



(11) **EP 4 572 004 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

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

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
H01P 1/26 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **24218518.9**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
H01P 1/264; H01P 1/266

(22) Date de dépôt: **09.12.2024**

(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

(72) Inventeurs:
• **BRU, Laurent**
31250 Revel (FR)
• **PACAUD, Damien**
31037 Toulouse (FR)

(74) Mandataire: **Atout PI Laplace**
Immeuble Up On
25 Boulevard Romain Rolland
CS 40072
75685 Paris Cedex 14 (FR)

(30) Priorité: **14.12.2023 FR 2314166**

(71) Demandeur: **THALES**
92190 Meudon (FR)

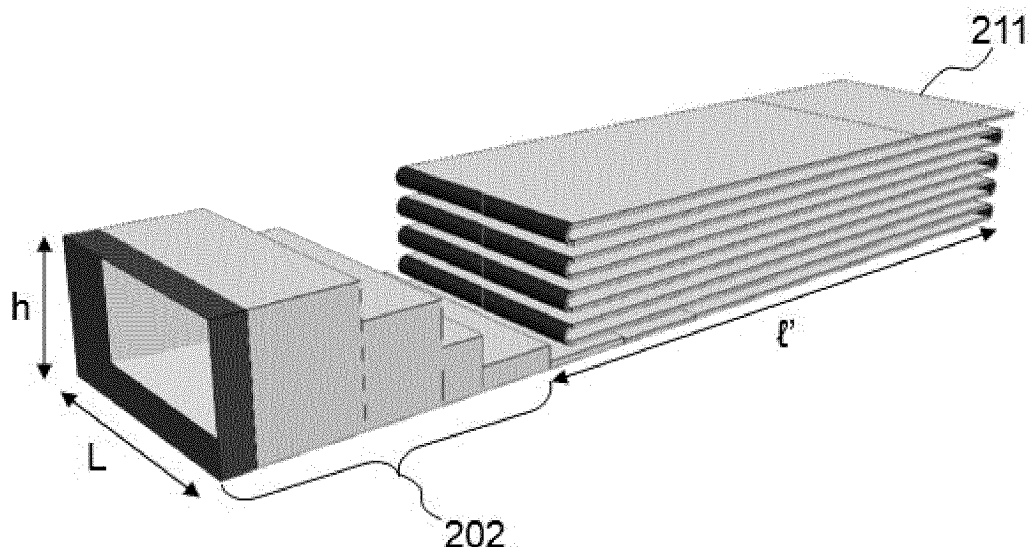
(54) **CHARGE POUR CIRCUIT HYPERFRÉQUENCE**

(57) L'invention porte sur une charge pour la terminaison d'un guide d'onde (110) dans un circuit hyperfréquence. La charge est configurée pour former une ligne de transmission (211) terminée par un court-circuit à l'extrémité du guide d'onde, les dimensions de la ligne de transmission étant choisies de manière à augmenter l'intensité des courants des ondes électromagnétiques transportés depuis le guide d'onde vers la charge. La

charge comprend en outre une ligne de transmission de hauteur non uniforme (202) configurée pour réaliser l'adaptation d'impédance entre le guide d'onde et la ligne de transmission (211). La ligne de transmission est repliée sur elle-même.

L'invention porte également sur la fabrication de la charge par un procédé de fabrication additive.

[Fig. 2b]



EP 4 572 004 A1

Description

Domaine technique :

[0001] L'invention se situe dans le domaine des hyperfréquences, et porte plus particulièrement sur la réalisation d'une charge, c'est-à-dire un composant destiné à être fixé en bout de guide d'onde, et dont la fonction est d'absorber l'énergie RF qui lui est délivrée et de la transformer en énergie thermique.

Technique antérieure :

[0002] Les charges (en anglais *load* ou *termination load*) sont des composants hyperfréquence destinés à transformer en énergie électromagnétique qui leur est transmise en énergie thermique afin de la dissiper. Elles servent à faire disparaître des signaux n'ayant pas d'intérêt. On en trouve par exemple fréquemment en association avec des coupleurs, afin d'orienter la puissance du signal, ou avec des circulateurs configurés pour jouer le rôle d'isolateurs.

[0003] La solution la plus répandue de l'état de l'art pour une charge hyperfréquence consiste à insérer dans une portion de guide d'onde court-circuitée un matériau absorbant tel que le carbure de silicium (SiC) ou l'Eccosorb™, l'Eccosorb™ étant un matériau rigide composé de barres ou de feuilles d'époxydes chargées magnétiquement.

[0004] La figure 1 représente une charge guidée selon l'état de l'art. La charge 100 comprend une bride 101, par laquelle elle est raccordée au guide d'onde 110 dont elle doit servir de terminaison, nommé par la suite « guide d'onde à terminer ». La bride 101 pourrait être remplacée par n'importe quel moyen de maintien. Par exemple, la charge 100 pourrait être soudée au guide d'onde. Elle comprend ensuite deux parties distinctes : une partie guide d'onde 102, en aluminium, et une partie absorbante 103, en carbure de silicium ou en Eccosorb™.

[0005] Cette solution présente cependant plusieurs défauts :

- l'usinage de la partie absorbante 103 est complexe, de même que l'assemblage précis de la partie absorbante 103 avec le guide d'onde 102. La fabrication de la charge 101 est donc complexe et coûteuse,
- les matériaux absorbants, en particulier le silicium de carbure, présentent une instabilité en température. Les performances de la charge ne sont donc pas stables dans le temps,
- communiquer la chaleur du matériau absorbant 103 vers le métal du guide d'onde 102 pour la dissiper est complexe, ce qui peut entraîner des limitations sur les cas applications en fonction de la puissance des signaux absorbés,

- les délais de fabrication sont longs.

[0006] Un but de l'invention est donc de proposer une charge hyperfréquence qui soit peu complexe et peu coûteuse à fabriquer, sans matériau absorbant, et qui présente de bonnes performances, afin de pouvoir être utilisée en lieu et place des charges à base de matériau absorbant.

[0007] En outre, certains équipements, comme par exemple les antennes satellites, peuvent contenir plusieurs centaines de charges. Un autre but de l'invention est donc de proposer une solution compacte et pouvant être intégrée facilement dans le design d'un équipement de radiocommunications.

Résumé de l'invention :

[0008] A cet effet, la présente invention porte sur une charge configurée pour maximiser la dissipation des signaux en exploitant les pertes par courants de surface des guides d'ondes. La charge proposée est totalement métallique, ce qui lui permet d'être fabriquée très simplement, et de s'intégrer facilement au sein du design d'un équipement.

[0009] Elle décrit une charge pour la terminaison d'un guide d'onde dans un circuit hyperfréquence. La charge est configurée pour former une ligne de transmission terminée par un court-circuit à l'extrémité du guide d'onde. Les dimensions de la ligne de transmission sont choisies de manière à augmenter l'intensité des courants des ondes électromagnétiques transportés depuis le guide d'onde vers la charge dans la gamme de fréquence appropriée.

[0010] La charge selon l'invention comprend en outre une ligne de transmission de hauteur non uniforme configurée pour réaliser l'adaptation d'impédance entre le guide d'onde et la ligne de transmission. Dans l'invention, la ligne de transmission est repliée sur elle-même.

[0011] Avantageusement, la ligne de transmission a une section inférieure à la section du guide d'onde dans au moins une direction.

[0012] Avantageusement, la ligne de transmission a une longueur supérieure à dix fois la longueur d'onde de signaux transportés par le guide d'onde.

[0013] Dans un mode de réalisation de l'invention, la ligne de transmission terminée par un court-circuit est formée par un guide d'onde.

[0014] Avantageusement, la charge selon l'invention comprend une bride par laquelle elle est destinée à être raccordée à une bride du guide d'onde à charger. L'extrémité de la ligne de transmission est ouverte, l'extrémité ouverte étant logée dans la bride de manière à former un court-circuit par fixation de la bride de la charge sur la bride de l'élément à charger.

[0015] Avantageusement, la charge selon l'invention comprend en outre des serpentins configurés pour permettre la circulation d'un liquide de refroidissement.

[0016] Dans un autre mode de réalisation de l'inven-

tion, la ligne de transmission terminée par un court-circuit est formée par un câble coaxial.

[0017] Avantageusement, la charge selon l'invention est intégralement métallique. Elle peut alors avantageusement être réalisée par fabrication additive.

[0018] Avantageusement, elle est formée dans un métal dont la conductivité est inférieure à la conductivité du guide d'onde.

[0019] Avantageusement, elle est traitée de manière à dégrader la porosité du métal qui la compose.

[0020] L'invention porte également sur un procédé de fabrication d'une charge par fabrication additive, le procédé comprenant les étapes de :

- obtention d'un fichier électronique représentant une géométrie d'une charge selon l'invention, et
- contrôle d'un dispositif de fabrication additive pour fabriquer la charge selon la géométrie spécifiée dans ledit fichier électronique.

[0021] Enfin, l'invention porte sur un produit programme d'ordinateur comprenant des instructions exécutables par ordinateur qui, lorsqu'exécutées par un processeur, permettent de contrôler un dispositif de fabrication additive pour fabriquer une charge selon l'invention.

Brève description des figures :

[0022] L'invention sera mieux comprise et d'autres caractéristiques, détails et avantages apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit, donnée à titre non limitatif, et grâce aux figures annexées qui suivent, données à titre d'exemple, parmi lesquelles :

[Fig. 1] La figure 1 représente une charge guidée selon l'état de l'art ;

[Fig. 2a] La figure 2a représente les principes inhérents à une charge selon l'invention.

[Fig. 2b] La figure 2b représente un mode de réalisation d'une charge selon l'invention comprenant un guide d'onde de grande longueur replié sur lui-même.

[Fig. 2c] La figure 2c représente un mode de réalisation d'une charge selon l'invention comprenant un guide d'onde de grande longueur replié sur lui-même.

[Fig. 2d] La figure 2d représente une vue en coupe longitudinale d'un mode de réalisation de l'invention comprenant un guide d'onde de grande longueur replié sur lui-même.

[Fig. 2e] La figure 2e représente une vue présentant toutes les arrêtes de la charge de la figure 2d.

[Fig. 2f] La figure 2f donne un exemple des performances d'absorptions d'une charge selon un mode de réalisation correspondant à celui de la figure 2d.

[Fig. 3a] La figure 3a représente les principes liés à un autre mode de réalisation d'une charge selon l'invention comprenant un câble coaxial métallique de grande longueur.

[Fig. 3b] La figure 3b représente une vue en perspective d'une charge terminée par un câble coaxial.

[Fig. 3c] La figure 3c représente un mode de réalisation d'une charge selon l'invention comprenant un câble coaxial de grande longueur replié sur lui-même.

[0023] Des références identiques sont utilisées dans des figures différentes lorsque les éléments désignés sont les mêmes.

Description détaillée :

[0024] Un guide d'onde est un dispositif tubulaire métallique permettant de guider les ondes électromagnétiques tout en les maintenant confinées. Ils sont donc utilisés comme lignes de transmissions, typiquement pour faire le lien entre un équipement d'émission ou de réception et son antenne. Les guides d'ondes peuvent avoir des sections rondes ou ovales, mais ont la plupart du temps des sections rectangulaires et sont creux.

[0025] A l'intérieur d'un guide d'onde, la propagation des ondes électromagnétiques se fait par réflexions. La manière dont les ondes électromagnétiques se propagent varie en fonction du format du guide d'onde : la taille des guides d'ondes est choisie en fonction de la bande de fréquence des signaux à transmettre. Pour un guide d'onde à section rectangulaire, on notera L la largeur du guide d'onde et h la hauteur de sa section, avec $L \geq h$. La hauteur h du guide d'onde influe sur l'intensité des courants qui s'y propagent, qui augmente lorsque la hauteur du guide diminue. La plupart des guides d'onde ont une hauteur égale à la moitié de leur largeur, car cette configuration est optimale en termes de propagation.

[0026] Par la suite, l'invention est illustrée par des modes de réalisation visant à terminer un guide d'onde rectangulaire car c'est le type de guide d'onde le plus répandu. Cependant, les principes énoncés s'appliquent également pour des guides d'ondes ayant des sections circulaires, ovales, ou autres.

[0027] L'invention propose de réaliser une charge, non pas par l'insertion d'un matériau absorbant dans un guide d'onde métallique, mais en exploitant les pertes inhérentes à une ligne de transmission, en faisant transiter l'onde électromagnétique dans un environnement défavorable à sa propagation. La charge selon l'invention peut être totalement métallique, ce qui permet de pouvoir l'usiner de manière simple, comme par exemple par fabrication

additive.

[0028] L'invention décrit une charge conçue comme une ligne de transmission dimensionnée de manière à maximiser les pertes. Pour ceci, la charge selon l'invention est configuré pour former une ligne de transmission terminée par un court-circuit (en anglais *stub*) positionnée à l'extrémité du guide d'onde à terminer. La ligne de transmission formée par la charge selon l'invention a une hauteur réduite par rapport à la hauteur du guide d'onde à terminer, ce qui a pour effet d'augmenter l'intensité des tensions et courants transportés dans le guide d'onde, et par conséquent les pertes par échauffement du support lors de la réflexion de l'onde électromagnétique.

[0029] La figure 2a représente les principes inhérents à une charge 200 selon l'invention. Les flèches verticales représentent l'amplitude du champ électrique.

[0030] La charge 200 selon l'invention comprend une ligne de transmission 201 mise en oeuvre sous la forme d'un guide d'onde de largeur L , de hauteur h' et de longueur l . Le guide d'onde 201 est terminé par une cloison, qui réalise un court-circuit au bout de la ligne de transmission. La hauteur h' du guide d'onde 201 est inférieure à la hauteur h du guide d'onde à terminer. Plus la hauteur h' est faible, plus les intensités des courants et tensions, et par conséquent les pertes par échauffement du guide d'onde, augmentent. La hauteur h' et la longueur l du guide d'onde 201 sont donc choisies en fonction de l'adaptation recherchée par la charge, l'adaptation étant la capacité de la charge à absorber de l'énergie, en prenant en compte la fréquence de fonctionnement et la conductivité du métal utilisé pour le guide d'onde. La mesure des pertes induites par un guide d'onde est une pratique habituelle pour l'homme du métier, que ce soit de manière théorique, en utilisant un outil de simulation ou par expérimentation. En tout état de cause, le guide d'onde 201 aura une longueur très supérieure à la longueur d'onde λ des signaux reçus du guide d'onde, par exemple supérieure à dix fois la longueur d'onde, et avantageusement supérieure à quinze fois la longueur d'onde.

[0031] La charge 201 comprend également une ligne de transmission à hauteur variable 202, plus connue sous le terme anglais de *taper*, configurée pour réaliser l'adaptation d'impédance entre le guide d'onde à terminer et le guide d'onde 201. En effet, sans adaptation d'impédance entre les deux guides de hauteurs différentes, une partie des ondes électromagnétiques serait réfléchiée par la charge, qui ne jouerait alors pas son rôle d'absorbeur de puissance.

[0032] Selon la manière dont la charge doit être raccordée au guide d'onde à terminer, elle peut être équipée ou non d'un moyen de fixation tel qu'une bride (non représentée).

[0033] Dans le cas d'un guide d'onde à terminer ayant une section en forme d'ellipse, l'invention peut être mise en oeuvre en reliant ce guide d'onde à un guide d'onde ellipsoïdal dont la dimension est réduite selon au moins un axe (la largeur du guide d'onde à terminer devant être

maintenue sur l'ensemble du chemin de l'onde pour qu'elle se propage).

[0034] Avantageusement, dans ce mode de réalisation et les suivants, la charge 200 totalement métallique peut être réalisée dans un métal ou alliage de métaux présentant de fortes pertes par conductivité, comme par exemple le titane ou l'Inconel™. En effet, les guides d'ondes sont généralement en aluminium, qui présente de bonnes propriétés de conductivité et un faible poids. Les pertes de propagation augmentent quand la conductivité du support diminue. En utilisant un métal dont la conductivité est inférieure à celle de l'aluminium, les pertes de la charge selon l'invention sont donc augmentées. A titre d'exemple, pour un niveau de performances égales, la taille l du guide d'onde 201 dans une charge selon l'invention est divisée par deux entre un guide d'onde en aluminium (conductivité électrique de 36.9 MSiemens/m) et un guide en titane (conductivité électrique de 2.4 MSiemens/m).

[0035] Avantageusement encore, dans ce mode de réalisation et les suivants, la charge 200 peut être conçue dans un métal traité de manière à en dégrader la porosité. Par exemple, la charge peut être conçue par une technique de fabrication additive. On appelle fabrication additive la conception de pièces métalliques en trois dimensions à partir de fines couches successives de poudre métallique mises en fusion par un faisceau laser couplé à un modèle CAO de la pièce à produire. La pièce est alors construite couche par couche, contrairement à l'usinage, qui procède par enlèvement de matière. C'est l'équivalent de l'impression 3D pour du métal. La fabrication additive permet de concevoir rapidement et facilement des pièces métalliques présentant une porosité (R_a) dégradée, avec typiquement une conductivité diminuée d'un facteur 5 à 10. Cette dégradation de la porosité de la charge diminue la conductivité équivalente du métal utilisé pour réaliser la charge, ce qui augmente encore les pertes et correspond à l'objectif recherché.

[0036] La porosité de la charge peut également être dégradée artificiellement par la fabrication additive, ou par toute autre méthode, comme par exemple en utilisant des traitements chimiques.

[0037] La mise en oeuvre de ce mode de réalisation pour terminer un guide d'onde en technologie WR51 (guide d'onde à terminer de largeur $L = 12.954\text{ mm}$ et de hauteur $h = 6.477\text{ mm}$) montre qu'une adaptation de 25 dB est atteignable avec une charge en titane additif (poreux) dont la ligne de transmission 201 est de hauteur $h' = 0.3\text{ mm}$ et de longueur comprise entre 10 et 20 fois la longueur d'onde des signaux transmis par le guide d'onde à terminer.

[0038] La charge 200 selon l'invention répond donc au besoin exprimé de dissiper thermiquement l'énergie électromagnétique qui lui est fournie. Plutôt que de l'absorber, l'énergie est directement dissipée par un guide d'onde métallique présentant des pertes importantes. Cependant, la dimension de la charge, principalement liée à la longueur du guide d'onde 201, ne permet pas une

utilisation simple de la charge.

[0039] La figure 2b représente un premier mode de réalisation de l'invention, comparable à celui de la figure 2a, mais dans lequel le guide d'onde 211 est replié sur lui-même de manière à former des méandres. La disposition du guide d'onde 211 permet de réduire les dimensions de la charge 200. Le guide d'onde 211 a toujours une longueur / lorsque déplié, mais les repliements lui permettent de ne plus occuper qu'une longueur équivalente / inférieure à /. Ce mode de réalisation est donc équivalent à celui de la figure 1 en termes de performances, tout en étant plus compact.

[0040] La figure 2c représente un autre mode de réalisation d'une charge selon l'invention. Celui-ci diffère du mode de réalisation présenté à la figure 2b en ce que le guide d'onde 221 est replié sur lui-même et occupe les espaces libérés au-dessus de la ligne de transmission à hauteur variable 202. Ce mode de réalisation permet d'encore diminuer la longueur / occupée par le guide d'onde 221. En effet, le repliement du guide d'onde 221 n'est régi par aucune règle particulière, ce qui permet au guide d'onde 221 de pouvoir être agencé dans des zones non utilisées de l'équipement.

[0041] La figure 2d représente une vue en coupe longitudinale d'un mode de réalisation de l'invention dans lequel la charge comprend une bride 232 pour une fixation bride contre bride avec le guide d'onde à terminer. Dans ce mode de réalisation, le guide d'onde 231 est replié et occupe les espaces libres sous la ligne de transmission à hauteur variable 202. Il se termine en 233 au niveau de la bride 232, et ne présente pas de cloison finale. La cloison finale du guide d'onde 231, qui réalise le court-circuit de la ligne de transmission, est formée par la bride du guide d'onde à terminer, lors du raccordement de la charge.

[0042] Ce mode de réalisation est particulièrement avantageux lorsque la charge est réalisée en fabrication additive. En effet, ce mode de fabrication peut laisser des résidus de poudre dans le guide d'onde 231, qui viennent modifier les propriétés de propagation et donc les performances, dans des proportions non maîtrisées. Le mode de réalisation de la figure 2d permet d'évacuer ces résidus de poudre après la fabrication, par exemple en injectant de l'air ou un liquide sous pression par la ligne de transmission à hauteur variable 202, l'air ou le liquide traversant l'ensemble du guide d'onde 231 avant d'être expulsé par l'orifice 233.

[0043] La figure 2e représente une vue présentant toutes les arrêtes de la charge de la figure 2d.

[0044] La figure 2f donne un exemple des performances d'absorptions d'une charge selon un mode de réalisation correspondant à celui de la figure 2d. Les résultats sont mesurés dans le cas d'un guide d'onde en technologie WR51 sur la bande de fréquence Ka (mesurée ici entre 17.75 GHz et 21.25 GHz). La charge est réalisée en titane, et comprend un guide d'onde 231 de hauteur $h' = 0.2$ mm et de longueur 250 mm lorsque déroulé. Une fois replié, l'ensemble de la charge mesure

40 mm de longueur. La charge est donc très compacte.

[0045] Comme indiqué sur la figure 2f, la charge selon l'invention présente une adaptation supérieure à 20 dB sur l'ensemble de la bande.

5 **[0046]** La charge selon l'invention peut être réalisée d'une seule pièce, par fabrication additive, ce qui la rend peu coûteuse, peu complexe à réaliser, et répliquable à l'infini à partir d'un fichier 3D.

10 **[0047]** En outre, elle peut s'intégrer facilement dans le design d'un composant quelconque (par exemple un coupleur ou une source d'antenne), et être fabriquée conjointement à ce composant. Sa forme peut alors être adaptée à celle du composant de manière à occuper des espaces perdus. Une telle fabrication conjointe diminue le volume de l'ensemble, les coûts de fabrication, et améliore la fiabilité du composant.

15 **[0048]** En outre, la fabrication additive rend possible l'enlacement de serpentins dédiés à la circulation d'un liquide de refroidissement directement dans la charge (par exemple entre les replis du guide d'onde 211), afin d'améliorer la dissipation de l'énergie thermique produite.

20 **[0049]** Dans les figures 2b à 2e, la charge est repliée sur elle-même par des coudes à 180°. Cependant, de nombreuses autres manières de replier la ligne de transmission sont possibles, permettant d'aboutir au même résultat de réduction de la taille de la charge, par exemple en la roulant sur elle-même sous la forme d'une spirale, ou en la disposant de manière à former une ligne brisée formant des angles alternativement saillants et rentrants (zig-zag).

30 **[0050]** La figure 3a présente les principes liés à un autre mode de réalisation d'une charge selon l'invention. Dans ce mode de réalisation, la charge 300 comprend une ligne de transmission 301 sous la forme d'un câble coaxial métallique dont le diamètre est inférieur à la hauteur h du guide d'onde auquel la charge est raccordée. Le câble coaxial est terminé par un court-circuit. Les flèches représentent le champ électrique.

35 **[0051]** La longueur / du câble coaxial est choisie en fonction du niveau d'adaptation recherché et de la conductivité du câble coaxial. Dans un câble coaxial, le champ électrique s'étend entre l'âme et le blindage du câble. Le câble coaxial est alors avantageusement choisi comme ayant le plus petit écart possible entre l'âme et le blindage, afin d'augmenter l'intensité du courant et des tensions qui se propagent à l'intérieur, et donc les pertes thermiques. Avantageusement, l'âme du câble peut être réalisée dans un matériau à faible conductivité, comme le titane. Avantageusement toujours, le câble coaxial ne comporte pas de matériau diélectrique positionné entre l'âme et le blindage, des moyens de fixation permettant d'assurer le maintien de l'âme en position et d'éviter les contacts avec le blindage. Des résultats satisfaisants ont été obtenus à 20 GHz avec un câble coaxial de 0.2 mm de rayon et de 300 mm de longueur.

50 **[0052]** La charge comprend également un dispositif de transition guide / coaxial (TGC) 302 configuré pour per-

mettre la transition entre la propagation guidée le long d'un guide d'onde et la propagation coaxiale. Ce dispositif réalise en outre l'adaptation d'impédance entre les deux lignes de transmission, afin d'éviter les réflexions des ondes électromagnétiques. De tels dispositifs sont bien connus de l'homme du métier et sont disponibles à faible coût.

[0053] La figure 3b représente une vue en perspective d'une charge terminée par un câble coaxial.

[0054] Tout comme les modes de réalisation présentés aux figures 2a à 2e, la charge des figures 3a et 3b présente l'avantage de pouvoir être totalement métallique. Cependant, son encombrement peut être important.

[0055] La figure 3c représente un mode de réalisation d'une charge selon l'invention, dans lequel la ligne de transmission est mise en oeuvre par un câble coaxial. Afin de limiter la place occupée par le câble coaxial 303, celui-ci est replié sur lui-même, ou enroulé, de manière à former un ou plusieurs méandres. Ce mode de réalisation présente l'avantage d'occuper moins de place que celui de la figure 3a. Une attention particulière doit être portée afin d'éviter les courts-circuits entre l'âme et le blindage du câble coaxial, en particulier dans les virages.

[0056] Les différents modes de réalisation présentés d'une charge selon l'invention atteignent bien les objectifs souhaités. Par l'utilisation de lignes de transmission à forte pertes, elles rendent possible la fabrication d'une charge sans matériau absorbant, ce qui présente un intérêt important en termes de stabilité en température, stabilité dans le temps, coûts, temps et difficultés de fabrication. La charge métallique selon l'invention est soit entièrement métallique (cas des figures 2b à 2g), soit réalisée à partir de composants grands publics peu complexes (figure 3c). L'invention peut être agencée de différentes manières présentant chacune des caractéristiques de performance, complexité de fabrication et compacité particulières. Enfin, les charges selon l'invention peuvent être encore améliorées par l'utilisation de métaux à faible conductivité, généralement peu envisagées pour la fabrication de matériaux hyperfréquence, en les réalisant par des procédés de fabrication additive, ou en les soumettant à des traitements chimiques destinés à augmenter leur porosité.

[0057] L'invention porte également sur un procédé de fabrication d'une charge par fabrication additive. Comme indiqué précédemment, la fabrication additive permet de concevoir rapidement et simplement des charges métalliques ayant une porosité dégradée, ce qui est habituellement problématique mais se révèle avantageux dans le cadre d'une charge puisque cette dégradation de la porosité diminue la conductivité équivalente du métal utilisé pour réaliser la charge, ce qui augmente encore les pertes et correspond à l'objectif recherché.

[0058] Le procédé selon l'invention comprend les étapes de :

- obtention d'un fichier électronique représentant une

géométrie d'une charge selon l'invention, et

- contrôle d'un dispositif de fabrication additive pour fabriquer la charge selon la géométrie spécifiée dans ledit fichier électronique.

[0059] Plus précisément, le fichier électronique peut être obtenu par modélisation logicielle (en anglais Computer Aided Design, ou CAD) et/ou par balayage de la surface de la charge pour mesurer sa configuration surfacique (en anglais scanning). De nombreux formats de fichiers sont possibles, comme par exemple les fichiers de type Stereolithography ou "Standard Tessellation Language" (fichiers .stl), Additive Manufacturing File (fichiers .amf), AutoCad (fichiers .dwg), Blender (fichiers .blend), Parasolid (fichiers .x_t), 3D Manufacturing Format (fichiers .3mf), Autodesk (fichiers 3ds), Collada (fichiers .dae) and Wavefront (fichiers .obj), entre autres.

[0060] Une fois obtenu, le fichier électronique peut être converti en un ensemble d'instructions exécutables par un processeur, lui permettant de contrôler un dispositif de fabrication additive afin de produire la charge selon l'arrangement géométrique considéré. La conversion peut consister à convertir le fichier en un ensemble de couches devant être formées séquentiellement par le dispositif de fabrication additive. Le dispositif de fabrication additive (imprimante 3D) exécute les instructions qui lui sont transmises pour fabriquer la charge selon l'invention.

[0061] Le fichier électronique peut être enregistré sous différents formats, et enregistré sur un support de stockage apte à être lu par un ordinateur.

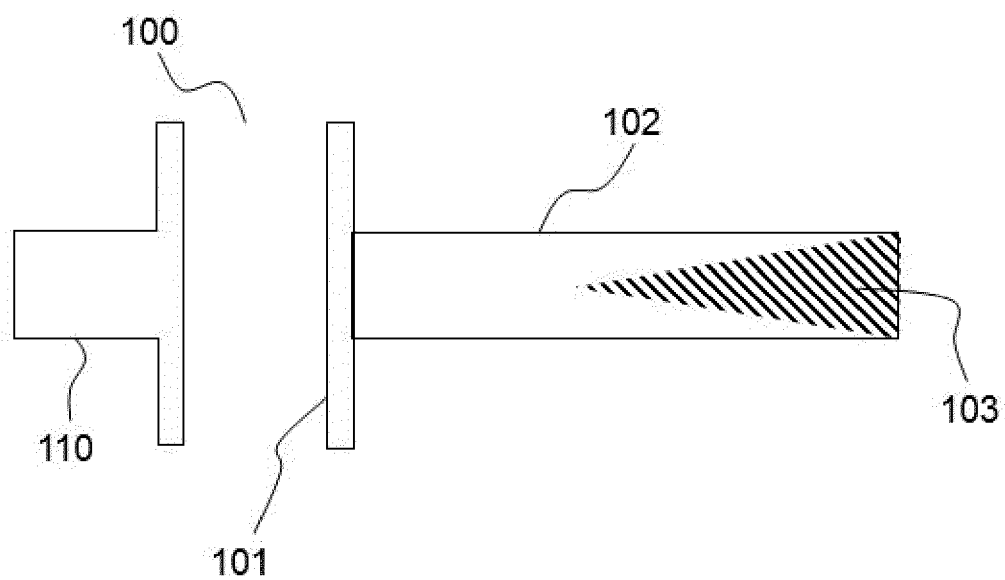
Revendications

1. Charge (200, 300, 400) pour la terminaison d'un guide d'onde (110) dans un circuit hyperfréquence, ladite charge étant configurée pour former une ligne de transmission (201, 301) terminée par un court-circuit à l'extrémité du guide d'onde, les dimensions de la ligne de transmission étant choisies de manière à augmenter l'intensité des courants des ondes électromagnétiques transportés depuis le guide d'onde vers la charge, la charge comprenant en outre une ligne de transmission de hauteur non uniforme (202, 302) configurée pour réaliser l'adaptation d'impédance entre le guide d'onde (110) et ladite ligne de transmission, la charge étant **caractérisée en ce que** la ligne de transmission est repliée sur elle-même.
2. Charge selon la revendication 1, dans laquelle ladite ligne de transmission a une section inférieure à la section du guide d'onde dans au moins une direction.
3. Charge selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle ladite ligne de transmission a une

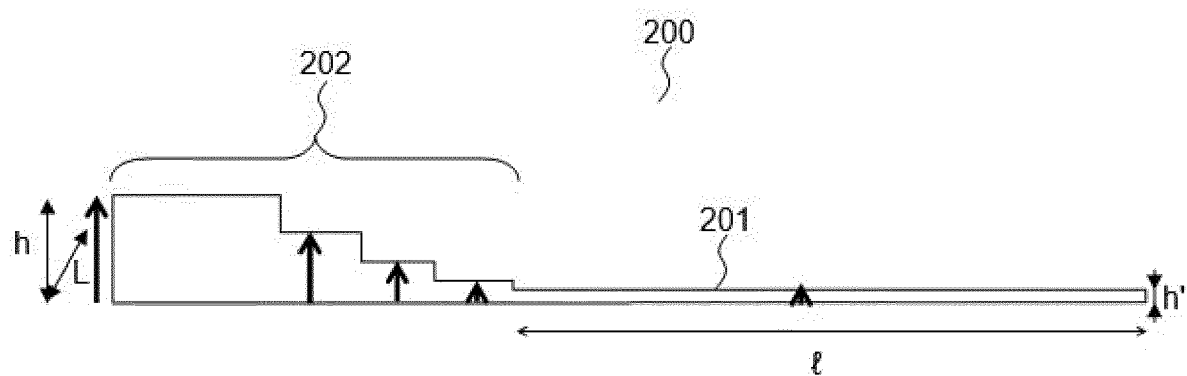
longueur supérieure à dix fois la longueur d'onde de signaux transportés par le guide d'onde.

4. Charge selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle ladite ligne de transmission terminée par un court-circuit est formée par un guide d'onde (201). 5
5. Charge selon la revendication 4, comprenant une bride (232) par laquelle elle est destinée à être raccordée à une bride du guide d'onde à charger, et dans laquelle l'extrémité de la ligne de transmission est ouverte, l'extrémité ouverte (233) étant logée dans la bride de manière à former un court-circuit par fixation de la bride de la charge sur la bride de l'élément à charger. 10 15
6. Charge selon l'une des revendications 4 et 5, comprenant en outre des serpentins configurés pour permettre la circulation d'un liquide de refroidissement. 20
7. Charge selon l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle ladite ligne de transmission terminée par un court-circuit est formée par un câble coaxial (301). 25
8. Charge selon l'une des revendications précédentes, intégralement métallique.
9. Charge selon la revendication 8, réalisée par fabrication additive. 30
10. Charge selon l'une des revendications précédentes, formée dans un métal dont la conductivité est inférieure à la conductivité du guide d'onde. 35
11. Charge selon l'une des revendications précédentes, traitée de manière à dégrader la porosité du métal qui la compose. 40
12. Procédé de fabrication d'une charge par fabrication additive, le procédé comprenant les étapes de :
 - obtention d'un fichier électronique représentant une géométrie d'une charge selon l'une des revendications 1 à 11, et 45
 - contrôle d'un dispositif de fabrication additive pour fabriquer la charge selon la géométrie spécifiée dans ledit fichier électronique. 50
13. Produit programme d'ordinateur comprenant des instructions exécutables par ordinateur qui, lorsqu'exécutées par un processeur, permettent de contrôler un dispositif de fabrication additive pour fabriquer une charge selon l'une des revendications 1 à 11. 55

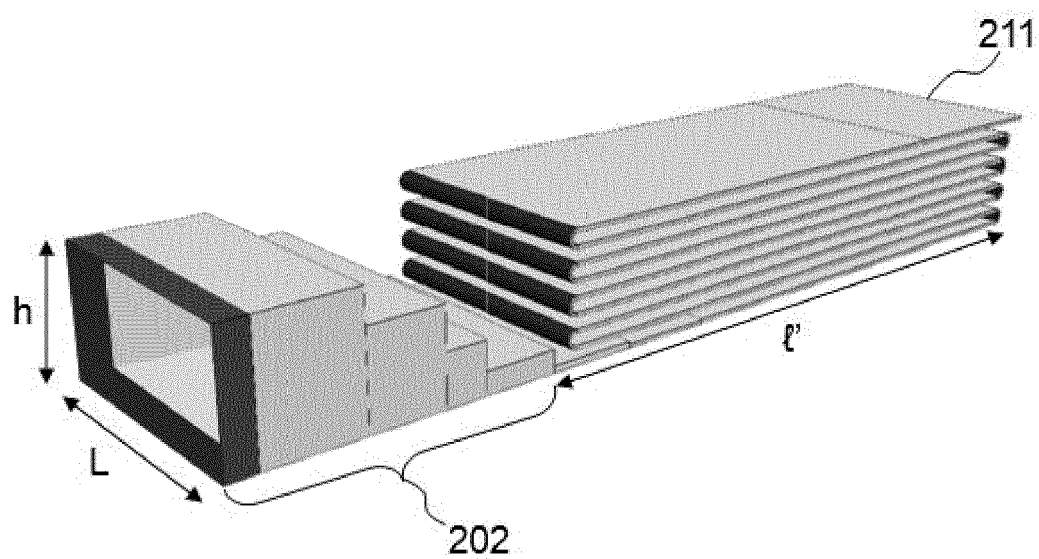
[Fig. 1]



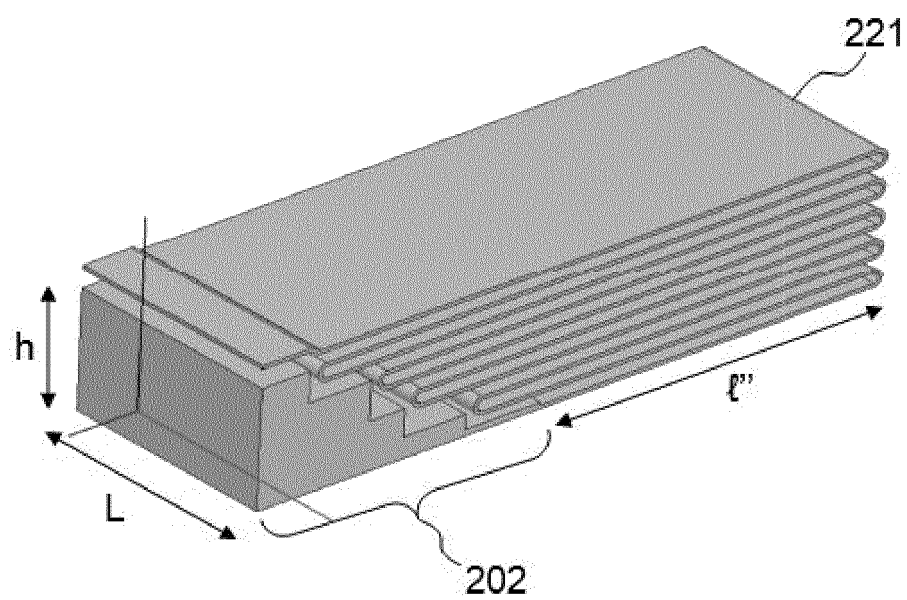
[Fig. 2a]



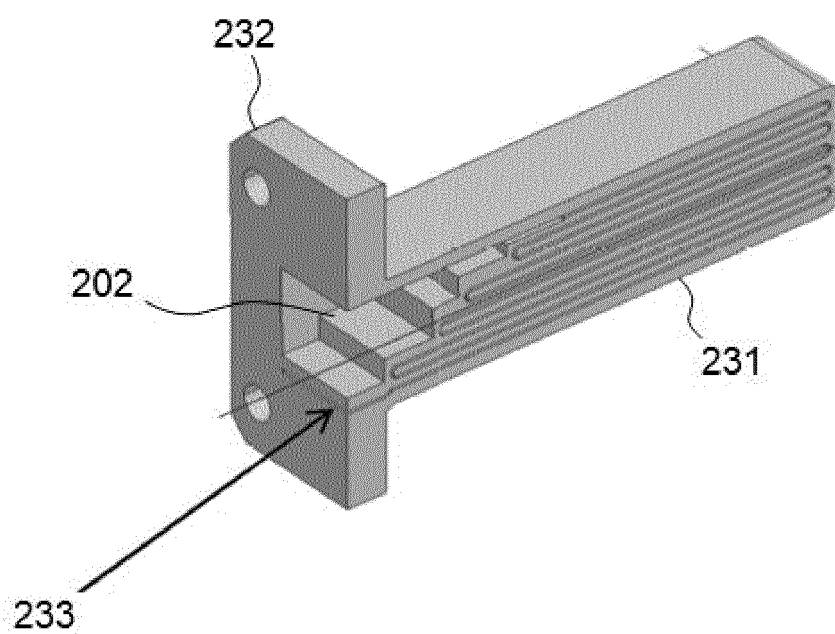
[Fig. 2b]



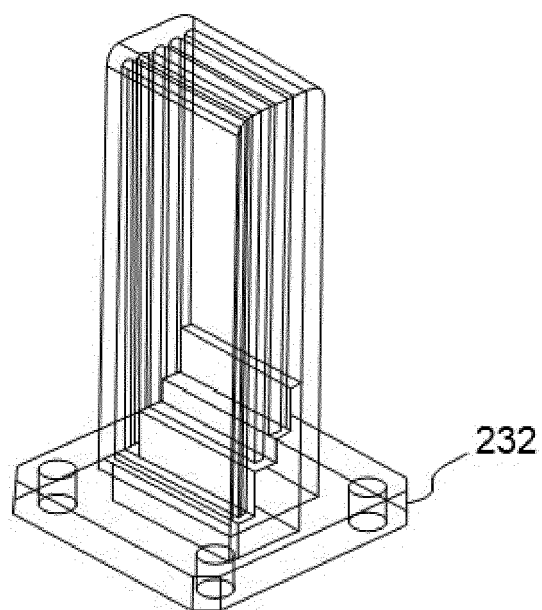
[Fig. 2c]



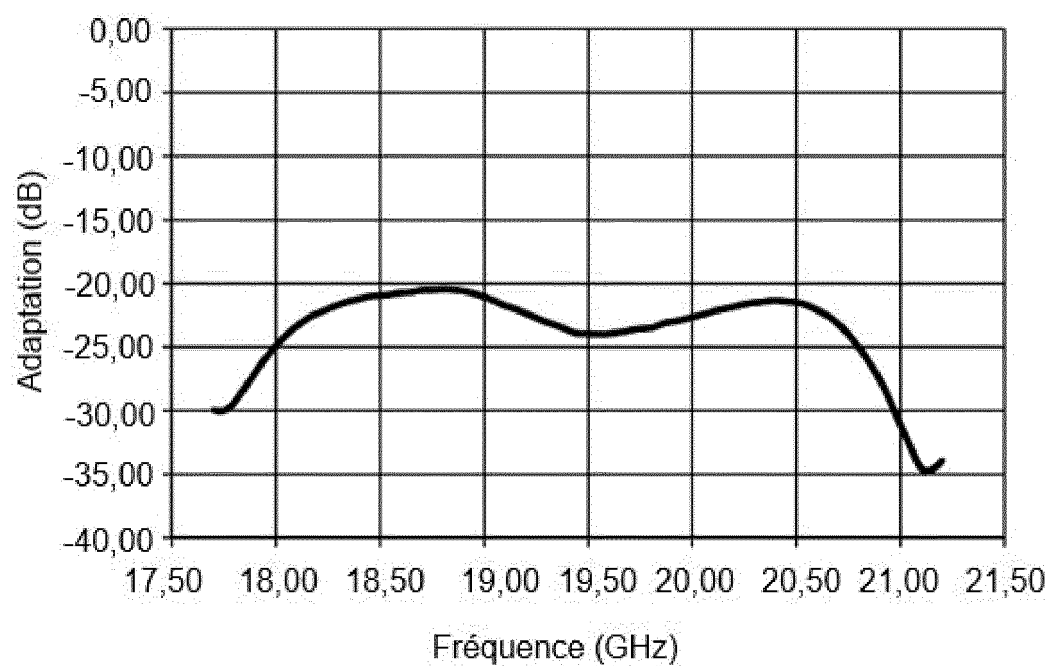
[Fig. 2d]



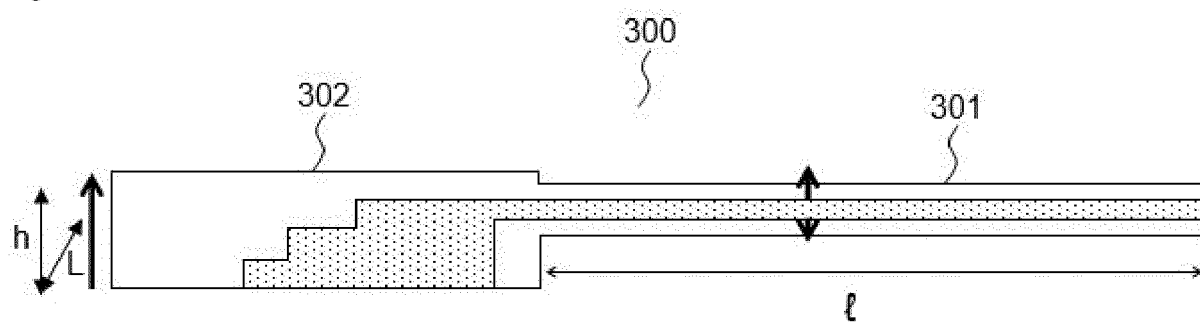
[Fig. 2e]



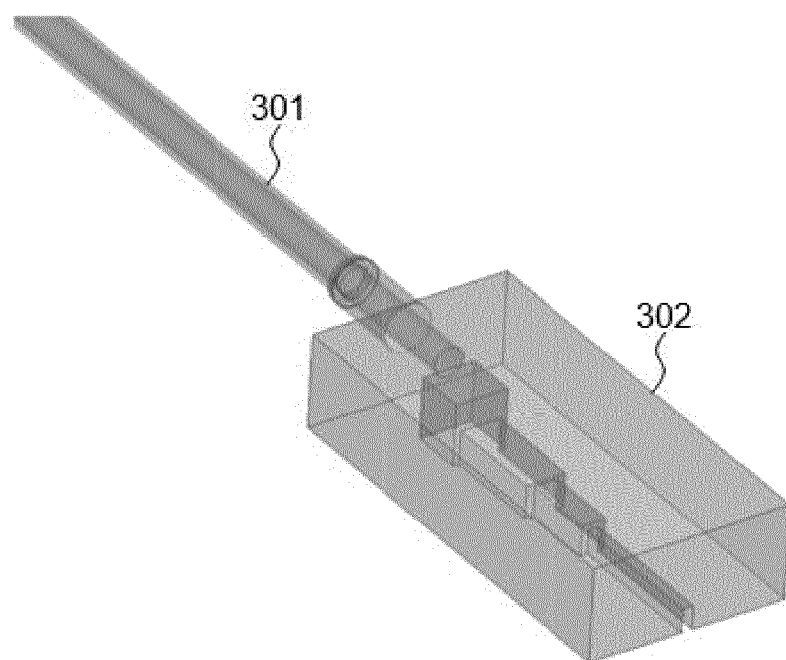
[Fig. 2f]



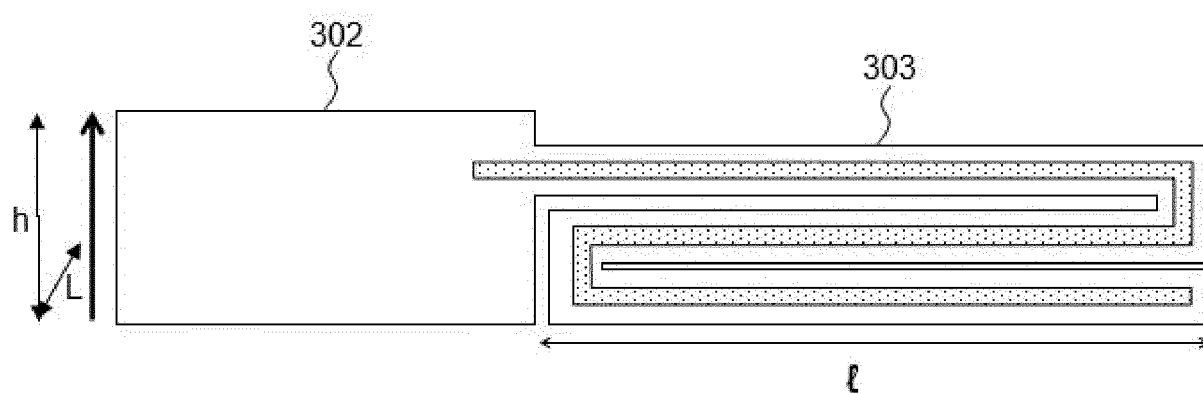
[Fig. 3a]



[Fig. 3b]



[Fig. 3c]





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 24 21 8518

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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	US 3 940 719 A (BOOTH ALFRED E) 24 février 1976 (1976-02-24) * colonne 2 - colonne 5; figures 1-3 * -----	1-13	INV. H01P1/26
X	CN 117 039 376 A (UESTC) 10 novembre 2023 (2023-11-10) * alinéa [0014] - alinéa [0019] * * alinéa [0032] - alinéa [0039]; figure 1 * -----	1,2,4, 8-10,12, 13	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) H01P
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 22 avril 2025	Examineur Hueso González, J
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	

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

EP 24 21 8518

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.
22 - 04 - 2025

10	Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
	US 3940719 A	24 - 02 - 1976	AUCUN	
15	CN 117039376 A	10 - 11 - 2023	AUCUN	
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