

(19)



(11)

**EP 4 572 012 A1**

(12)

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**18.06.2025 Bulletin 2025/25**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):  
**H01Q 1/40 (2006.01) H01Q 15/00 (2006.01)**  
**H01Q 3/46 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **24219946.1**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):  
**H01Q 1/405; H01Q 3/46; H01Q 15/0013;**  
**H01Q 15/0086**

(22) Date de dépôt: **13.12.2024**

(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 ME MK MT NL**  
**NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Etats d'extension désignés:  
**BA**  
Etats de validation désignés:  
**GE KH MA MD TN**

- **Institut Polytechnique de Bordeaux**  
**33402 Talence Cedex (FR)**
- **Université de Bordeaux**  
**33000 Bordeaux (FR)**

(30) Priorité: **15.12.2023 FR 2314280**

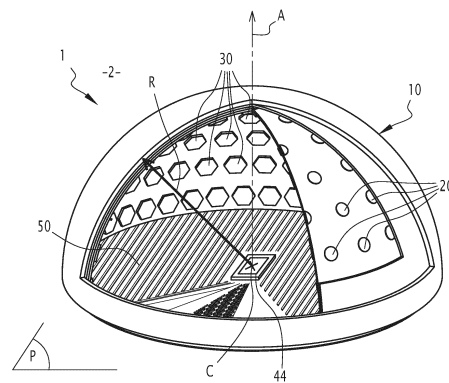
- (72) Inventeurs:
- **MAZEAU, Thierry**  
**33700 Merignac (FR)**
  - **GHIOTTO, Anthony**  
**33130 Begles (FR)**
  - **BOURRETERE, Clément**  
**33700 Merignac (FR)**

- (71) Demandeurs:
- **THALES**  
**92190 Meudon (FR)**
  - **Centre National de la Recherche Scientifique**  
**75016 Paris (FR)**

- (74) Mandataire: **Lavoix**  
**2, place d'Estienne d'Orves**  
**75441 Paris Cedex 09 (FR)**

(54) **ANTENNE RÉSEAU HÉMISPHERIQUE AMÉLIORÉE**

(57) La présente invention concerne une antenne réseau (1) comportant: un radome (10) hémisphérique ; une pluralité d'éléments rayonnants (20) portés par le radome ; une pluralité de modules d'émission réception (30), portés par le radome, chaque élément rayonnant étant associé à un module d'émission réception et connecté électriquement à celui-ci. Elle se caractérise par un module de radiocommunication commun, muni d'une antenne commune (44), placée au centre du radome et connectée à une électronique d'émission réception du module de radiocommunication commun, chaque module d'émission réception (30) comportant un module de communication, équipé d'une antenne élémentaire pour la communication radiofréquence bidirectionnelle avec le module de radiocommunication commun (40).



**FIG.1**

**EP 4 572 012 A1**

## Description

**[0001]** La présente invention concerne les antennes réseaux tridimensionnelles et, plus particulièrement, celui des antennes réseaux hémisphériques.

**[0002]** Comme par exemple présenté dans la demande de brevet FR n° 22 05733, les éléments rayonnants d'une antenne réseau peuvent être disposés sur une surface de support courbe, en particulier hémisphérique.

**[0003]** Chaque élément rayonnant est piloté par un module d'émission/réception (ou TR module). Dans ce qui suit, pour simplifier la description, on considère qu'un TR module est associé à un unique élément rayonnant. Cependant, en variante, un TR module peut piloter un certain nombre d'éléments rayonnants.

**[0004]** Un TR module est monté immédiatement à l'arrière de l'élément rayonnant associé, c'est-à-dire par exemple sur une face intérieure de la surface de support lorsque les éléments rayonnants sont disposés sur une face extérieure de cette surface de support.

**[0005]** Classiquement, chaque TR module est connecté à une électronique bas niveau de pilotage par une liaison filaire, comme par exemple un câble coaxial ou une fibre optique. Cette liaison permet à la chaîne d'émission du TR module de recevoir le signal d'émission à émettre et à le mettre en forme (amplification et/ou déphasage) avant de l'appliquer à l'élément rayonnant pour émettre une onde électromagnétique. Cette liaison permet de transmettre à l'électronique de pilotage le signal de réception correspondant à une onde électromagnétique captée par l'élément rayonnant et traité (amplification et/ou déphasage) par la chaîne de réception du TR module. Cette liaison permet également de commander les composants pilotables du TR module pour compenser un biais et/ou participer à la formation de faisceau.

**[0006]** Cependant, pour le cas d'une antenne réseau hémisphérique, un tel montage présente différents désavantages.

**[0007]** En particulier, le volume intérieur délimité par la surface de support est réduit, ce qui rend le câblage des TR modules extrêmement délicat à réaliser. Il s'agit d'une opération manuelle qui ne peut pas être automatisée. Cela limite la productivité, mais surtout la reproductibilité des antennes réseaux fabriquées. Chaque antenne réseau nécessite par conséquent une opération de calibration complexe.

**[0008]** Le but de la présente invention est alors de proposer une antenne réseau permettant de pallier ces problèmes.

**[0009]** A cet effet, l'invention a pour objet une antenne réseau comportant : un radome hémisphérique, de centre C et de rayon R ; une pluralité d'éléments rayonnants, les éléments rayonnants étant portés par le radome ; une pluralité de modules d'émission réception, les modules d'émission réception étant portés par le radome, chaque élément rayonnant étant associé à un module d'émission

réception et connecté électriquement à celui-ci par une ou plusieurs liaison(s) d'alimentation, caractérisée en ce que l'antenne réseau comporte en outre : un module de radiocommunication commun, muni d'une antenne commune, placée au centre C du radome hémisphérique et connectée à une électronique d'émission réception du module de radiocommunication commun, chaque module d'émission réception comportant un module de communication, équipé d'une antenne élémentaire pour la communication radiofréquence bidirectionnelle avec le module de radiocommunication commun.

**[0010]** Suivant d'autres aspects avantageux de l'invention, l'antenne réseau comprend une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou suivant toutes les combinaisons techniquement possibles :

- la face radialement à l'intérieur du radome est une couche métallique isolant électromagnétiquement une cavité à l'intérieur du radome.
- la cavité est munie d'un dispositif d'absorption des ondes électromagnétiques pour réduire un bruit de fond.
- le dispositif d'absorption est un méta-matériau recouvrant un plancher de la cavité.
- le méta-matériau est constitué de l'empilement d'une couche de réflexion, d'une couche d'absorption et d'un plan métallique, le plan métallique étant ajouré de manière à présenter un motif périodique adapté pour piéger les ondes radiofréquences dans l'épaisseur du méta-matériau en fonction de leur polarisation.
- l'antenne commune est une antenne omnidirectionnelle, présentant dans tout plan passant par un axe de symétrie de l'antenne réseau une ouverture d'au moins 170° pour une atténuation de -12dB.
- l'antenne commune est une antenne du type « patch ».
- les éléments rayonnants sont recouvert d'une couche d'adaptation, elle-même recouverte d'une couche de protection.
- en émission, l'antenne commune émet un signal d'émission que chaque module d'émission réception collecte en vue d'être émis.
- en réception, le signal de réception élémentaire en sortie de chaque module d'émission réception est réémis dans la cavité vers l'antenne commune, les différents signaux de réception élémentaires se superposant dans la cavité de manière à former un signal de réception global, l'antenne commune collectant le signal de réception global.

**[0011]** L'invention apparaîtra plus clairement à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif, et faite en référence aux dessins dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en perspective et partiellement éclatée d'un mode de réalisation préféré d'une an-

- tenne réseau selon l'invention ;
- la figure 2 est une représentation en coupe partielle de la structure du radome de l'antenne réseau de la figure 1 ;
  - la figure 3 est une représentation schématique sous forme de blocs fonctionnels de l'antenne de la figure 1 ;
  - la figure 4 est un graphe illustrant le diagramme de rayonnement de l'antenne centrale de l'antenne réseau de la figure 1 ; et,
  - la figure 5 est une représentation en perspective et en coupe partielle du plan d'absorption constituant le plancher de l'antenne réseau de la figure 1

**[0012]** L'invention est fondée sur la mise en oeuvre d'une communication sans fil, de préférence radiofréquence - RF, entre chaque module d'émission/réception de l'antenne réseau et une antenne centrale, commune, connectée à l'électronique bas niveau de pilotage de l'antenne réseau.

**[0013]** Dans le mode de réalisation de la Figure 1, l'antenne réseau 1 comporte un radome hémisphérique 10.

**[0014]** Le radome 10 prend la forme générale d'une demi-sphère, de centre C et de rayon R. Elle est délimitée par un plan médian P, constituant le plancher de l'antenne 1.

**[0015]** L'axe A, normal au plan P au centre C, est un axe de symétrie de révolution de l'antenne réseau 1.

**[0016]** Le radôme 10 est par exemple un polyèdre à facettes triangulaires inscrit dans la demi-sphère de centre C et de rayon R. Alternativement, il s'agit de facettes hexagonales, ou pentagonales, ou l'équivalent.

**[0017]** Sur la figure 2, de manière illustrative, trois facettes mitoyennes,  $10_{i-1}$ ,  $10_i$  et  $10_{i+1}$ , du radôme 10 sont représentées en coupe selon un plan passant par l'axe A.  $i$  est un entier entre 1 et N, nombre total de facettes, mais aussi d'éléments rayonnants et de TR modules.

**[0018]** Une facette  $10_i$  résulte de la superposition de plusieurs strates.

**[0019]** La jonction des strates des différentes facettes définit une pluralité de couches dans le radôme, comme par exemple, de l'intérieur vers l'extérieur de la demi-sphère, une couche métallisée 12, un substrat 14, une couche d'adaptation 16, et une couche de protection 18.

**[0020]** La couche métallisée 12, continue, définit une demi-sphère, qui délimite, extérieurement, un espace 2 de rayonnement de l'antenne réseau 10 et, intérieurement, une cavité 4. La couche métallisée permet d'isoler électromagnétiquement le volume de la cavité 4, de l'espace 2.

**[0021]** La couche métallisée 12 est avantageusement utilisée pour définir un plan de masse pour les TR modules et les éléments rayonnants.

**[0022]** La couche de substrat 14 est en matériau diélectrique dont la permittivité relative est ajustée.

**[0023]** La couche d'adaptation 16 est par exemple

réalisée en une mousse radiofréquence présentant une permittivité relative proche de l'unité. Il s'agit par exemple du matériau Rohacell® HF/WF.

**[0024]** La couche externe 18 est par exemple réalisée en un matériau présentant des propriétés mécaniques adaptées pour offrir la résistance mécanique souhaitée et protéger les éléments rayonnants des agressions extérieures. Il s'agit par exemple du matériau FR-4.

**[0025]** Le radome 10 porte une pluralité d'éléments rayonnants 20 et d'une pluralité de TR module 30, chaque TR module étant associé à un élément rayonnant dans le présent mode de réalisation.

**[0026]** Un élément rayonnant 20 est par exemple une antenne plane (ou antenne « patch »), mono ou multi-plane.

**[0027]** Par exemple, chaque élément rayonnant 20 de l'antenne réseau 1 est porté par une facette. Un élément rayonnant 20 est par exemple disposé au centre d'une facette. Avantageusement, comme représenté sur la figure 2, chaque élément rayonnant  $20_i$  est monté sur une face externe du substrat 14 et est recouvert du matériau constitutif de la couche d'adaptation 16.

**[0028]** La figure 3 est une représentation électrique schématique de l'antenne 1. Chaque TR module, comme le TR module  $30_i$  est par exemple un circuit imprimé intégrant une chaîne d'émission  $32_i$  et une chaîne de réception  $33_i$  connectées, via un duplexeur  $31_i$ , aux ports de l'élément rayonnant  $20_i$ , par une ou plusieurs lignes d'alimentation.

**[0029]** Chaque TR module  $30_i$  est monté en arrière de l'élément rayonnant  $20_i$  associé. Il est par exemple monté sur une face interne de la couche métallique 12, comme représenté sur la figure 2. Il se trouve par conséquent à l'intérieur de la cavité 4.

**[0030]** Avantageusement, une couche de support supplémentaire est prévue du côté intérieur de la couche métallisée 12 pour supporter l'électronique, notamment les TR modules  $30_i$  et leurs lignes d'alimentation.

**[0031]** Des vias sont ménagés à travers la couche métallique 12 et le substrat 14 pour permettre le passage des lignes d'alimentation connectant électriquement le TR module  $30_i$  et l'élément rayonnant  $20_i$  associé.

**[0032]** Selon l'invention, chaque TR module  $30_i$  est muni d'un module de radiocommunication élémentaire  $36_i$  pour la communication, à l'intérieur de la cavité 4, avec un module de radiocommunication commun 40. Le module  $36_i$  est connecté en entrée de la chaîne d'émission  $32_i$  et en sortie de la chaîne de réception  $33_i$  du TR module  $30_i$ .

**[0033]** Un module de radiocommunication élémentaire  $36_i$  est équipé d'une antenne élémentaire radiofréquence - RF  $34_i$ .

**[0034]** Comme représenté sur la figure 3, l'antenne réseau 10 comporte un module de radiocommunication commun 40.

**[0035]** Il permet une communication radiofréquence bidirectionnelle avec chacun des modules de radiocommunication  $36_i$  des TR modules  $30_i$ .

**[0036]** Le module 40 est muni d'une antenne commune ou source 44 et d'une électronique adaptée.

**[0037]** La communication doit permettre :

- en communication montante, la transmission du signal d'émission SE de la source 44 vers chaque TR module 30<sub>i</sub> ;
- en communication descendante, la réception du signal de réception SR<sub>i</sub> de chaque TR module 30<sub>i</sub> vers la source 44 ; et
- avantageusement, en communication montante, l'échange d'informations complémentaires de pilotage des TR modules, de la source 40 vers chaque TR module 30<sub>i</sub> (déphasage  $\varphi_i$  et gain  $A_i$  des composants pilotables des chaînes d'émission et de réception pour faire de la formation de faisceau, compenser des biais, etc.).

**[0038]** Dans le mode de réalisation particulier illustré sur la figure 3, l'électronique du module 40 comporte un circulateur 41 reliant des moyens d'émission et des moyens de réception, d'une part, et l'antenne 44, d'autre part.

**[0039]** Dans ce mode de réalisation, la communication entre le module 40 et chaque TR module 30<sub>i</sub> s'effectue le long d'un canal dédié, caractérisé par une fréquence particulière F<sub>i</sub>.

**[0040]** En conséquence, le module 40 comporte une unité d'émission/réception 70<sub>i</sub> pour adresser en émission et en réception chaque TR module 30<sub>i</sub>.

**[0041]** Chaque unité 70<sub>i</sub> comporte un générateur de forme d'onde 73<sub>i</sub>, propre à générer un signal d'émission individuel SE<sub>i</sub> adapté.

**[0042]** Les différentes unités 70<sub>i</sub> sont connectées en entrée d'un sommateur 43, dont la sortie est connectée au circulateur 41. L'antenne 44 émet ainsi un signal global SE résultant de la somme des signaux d'émission individuels SE<sub>i</sub>.

**[0043]** L'antenne 44 est connectée en entrée d'un répartiteur 42, dont la sortie est connectée en entrée de chacune des unités 70<sub>i</sub>, de manière à appliquer à chaque module le signal global de réception SR résultant de la somme des signaux de réception individuels SR<sub>i</sub> captée par l'antenne 44.

**[0044]** L'entrée d'un module 70<sub>i</sub> comporte un filtre 72<sub>i</sub>, centrée sur la fréquence caractéristique F<sub>i</sub> du canal correspondant, de manière à isoler le signal de réception individuel SR<sub>i</sub>.

**[0045]** Un démodulateur 74<sub>i</sub> permet ensuite de démoduler le signal SR<sub>i</sub>, en tenant éventuellement compte de la forme d'onde générée par le générateur 73<sub>i</sub> correspondant.

**[0046]** Le signal brut est ensuite transmis à une chaîne de traitement classique.

**[0047]** En émission, le module 40 transmet au module d'émission réception 30<sub>i</sub>, en début d'une période de récurrence, le signal d'émission SE<sub>j</sub>, puis, en fin de la période de récurrence, différents signaux de pilotage afin

que le module 30<sub>i</sub> règle la valeur de ses paramètres de fonctionnement pour la période de récurrence suivante.

**[0048]** En réception, le signal de réception élémentaire SR<sub>i</sub> en sortie de chaque module d'émission réception 30<sub>i</sub> est réémis dans la cavité 4 vers l'antenne commune 44, les différents signaux de réception élémentaires se superposant dans la cavité de manière à former un signal de réception global, l'antenne commune 44 collectant le signal de réception global SR.

**[0049]** L'antenne commune 44 doit permettre d'adresser les différentes antennes élémentaires 34<sub>i</sub> (qui sont situées sur une même sphère) avec une amplitude, une phase et une polarisation identique.

**[0050]** A noter que s'il est prévu de ne créer qu'un seul type de faisceau, il n'est pas nécessaire de prévoir une transmission de données pour ajuster les phases et les amplitudes au niveau des modules 30<sub>i</sub>, ces valeurs pouvant être fixées dans les modules actifs.

**[0051]** Afin de limiter le nombre d'organes électroniques en aval, c'est à dire au niveau des éléments rayonnants, les dispositifs de contrôle de phases et d'amplitudes peuvent être déportés du TR module en amont du générateur de forme d'onde du module 40. Les composantes des signaux qui doivent être rayonnés par chaque élément rayonnant sont donc créés en amont et transmises au TR module, qui n'a alors pour fonction que de stimuler l'élément rayonnant correspondant.

**[0052]** L'antenne commune 44 est placée au voisinage du centre C de l'antenne réseau 1.

**[0053]** On connaît différentes antennes présentant, plus ou moins précisément, les propriétés recherchées de rayonnement hémisphérique, sans déphasage, sans perturbation de polarité. L'homme du métier connaît les antennes dipôles, monopole, colinéaire, hélicoïdale, ...

**[0054]** Par exemple, sur la figure 4, est représenté le diagramme de rayonnement d'une antenne du type « patch » dans un plan axial (i.e. contenant l'axe A). Si à -3dB, l'ouverture angulaire du lobe principal 45 est d'environ 100°, à -6dB, l'ouverture angulaire est d'environ 130° et à -9dB, l'ouverture angulaire est d'environ 155°.

**[0055]** Ainsi, une antenne peut s'approcher d'une antenne omnidirectionnelle à condition de travailler avec de fortes atténuations.

**[0056]** Mais, en contrepartie, il est nécessaire d'abaisser le niveau de bruit.

**[0057]** Or, à l'intérieur de la cavité 4, se pose le problème de la réflexion des ondes électromagnétiques radiofréquences émises soit par la source 40, soit par les antennes élémentaires 34<sub>i</sub> des TR modules, dans la mesure où il s'agit d'un milieu confiné par la couche métallique 12.

**[0058]** Ces réflexions doivent donc être atténuées de manière à ce que le niveau signal sur bruit à l'intérieur de la cavité 4 soit suffisant pour permettre la communication entre les modules de communication 40 et 36<sub>i</sub>.

**[0059]** C'est la raison pour laquelle, avantageusement, l'antenne réseau 1 est munie d'un dispositif d'ab-

sorption 50 des ondes électromagnétiques.

**[0060]** Comme illustré sur la figure 1, il s'agit par exemple d'un plan d'absorption 50 recouvrant le plan P formant le plancher de la cavité 4 de l'antenne réseau 1.

**[0061]** Comme illustré sur la figure 5, le plan d'absorption 50 est par exemple un méta-matériau constitué de la superposition d'une couche réflectrice 52, d'une couche absorbante des ondes électromagnétiques 54 et d'une couche métallique structurée 56.

**[0062]** Une onde 60 provenant de la cavité 4 et incidente sur le plan d'absorption 50 est transmise par la couche métallique structurée 56 à condition de présenter une première polarité compatible de la couche 56 pour que celle-ci soit transparente.

**[0063]** L'onde transmise 61 se propage ensuite une première fois dans le matériau absorbant 54.

**[0064]** A l'interface avec la couche réflectrice 52, l'onde subit une modification de sa polarisation tout en étant réfléchi.

**[0065]** L'onde réfléchi 62 se propage une seconde fois dans le matériau absorbant 54.

**[0066]** Sa polarisation ayant changée, la couche métallique structurée 56 ne la transmet pas dans la cavité 4, mais la réfléchit.

**[0067]** L'onde réfléchi 63 se propage une troisième fois dans le matériau absorbant 54.

**[0068]** A l'interface avec la couche réflectrice 52, elle subit une modification de sa polarisation, tout en étant réfléchi.

**[0069]** L'onde réfléchi 64 se propage une quatrième fois dans le matériau absorbant 54.

**[0070]** Sa polarisation ayant changée une seconde fois, la couche métallique structurée 56 la transmet vers la cavité 4.

**[0071]** L'onde 65 émergeant dans la cavité 4 après quatre passages à travers le matériau absorbant. Elle est donc fortement atténuée.

**[0072]** Ainsi, le niveau du bruit de fond peut être très fortement abaissé dans la cavité 4.

**[0073]** Avec la mise en oeuvre d'une liaison sans fil entre l'électronique de bas niveau et l'électronique frontale (modules d'émission réception et éléments rayonnants), on s'affranchit de la présence de câbles et par conséquent du surpoids que cela représente. La présente antenne réseau est donc légère, compatible de porteurs tels que des drones aériens.

**[0074]** De plus, la mise en oeuvre d'une liaison sans fil évite les disparités de phases. En effet, un rayonnement électromagnétique est homogène en phase quelle que soit sa direction, alors qu'une multitude de câbles présenteront des disparités sur leurs longueurs, donc sur les phases des signaux qu'ils transmettent.

**[0075]** Dans l'antenne selon l'invention, plusieurs éléments rayonnants peuvent être regroupés pour émettre ensemble de manière à former un faisceau selon une direction d'émission.

**[0076]** Ce regroupement peut être prédéfini. Les éléments rayonnants participant à la formation du faisceau

(et par conséquent leur nombre) sont fixés par configuration initiale de l'antenne réseau. Par exemple, un groupe est formé de plusieurs éléments rayonnants connectés à un même TR module. La direction d'émission est alors fixe. Par exemple, un groupe est formé en associant les différents TR modules des éléments rayonnants à un même canal de communication avec l'antenne commune. Dans ce cas, la direction d'émission peut être modifiée par formation de faisceau.

**[0077]** Ce regroupement peut être défini dynamiquement, en commandant de manière adaptée les TR modules des éléments rayonnants regroupés. Dans ce cas, les éléments rayonnants participant à la formation d'un faisceau sont sélectionnés en fonction du besoin (par exemple en fonction de la direction dans lequel le faisceau doit pointer ou la puissance à émettre).

**[0078]** A un même instant d'utilisation de l'antenne, un seul groupe peut être activé, l'antenne n'émettant qu'un faisceau, ou bien plusieurs groupes sont activés simultanément, l'antenne émettant plusieurs faisceaux.

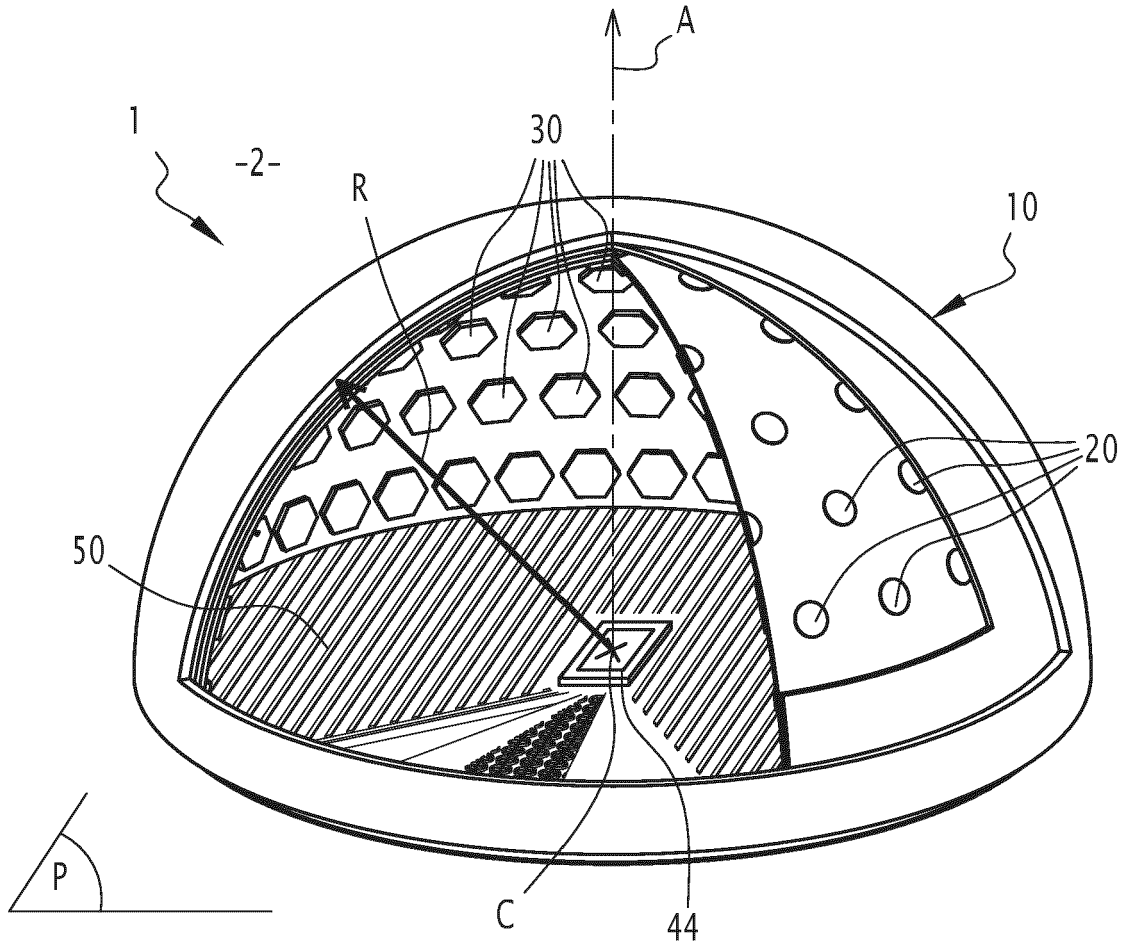
**[0079]** L'antenne réseau venant d'être présentée trouve des applications dans toutes les applications nécessitant une détection sur un domaine étendu. C'est par exemple le cas des antennes radar aéroportées notamment pour des détections au sol-air, des systèmes de guerre électronique, des antennes de télécommunications, etc.

## 30 Revendications

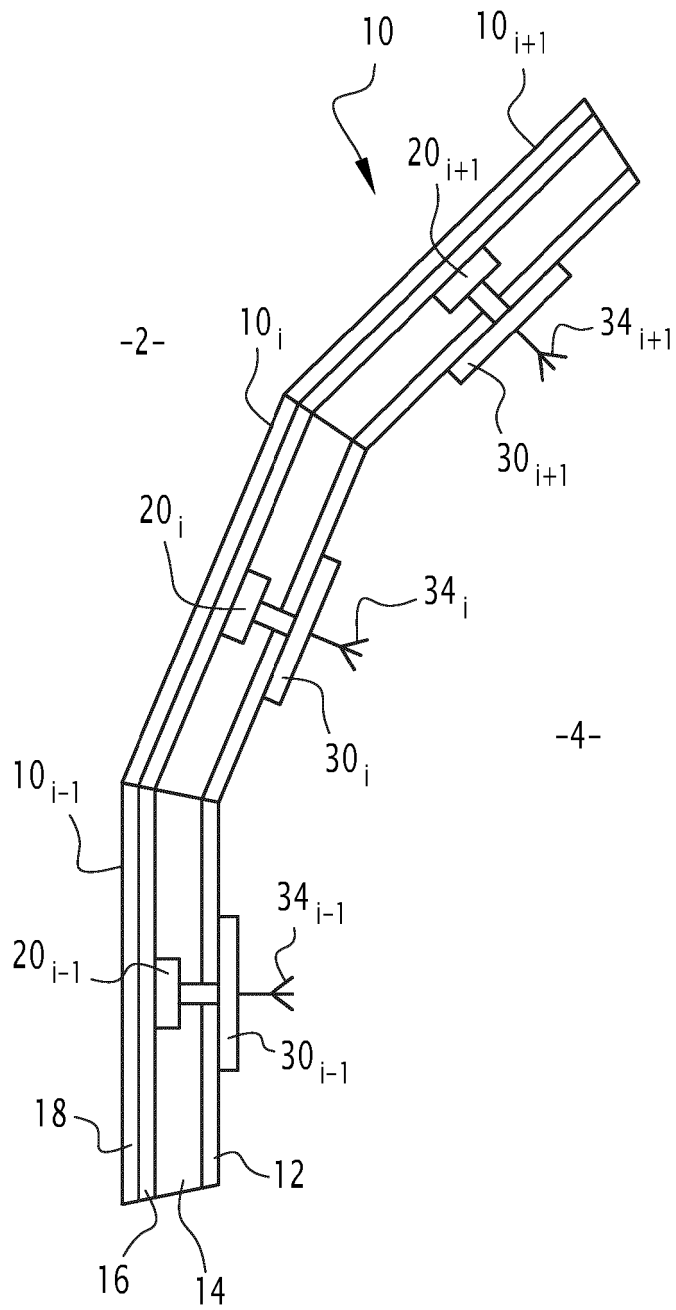
### 1. Antenne réseau (1) comportant :

- un radome (10) hémisphérique, de centre C et de rayon R ;
- une pluralité d'éléments rayonnants (20<sub>i</sub>), les éléments rayonnants étant portés par le radome ;
- une pluralité de modules d'émission réception (30<sub>i</sub>), les modules d'émission réception étant portés par le radome, chaque élément rayonnant étant associé à un module d'émission réception et connecté électriquement à celui-ci par une ou plusieurs liaison(s) d'alimentation, **caractérisée en ce que** l'antenne réseau comporte en outre :
  - un module de radiocommunication commun (40), muni d'une antenne commune (44), placée au centre C du radome hémisphérique et connectée à une électronique d'émission réception du module de radiocommunication commun,
  - chaque module d'émission réception (30<sub>i</sub>) comportant un module de communication (36<sub>i</sub>), équipé d'une antenne élémentaire (34<sub>i</sub>) pour la communication radiofréquence bidirectionnelle avec le module de radiocommunication commun (40).

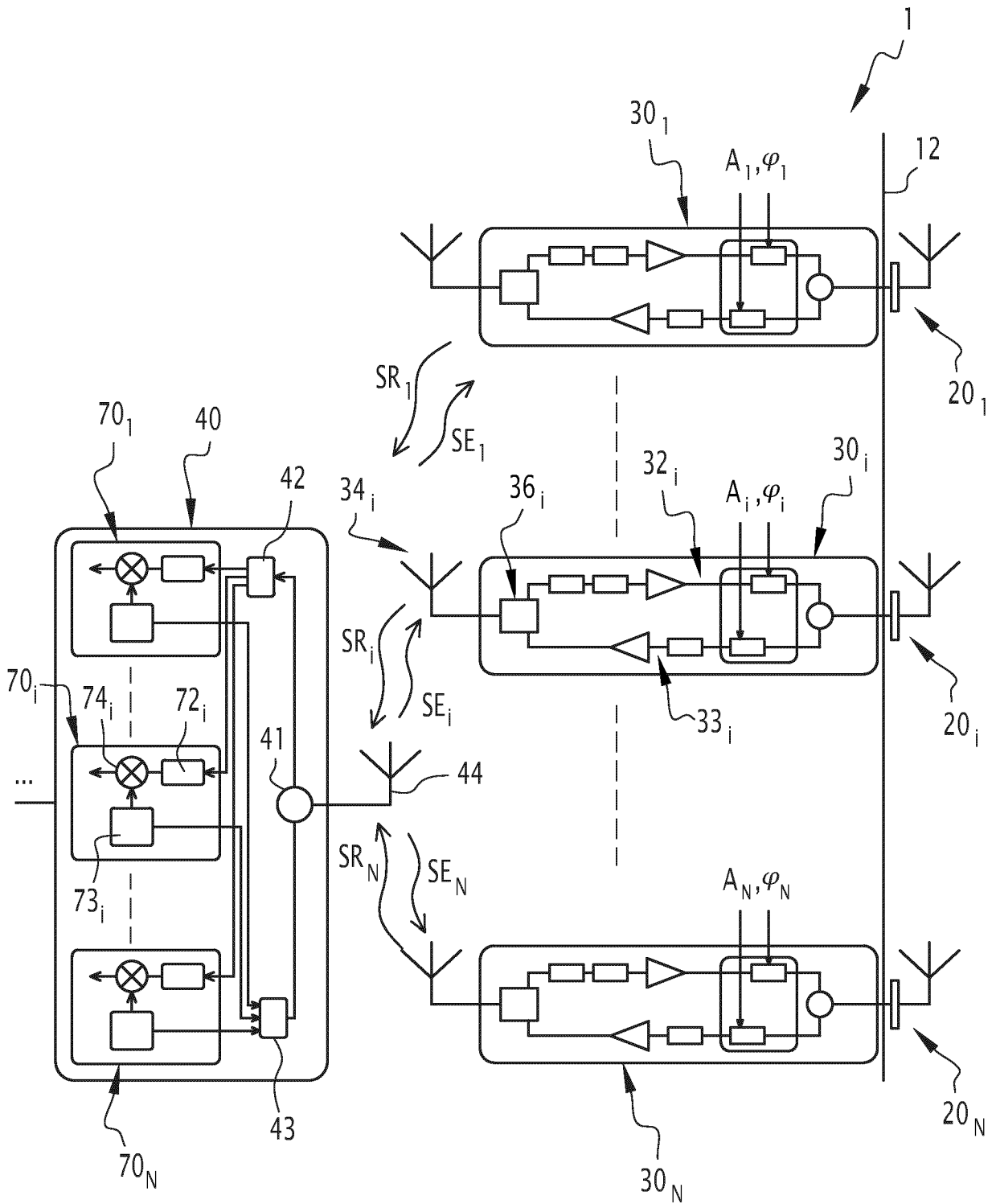
2. Antenne réseau selon la revendication 1, dans laquelle la face radialement à l'intérieur du radome (10) est une couche métallique (12) isolant électromagnétiquement une cavité (4) à l'intérieur du radome. 5
3. Antenne selon la revendication 2, dans laquelle la cavité (4) est munie d'un dispositif d'absorption (50) des ondes électromagnétiques pour réduire un bruit de fond. 10
4. Antenne selon la revendication 3, dans laquelle le dispositif d'absorption est un méta-matériau recouvrant un plancher de la cavité (4). 15
5. Antenne selon la revendication 4, dans laquelle le méta-matériau est constitué de l'empilement d'une couche de réflexion (52), d'une couche d'absorption (54) et d'un plan métallique (56), le plan métallique étant ajouré de manière à présenter un motif périodique adapté pour piéger les ondes radiofréquences dans l'épaisseur du méta-matériau en fonction de leur polarisation. 20
6. Antenne selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, dans laquelle, en réception, le signal de réception élémentaire (SR<sub>j</sub>) en sortie de chaque module d'émission réception (30<sub>i</sub>) est réémis dans la cavité (4) vers l'antenne commune (44), les différents signaux de réception élémentaires se superposant dans la cavité de manière à former un signal de réception global (SR), l'antenne commune collectant le signal de réception global. 25  
30
7. Antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle l'antenne commune (44) est une antenne omnidirectionnelle, présentant dans tout plan passant par un axe de symétrie (A) de l'antenne réseau (1) une ouverture d'au moins 170° pour une atténuation de -12dB. 35  
40
8. Antenne selon la revendication 7, dans laquelle l'antenne commune (44) est une antenne du type « patch ». 45
9. Antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle les éléments rayonnants (20<sub>i</sub>) sont recouvert d'une couche d'adaptation (16), elle-même recouverte d'une couche de protection (18). 50
10. Antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle, en émission, l'antenne commune (44) émet un signal d'émission (SE) que chaque module d'émission réception (30<sub>i</sub>) collecte en vue d'être émis. 55



**FIG.1**



**FIG.2**



**FIG. 3**

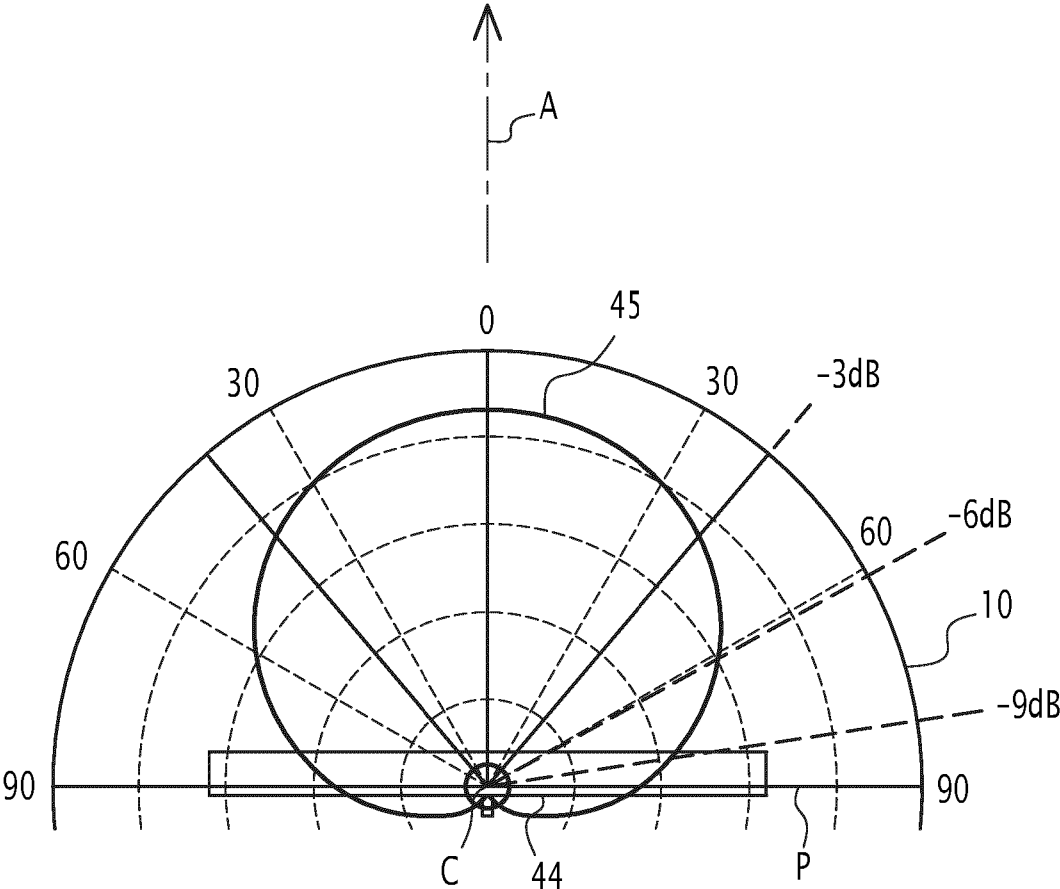
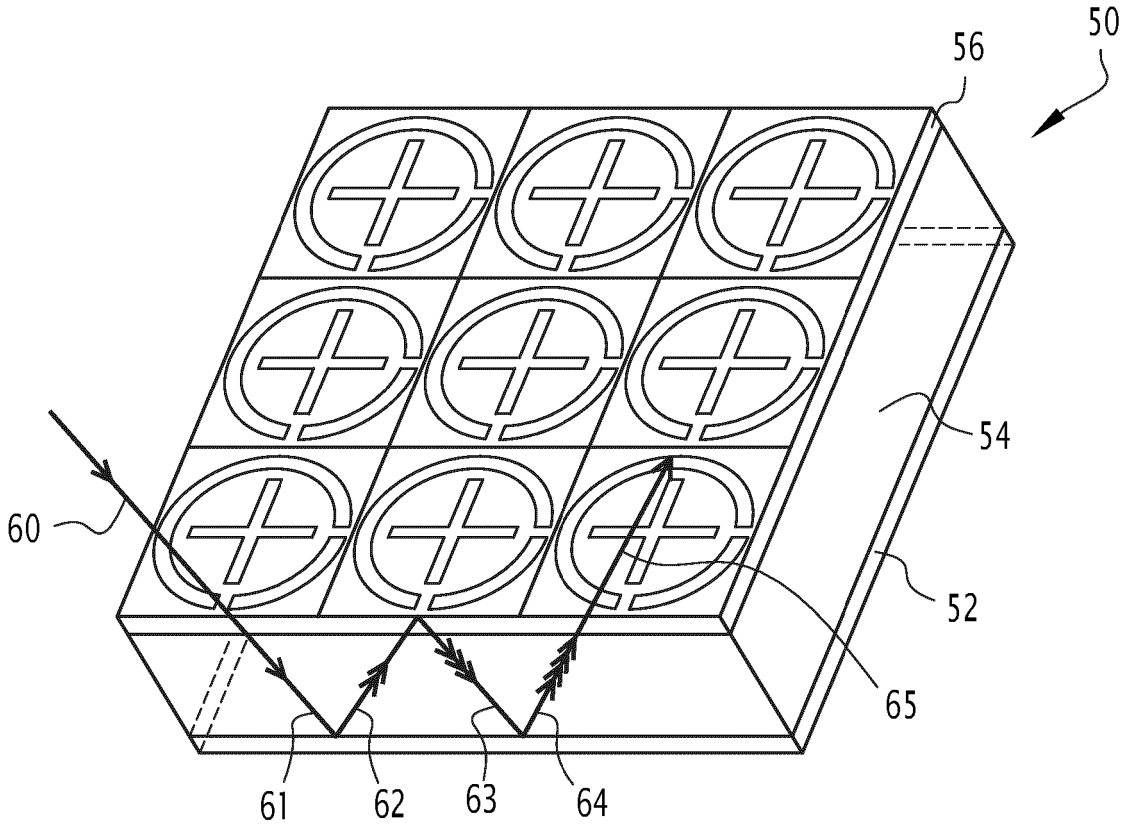


FIG.4



**FIG.5**



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 24 21 9946

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	CN 115 498 404 A (CN ELECT TECH NO 38 RES INST) 20 décembre 2022 (2022-12-20) * figures 12, 13 * * pages 1, 8-11 *	1-10	INV. H01Q1/40 H01Q15/00 H01Q3/46
A	CN 108 039 562 A (CN ELECT TECH NO 38 RES INST) 15 mai 2018 (2018-05-15) * figure 2 * * alinéas [0036], [0055] *	1-10	
A	CN 116 417 784 A (BEIJING HUAHANG RADIO MEASUREMENT RES INST) 11 juillet 2023 (2023-07-11) * figure 3 * * page 5 *	1-10	
			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>9 avril 2025</b>	Examineur <b>Taddei, Ruggero</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	

EPO FORM 1503 03.82 (F04C02)

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

EP 24 21 9946

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.

09 - 04 - 2025

10

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
CN 115498404	A	20-12-2022	AUCUN	
-----				
CN 108039562	A	15-05-2018	AUCUN	
-----				
CN 116417784	A	11-07-2023	AUCUN	
-----				

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO 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**

- FR 2205733 [0002]