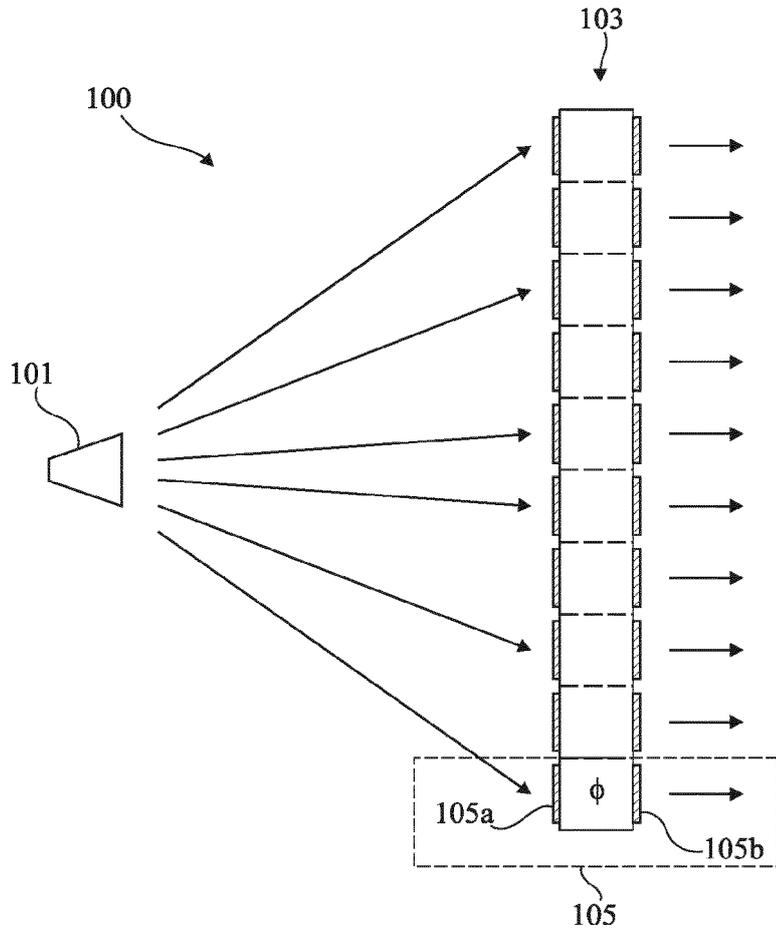


Fig 1

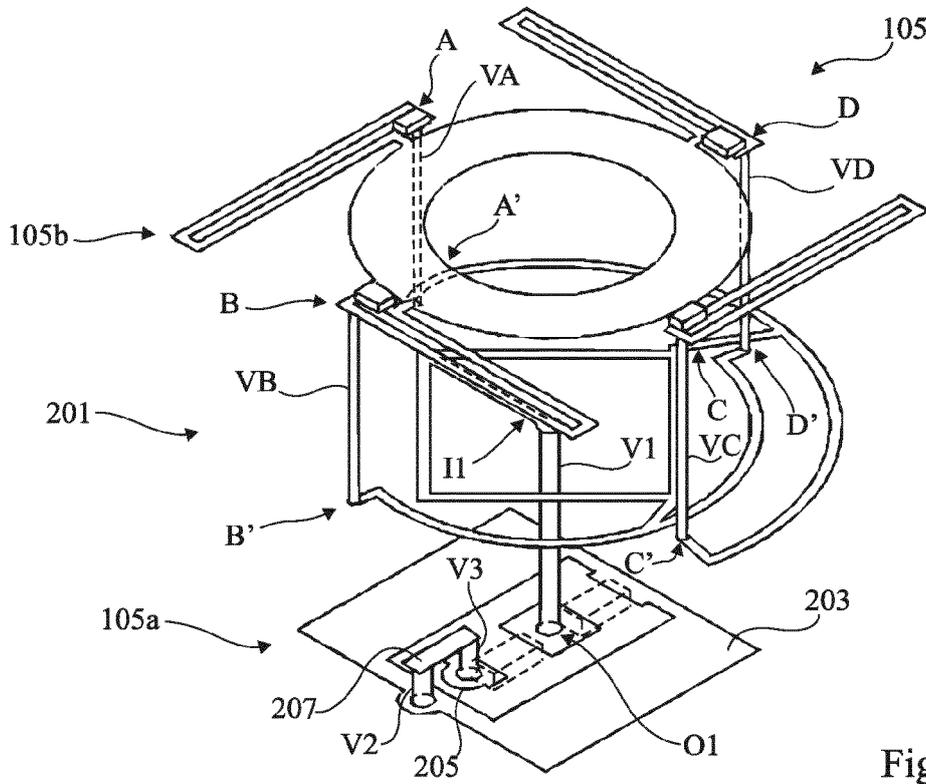


Fig 2

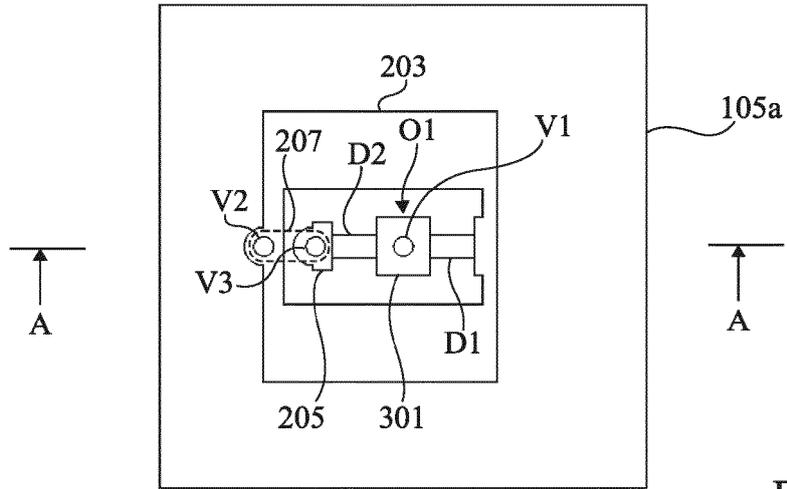


Fig 3

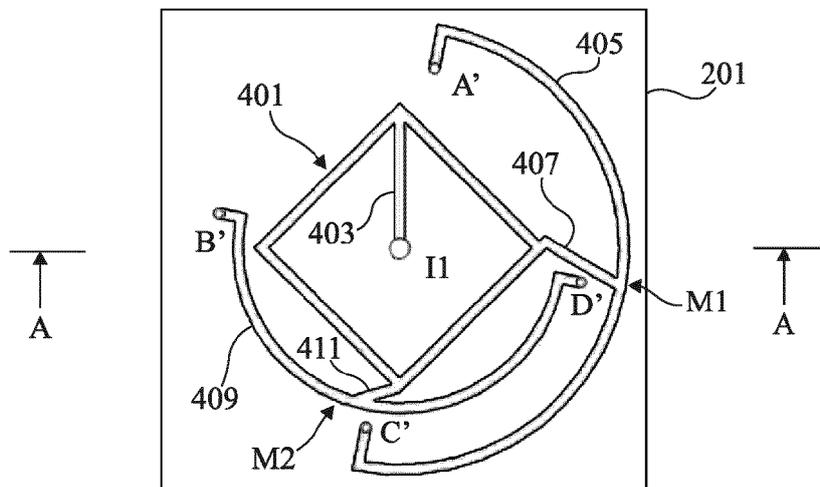


Fig 4

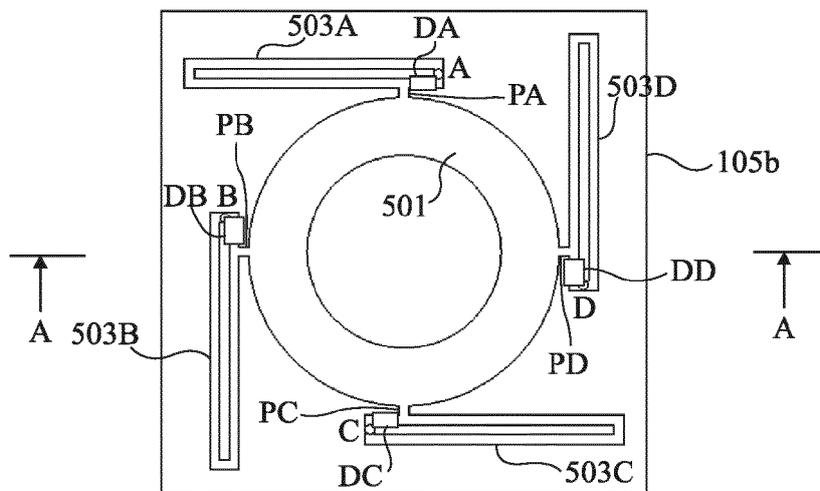


Fig 5

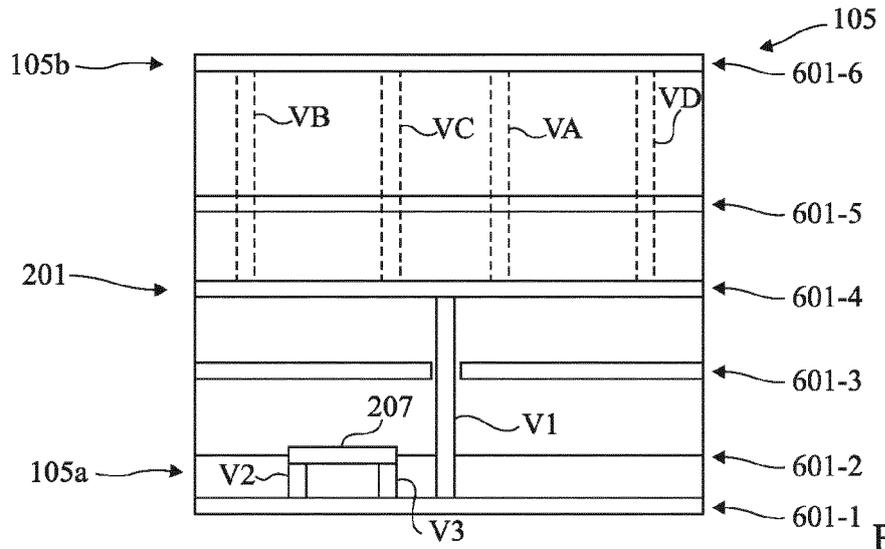


Fig 6

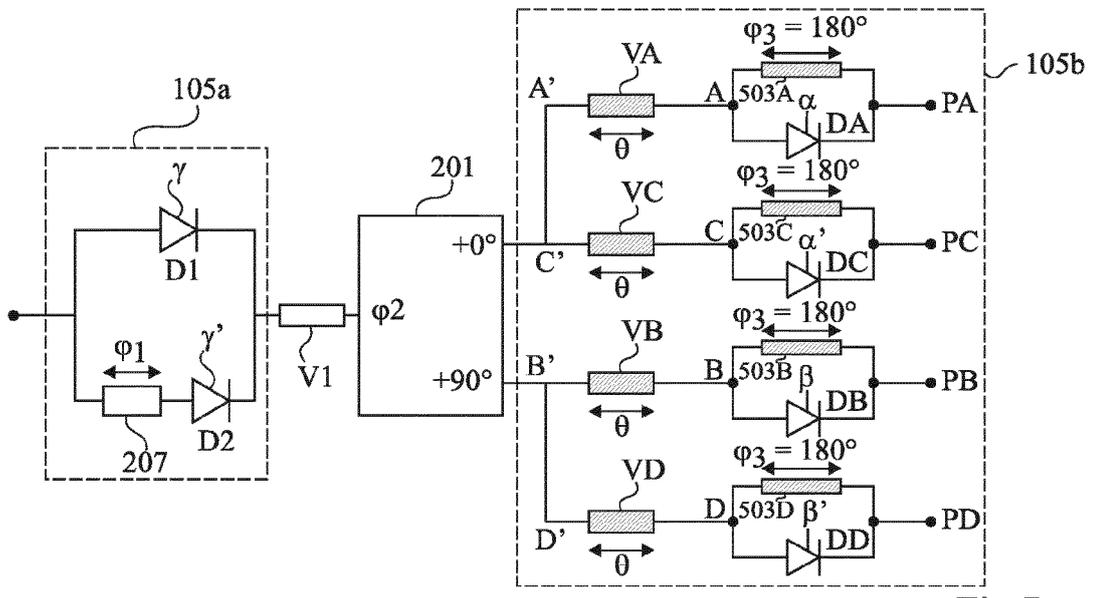


Fig 7

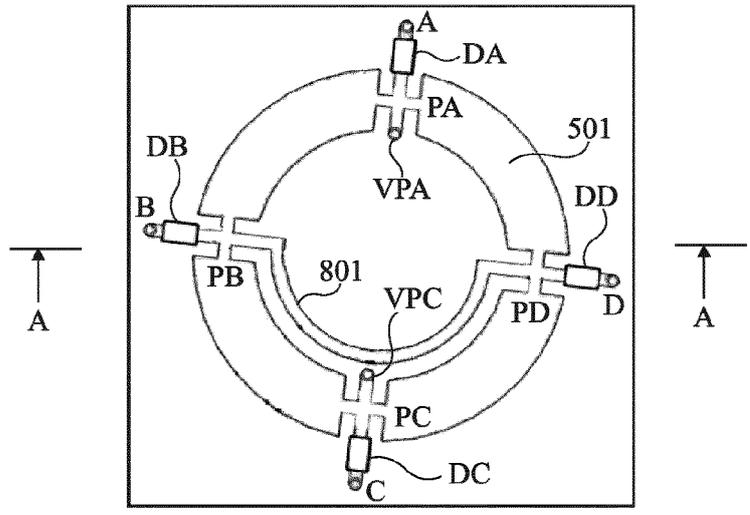


Fig 8

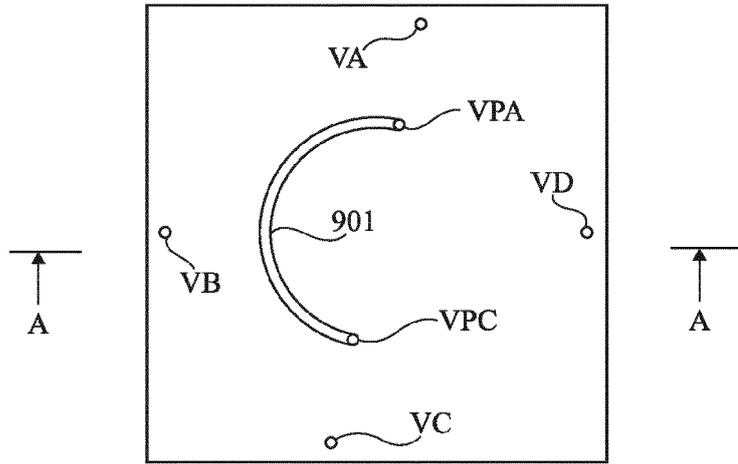


Fig 9

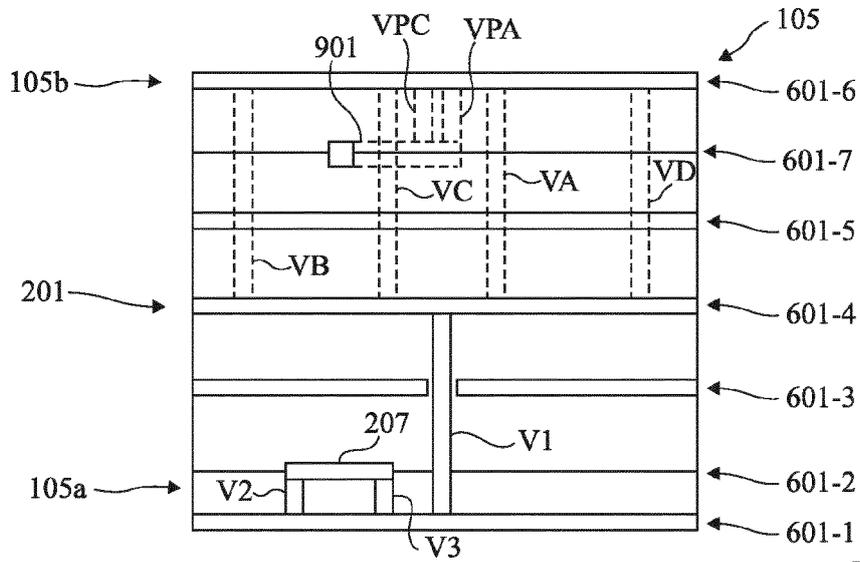


Fig 10

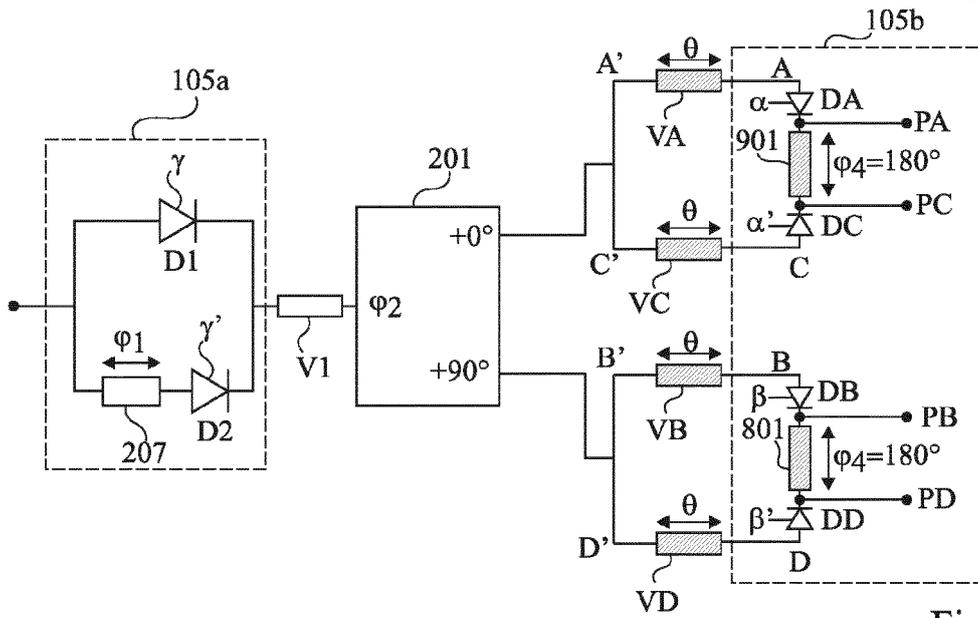


Fig 11



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 22 17 0844

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	WO 2012/085067 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]; DUSSOPT LAURENT [FR] ET AL.) 28 juin 2012 (2012-06-28) * page 1, ligne 2 - page 3, ligne 7 * * page 4, ligne 14 - page 7, ligne 24 * * page 8, ligne 27 - page 17, ligne 4; figures 1,2a-2d,3a-3c,4a-4c * -----	1-3,12,13	INV. H01Q3/46 H01Q21/24  ADD. H01Q1/28
X	MUNINA I ET AL: "A Study of C-Band 1-Bit Reconfigurable Dual-Polarized Transmitarray", 2019 13TH EUROPEAN CONFERENCE ON ANTENNAS AND PROPAGATION (EUCAP), EUROPEAN ASSOCIATION ON ANTENNAS AND PROPAGATION, 31 mars 2019 (2019-03-31), pages 1-5, XP033562128, * B. Dual polarized unit cell design. * -----	1-3,12,13	
A	MANZILLO FRANCESCO FOGLIA ET AL: "P-i-n Diode Based Electronically Steerable Transmitarrays for SOTM at Ka-Band", 2020 14TH EUROPEAN CONFERENCE ON ANTENNAS AND PROPAGATION (EUCAP), EURAAP, 15 mars 2020 (2020-03-15), pages 1-5, XP033789189, DOI: 10.23919/EUCAP48036.2020.9135693 * le document en entier * ----- -/--	1-13	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)  H01Q
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche <b>La Haye</b>		Date d'achèvement de la recherche <b>5 août 2022</b>	Examineur <b>Wattiaux, Véronique</b>
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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 antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	

1  
EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)



## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 22 17 0844

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	<p>DIABY FATIMATA ET AL: "2 Bit Reconfigurable Unit-Cell and Electronically Steerable Transmitarray at \$Ka\$ -Band", IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, IEEE, USA, vol. 68, no. 6, 3 décembre 2019 (2019-12-03), pages 5003-5008, XP011791572, ISSN: 0018-926X, DOI: 10.1109/TAP.2019.2955655 [extrait le 2020-06-01] * le document en entier * -----</p>	1-13	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche <b>La Haye</b>		Date d'achèvement de la recherche <b>5 août 2022</b>	Examineur <b>Wattiaux, Véronique</b>
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
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			

1  
EPO FORM 1503 03.82 (F04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 22 17 0844

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

05-08-2022

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
<b>WO 2012085067 A1</b>	<b>28-06-2012</b>	<b>EP 2656438 A1</b>	<b>30-10-2013</b>
		<b>FR 2969832 A1</b>	<b>29-06-2012</b>
		<b>US 2013271346 A1</b>	<b>17-10-2013</b>
		<b>WO 2012085067 A1</b>	<b>28-06-2012</b>
-----			

EPC FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION**

*Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.*

**Documents brevets cités dans la description**

- US 10680329 B [0045]