



(86) **Date de dépôt PCT/PCT Filing Date:** 2013/10/21
 (87) **Date publication PCT/PCT Publication Date:** 2014/05/08
 (85) **Entrée phase nationale/National Entry:** 2015/04/16
 (86) **N° demande PCT/PCT Application No.:** FR 2013/052511
 (87) **N° publication PCT/PCT Publication No.:** 2014/068219
 (30) **Priorité/Priority:** 2012/10/29 (FR1260289)

(51) **Cl.Int./Int.Cl. G01R 31/02** (2006.01),
B64C 1/00 (2006.01), **G01R 31/00** (2006.01),
H01R 25/14 (2006.01), **H02G 3/36** (2006.01),
H02J 13/00 (2006.01), **G01R 15/14** (2006.01)
 (71) **Demandeur/Applicant:**
 LABINAL, FR
 (72) **Inventeurs/Inventors:**
 LEBRETON, THIBAUD, FR;
 AYME, ARNAUD CAMILLE, FR
 (74) **Agent:** ROBIC

(54) **Titre : SYSTEME ET PROCEDURE DE SURVEILLANCE D'UN RESEAU MAILLE DE RETOUR DE COURANT D'UN AERONEF**
 (54) **Title: SYSTEM AND METHOD FOR MONITORING A MESHED CURRENT RETURN NETWORK OF AN AIRCRAFT**

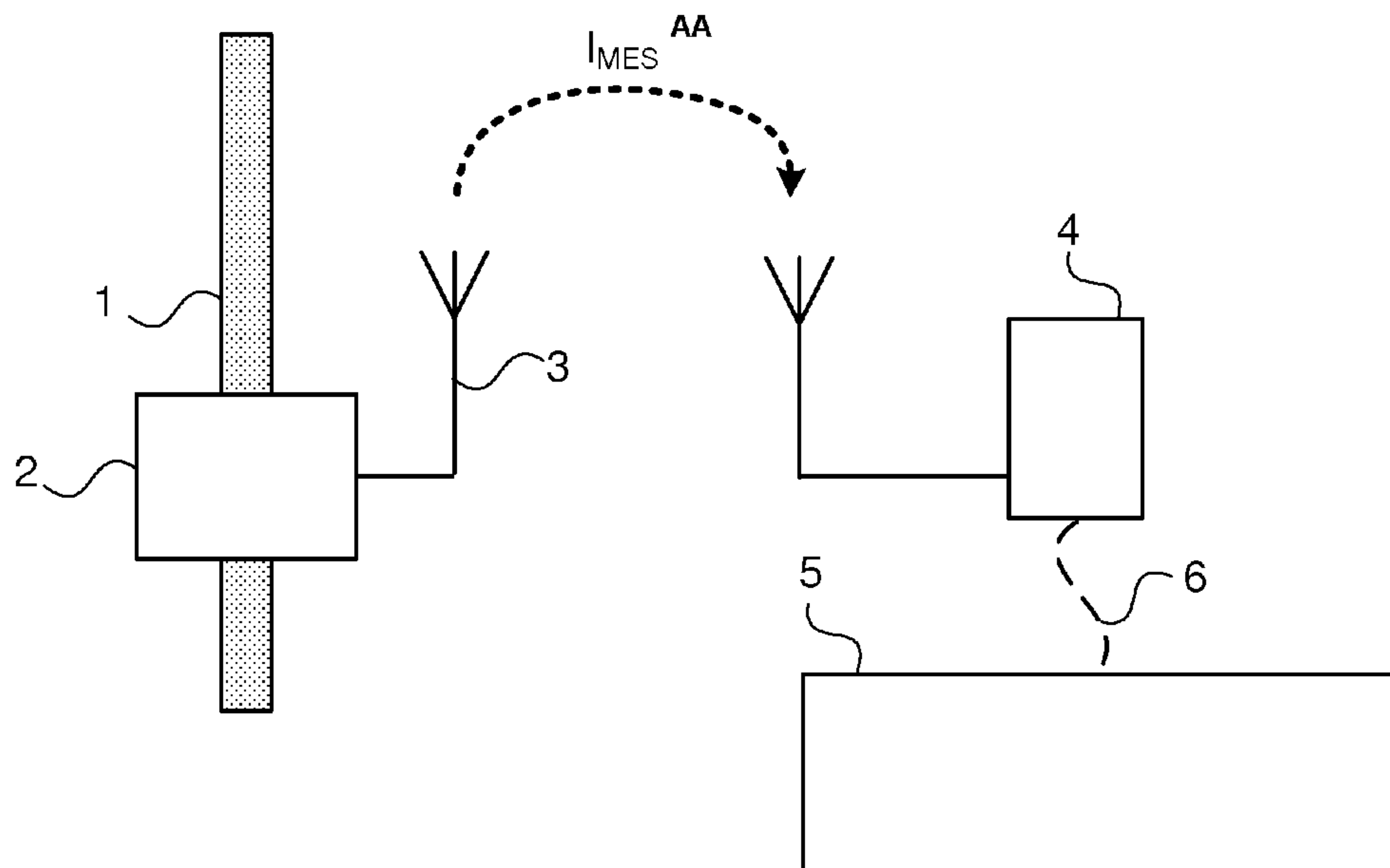


FIGURE 3

(57) **Abrégé/Abstract:**

Un procédé de surveillance d'un réseau maillé de retour de courant d'un aéronef, le réseau maillé comportant au moins deux sous-réseaux connectés électriquement par une pluralité de jonctions électriques (1), le procédé comportant : une étape de mesure d'une intensité de courant (I_{MES}) dans au moins une jonction électrique (1) dans laquelle circule un courant nominal pour des conditions de vol déterminées de l'aéronef; une étape d'émission sans fil de la valeur de l'intensité de courant mesurée (I_{MES}); une étape de réception de l'intensité de courant mesurée (I_{MES}); une étape de comparaison de l'intensité de courant mesurée (I_{MES}) à une intensité de référence du courant nominal déterminée pour ladite jonction électrique (1) pour lesdites conditions de vol déterminées; et une étape de diagnostic de l'état de santé de la jonction électrique (1) suite à l'étape de comparaison.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
8 mai 2014 (08.05.2014)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2014/068219 A1

(51) Classification internationale des brevets :

G01R 31/02 (2006.01) B64C 1/00 (2006.01)
G01R 31/00 (2006.01) H02J 13/00 (2006.01)
H02G 3/36 (2006.01) G01R 15/14 (2006.01)
H01R 25/14 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2013/052511

(22) Date de dépôt international :

21 octobre 2013 (21.10.2013)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1260289 29 octobre 2012 (29.10.2012) FR

(71) Déposant : LABINAL [FR/FR]; 36 rue Raymond Gri-
maud, F-31700 Blagnac (FR).(72) Inventeurs : LEBRETON, Thibaud; 24 route de la Salve-
tat, F-31490 Leguevin (FR). AYME, Arnaud, Camille; 72
chemin des Sept Deniers, Résidence Darius Milhaud, Apt.
37, F-31200 Toulouse (FR).(74) Mandataires : GEVERS FRANCE et al.; 81 boulevard
Lazare Carnot, E6, F-31000 Toulouse (FR).(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM,
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : SYSTEM AND METHOD FOR MONITORING A MESHED CURRENT RETURN NETWORK OF AN AIRCRAFT

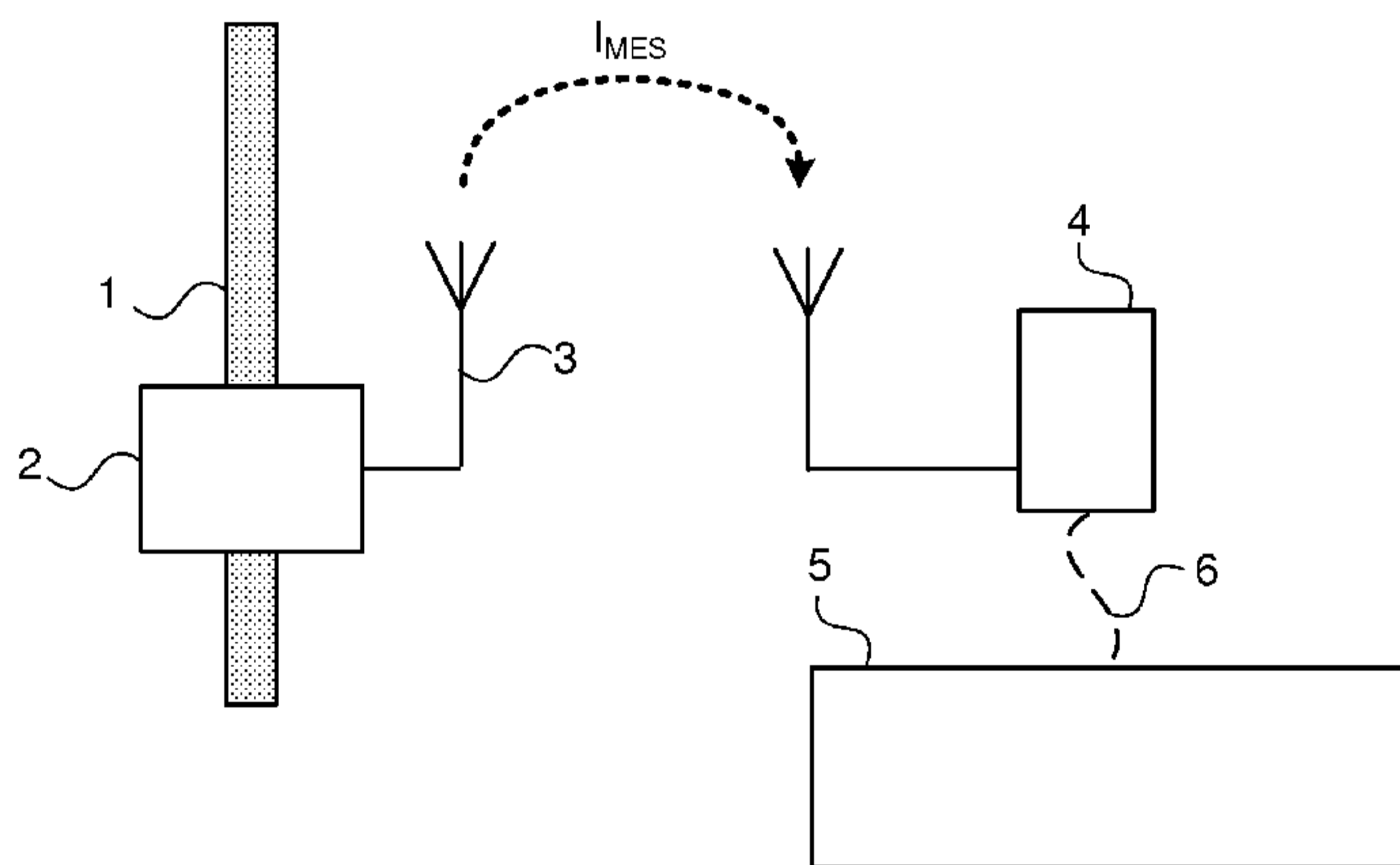
(54) Titre : SYSTÈME ET PROCÉDÉ DE SURVEILLANCE D'UN RÉSEAU MAILLE DE RETOUR DE COURANT D'UN AÉ-
RONEF

FIGURE 3

(57) Abstract : A method for monitoring a meshed current return network of an aircraft, the meshed network comprising at least two sub-networks electrically connected by a plurality of electrical junctions (1), the method comprising: a step of measuring a current intensity (I_{MES}) in at least one electrical junction (1) in which there flows a nominal current for pre-defined flight conditions of the aircraft; a step of wirelessly transmitting the value of the measured current intensity (I_{MES}); a step of receiving the measured current intensity (I_{MES}); a step of comparing the measured current intensity (I_{MES}) with a reference intensity of the nominal current pre-defined for said electrical junction (1) for said pre-defined flight conditions; and a step of diagnosing the health of the electrical junction (1) following the comparison step.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2014/068219 A1 

Un procédé de surveillance d'un réseau maillé de retour de courant d'un aéronef, le réseau maillé comportant au moins deux sous-réseaux connectés électriquement par une pluralité de jonctions électriques (1), le procédé comportant : une étape de mesure d'une intensité de courant (I_{MES}) dans au moins une jonction électrique (1) dans laquelle circule un courant nominal pour des conditions de vol déterminées de l'aéronef; une étape d'émission sans fil de la valeur de l'intensité de courant mesurée (I_{MES}); une étape de réception de l'intensité de courant mesurée (I_{MES}); une étape de comparaison de l'intensité de courant mesurée (I_{MES}) à une intensité de référence du courant nominal déterminée pour ladite jonction électrique (1) pour lesdites conditions de vol déterminées; et une étape de diagnostic de l'état de santé de la jonction électrique (1) suite à l'étape de comparaison.

SYSTEME ET PROCEDE DE SURVEILLANCE D'UN RESEAU MAILLE DE RETOUR DE COURANT D'UN AERONEF

DOMAINE TECHNIQUE GENERAL ET ART ANTERIEUR

5

La présente invention concerne le domaine des systèmes de retour de courant électrique, en particulier, pour une application aéronautique.

10

Un aéronef comporte de manière classique une pluralité d'équipements intérieurs (dispositif de commande de vol, capteurs divers, sièges, luminaires, etc.) qui sont alimentés électriquement par un circuit d'alimentation qui délivre un courant électrique auxdits équipements. Afin de permettre une alimentation optimale desdits équipements, il est nécessaire d'assurer le retour de ce courant électrique, par exemple, à la masse électrique du circuit d'alimentation.

15

Pour un aéronef comportant une enveloppe extérieure métallique, appelée « peau » par l'homme du métier, le retour du courant électrique est classiquement réalisé par cette enveloppe métallique dont le potentiel électrique est relié à la masse électrique. Comme l'enveloppe extérieure est aisément accessible depuis n'importe quel espace intérieur de l'aéronef, le retour de courant ne présente pas de difficultés. L'enveloppe extérieure métallique permet, par ailleurs, l'évacuation des courants de défauts, la référence de tension pour les équipements électriques, la protection anti-foudre, la protection électromagnétique, la référence à la masse des antennes, etc.

25

Afin d'alléger la masse d'un aéronef et améliorer sa résistance à la fatigue, il a été proposé un aéronef avec une structure en matériau composite. L'aéronef comporte, en particulier, une enveloppe extérieure en matériau composite, par exemple, en fibres de carbone. En référence à la figure 1, un aéronef comporte de manière classique un cadre structural en carbone 71 enveloppé extérieurement d'une peau en carbone 72. Une telle enveloppe composite 72 présente une masse réduite mais ne permet pas conduire un courant électrique ce qui rend impossible tout retour de courant électrique via l'enveloppe composite 72.

30

Afin d'éliminer cet inconvénient, différents éléments métallique de l'aéronef (rails de siège, traverses ou chemins de câbles, etc.) sont mis en réseau pour permettre le retour de courant. En pratique, le réseau de retour de courant est composé d'une pluralité de sous-réseaux longitudinaux S1, S2, S3 qui sont superposés verticalement dans l'aéronef.

En référence à la figure 1, à titre d'exemple, le réseau de retour de courant 1 comporte :

- Un sous-réseau longitudinal haut S1 composé d'éléments métalliques issus de supports de coffres à bagages 73, de chemins de câbles, de support central 74, etc. ;
- Un sous-réseau longitudinal central S2 composé d'éléments métalliques issus de rails de sièges 75, de chemins de câbles, de poutres transverses 77 etc. ; et
- Un sous-réseau longitudinal bas S3 composé d'éléments métalliques issus de rails cargo 76, de chemins de câbles, de poutres transverses 78 etc.

Afin de créer un réseau de retour de courant équipotentiel, les différents sous-réseaux longitudinaux S1-S3 sont reliés par des jonctions électriques 1 qui peuvent être rigides pour assurer le maintien mécanique et la connexion électrique ou flexibles.

Un défaut des jonctions électriques 1 peut entraîner un défaut du retour de courant entre les différents sous-réseaux longitudinaux S1-S3 ce qui présente un inconvénient. De plus, la protection électromagnétique ne serait plus assurée.

La surveillance des jonctions électriques 1 d'un réseau électrique maillé de retour de courant est difficile à mettre en œuvre. En effet, les jonctions électriques 1 sont classiquement protégées derrière des cloisons ou des plafonds qui habillent l'aéronef ce qui empêche leur inspection par un opérateur depuis l'extérieur ou l'intérieur de l'aéronef. Pour détecter un défaut, la seule solution connue nécessite de démonter les cloisons et les plafonds de l'aéronef afin d'observer visuellement la jonction électrique 1 ce qui présente un inconvénient majeur étant donné qu'il est nécessaire d'immobiliser l'aéronef.

Une solution pour résoudre cet inconvénient serait de réaliser des mesures directes de résistance ou de tension aux bornes d'une jonction électrique 1 lorsque l'aéronef est en stationnement. Néanmoins, comme le réseau de retour de courant est maillé et redondé, une dégradation d'une jonction se traduit par un écart de résistance très faible, de l'ordre 0,1 mOhms (jonction connectée) à 1 mOhms (jonction déconnectée) qui ne sont mesurables qu'avec des instruments lourds rendant impossible une surveillance généralisée du réseau maillé. En outre, une telle solution nécessite également de retirer l'habillage de l'aéronef.

A cet effet, pour limiter le risque de panne du réseau maillé de retour de courant, les jonctions électriques sont redondées ce qui augmente la masse de l'aéronef et présente un inconvénient.

5 PRESENTATION GENERALE DE L'INVENTION

Afin d'éliminer au moins certains de ces inconvénients, l'invention concerne un procédé de surveillance d'un réseau maillé de retour de courant d'un aéronef, le réseau maillé comportant au moins deux sous-réseaux connectés électriquement par une pluralité de jonctions électriques, le procédé comportant :

- une étape de mesure d'une intensité de courant dans au moins une jonction électrique dans laquelle circule un courant nominal pour des conditions de vol déterminées de l'aéronef ;
- une étape d'émission sans fil de la valeur de l'intensité de courant mesurée ;
- 15 - une étape de réception de l'intensité de courant mesurée ;
- une étape de comparaison de l'intensité de courant mesurée à une intensité de référence du courant nominal déterminée pour ladite jonction électrique pour lesdites conditions de vol déterminées ; et
- une étape de diagnostic de l'état de santé de la jonction électrique suite à l'étape de
- 20 comparaison.

Par sous-réseau du réseau maillé de retour de courant, on entend aussi bien un élément métallique unitaire (poutre transverse, support de coffres à bagage, etc.) qu'un ensemble d'éléments unitaires interconnectés.

25

L'étape de mesure d'une intensité de courant lorsque l'aéronef est en vol permet de mesurer des valeurs d'intensité en utilisation qui sont dans une plage d'intensité simple à mesurer et ne nécessitant aucun équipement lourd de mesure.

30

En outre, l'étape d'émission sans fil permet d'éviter de déshabiller l'aéronef pour accéder aux jonctions électriques ce qui constitue un avantage. Les étapes de comparaison et de diagnostic permettent d'améliorer la détection de défauts qui est plus précise et plus fiable par comparaison à une inspection visuelle comme réalisée dans l'art antérieur. En outre, la détection d'un défaut est plus rapide que dans l'art antérieur.

35

En outre, la connaissance des intensités circulant dans les jonctions électriques permet d'obtenir une modélisation de la circulation du retour de courant dans le réseau maillé ce

qui est avantageux pour améliorer sa fiabilité et sa durée de vie. L'amélioration de la fiabilité du réseau maillé de retour de courant permet avantageusement de limiter le nombre de jonctions électriques redondées ce qui diminue la masse du réseau maillé.

5 De manière préférée, au cours de l'étape d'émission, la valeur de l'intensité de courant mesurée est associée à un identifiant de la jonction sur laquelle a été réalisée la mesure. Ainsi, on peut identifier directement la jonction qui est défectueuse lors du diagnostic ce qui est avantageux lorsque plusieurs jonctions sont testées de manière simultanée.

10 Selon un aspect préféré de l'invention, l'intensité de référence du courant nominal déterminée pour ladite jonction électrique pour lesdites conditions de vol déterminées est obtenue par retour d'expérience sur une pluralité de vols de l'aéronef. Ainsi, on peut comparer l'évolution de l'intensité circulant dans une jonction électrique au cours des vols de l'aéronef pour détecter un éventuel défaut.

15

De manière préférée, le procédé comporte une étape de détermination d'un défaut de ladite jonction si son intensité de courant mesurée est inférieure à un seuil d'intensité de défaut. Si une jonction électrique est défectueuse, le courant nominal de retour de courant ne peut plus circuler.

20

De préférence, le procédé comporte une étape de confirmation de la santé de ladite jonction si son intensité de courant mesurée est supérieure à un seuil d'intensité de santé. Si une jonction électrique est saine, une forte intensité de courant nominal de retour de courant circule dans la jonction électrique.

25

Selon un aspect de l'invention, le procédé comporte :

- une étape de mesure d'une intensité de courant dans une pluralité de jonctions électriques d'un voisinage du réseau maillé dans lesquelles circulent des courants nominaux pour des conditions de vol déterminées ;
- 30 - une étape d'émission sans fil des valeurs des intensités de courant mesurées ;
- une étape de réception des intensités de courant mesurées ;
- une étape de comparaison des intensités de courant mesurées à des intensités de référence des courants nominaux déterminées pour lesdites jonctions électriques du voisinage pour lesdites conditions de vol déterminées ; et
- 35 - une étape de détermination d'un défaut d'une jonction déterminée du voisinage si son intensité de courant mesurée est inférieure à son intensité de référence du courant

nominal tandis que les autres jonctions du voisinage ont une intensité de courant mesurée supérieure à leur intensité de référence du courant nominal.

5 La surveillance simultanée d'une pluralité de jonctions permet d'analyser l'évolution de la répartition du retour de courant entre les différentes jonctions. En effet, lorsqu'un défaut apparaît sur une jonction, l'intensité de courant qui circule dans la jonction électrique diminue tandis qu'elle augmente dans les jonctions voisines. Une surveillance d'un voisinage de jonctions électriques permet donc d'augmenter la fiabilité de la surveillance du fait que l'on dispose d'un plus grand nombre d'informations pour établir le diagnostic.

10 L'invention concerne également un système de surveillance d'un réseau maillé de retour de courant d'un aéronef, le réseau maillé comportant au moins deux sous-réseaux connectés électriquement par une pluralité de jonctions électriques, le système comportant :

- 15 - au moins un capteur d'intensité associé à au moins une jonction électrique adaptée pour faire circuler un courant nominal pour des conditions de vol déterminées de l'aéronef, ledit capteur d'intensité étant adapté pour mesurer une intensité de courant, ledit capteur d'intensité comportant des moyens d'émission sans fil de la valeur de l'intensité de courant mesurée,
- 20 - un calculateur de maintenance comportant des moyens de réception sans fil de données, le calculateur de maintenance étant adapté pour comparer la valeur de l'intensité de courant mesurée à une intensité de référence du courant nominal déterminée pour ladite jonction électrique pour des conditions de vol déterminées de l'aéronef, de manière à déterminer l'état de santé de la jonction électrique.

25 Un tel système de surveillance est simple à mettre en œuvre et ne nécessite pas de déshabiller l'aéronef pour atteindre les jonctions électriques.

30 De manière préférée, ledit capteur d'intensité est passif ce qui facilite son installation dans la jonction ainsi que la maintenance.

De préférence, ledit capteur d'intensité comporte des moyens d'émission d'ondes radiofréquences, de préférence, du type RFID, qui sont simples à mettre en œuvre.

35 Selon un aspect préféré, ledit capteur d'intensité est adapté pour réaliser une mesure d'intensité au moyen d'une magnétorésistance géante. Un tel capteur d'intensité possède un encombrement réduit et une précision de mesure importante.

De manière préférée, ledit capteur d'intensité comporte des moyens de stockage des intensités mesurées sur une période de temps déterminée. Ainsi, on peut limiter la fréquence d'interrogation des capteurs ce qui est avantageux. En outre, cela permet de
5 réaliser la moyenne des intensités mesurées afin de les utiliser pour établir le diagnostic.

Selon un aspect de l'invention, une pluralité de jonctions électriques d'un même voisinage du réseau maillé comportant chacune au moins un capteur d'intensité, le calculateur de maintenance est adapté pour comparer la valeur de l'intensité de courant mesurée pour
10 chaque jonction électrique à une intensité de référence du courant nominal déterminée pour ladite jonction électrique de manière à déterminer l'état de santé de la jonction électrique.

La surveillance simultanée d'une pluralité de jonctions permet d'analyser l'évolution de la répartition du retour de courant entre les différentes jonctions. Une surveillance d'un
15 voisinage de jonctions électriques permet donc d'augmenter la fiabilité de la surveillance du fait que l'on dispose d'un plus grand nombre d'informations pour établir le diagnostic.

L'invention concerne également un réseau maillé de retour de courant d'un aéronef,
20 comportant au moins un système tel que décrit ci-dessus, ainsi qu'un aéronef comportant un tel réseau.

PRESENTATION DES FIGURES

25 L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et se référant aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une vue en coupe transversale d'un aéronef comportant une enveloppe en matériau composite (déjà commentée) ;
- la figure 2 est une représentation schématique de la liaison de deux sous-réseaux
30 du réseau maillé de retour de courant ;
- la figure 3 est une représentation schématique de la surveillance d'une jonction par le système de surveillance selon l'invention ; et
- la figure 4 est une représentation schématique d'un exemple de mise en œuvre de l'invention.

Il faut noter que les figures exposent l'invention de manière détaillée pour mettre en œuvre l'invention, lesdites figures pouvant bien entendu servir à mieux définir l'invention le cas échéant.

5 **DESCRIPTION D'UN OU PLUSIEURS MODES DE REALISATION ET DE MISE EN OEUVRE**

Un système de surveillance selon l'invention va être décrit pour un aéronef comportant un réseau maillé de retour de courant comprenant trois sous-réseaux connectés
10 électriquement par des jonctions électriques comme présenté dans le préambule.

A titre d'exemple, en référence à la figure 2, deux sous-réseaux adjacents S1, S2 sont reliés par une pluralité de jonctions électriques 1A, 1B, 1C situées dans un même voisinage, c'est à dire à proximité l'une de l'autre dans le réseau maillé. Dans cet
15 exemple, les jonctions électriques 1A, 1B, 1C sont situées derrière des cloisons de l'aéronef et ne sont pas accessibles visuellement par un opérateur. Une jonction électrique 1A, 1B, 1C se présente sous la forme d'un câble de transport d'énergie électrique.

20 La surveillance d'une jonction électrique 1 est présentée schématiquement sur la figure 3. Lorsque l'aéronef est en vol, un courant nominal circule dans la jonction électrique 1 en fonction des conditions de vol afin d'assurer le retour du courant comme présenté précédemment. La valeur du courant nominal dépend des conditions de vols de l'aéronef. En effet, en fonction des conditions de vol, les équipements électriques utilisés sont
25 différents ainsi que leur consommation électrique.

Lorsque l'aéronef est en vol, les valeurs d'intensité circulant dans la jonction électrique 1 appartiennent à une plage d'intensité simple à mesurer ne nécessitant aucun équipement
lourd.

30 En référence à la figure 3, le système de surveillance selon l'invention comporte un capteur d'intensité 2 qui est associé à la jonction électrique 1 pour mesurer une intensité de courant I_{MES} qui est l'intensité du courant nominal pour des conditions de vol données de l'aéronef.

35 Un capteur d'intensité 2 peut être monté dans ou sur la jonction électrique 1 en fonction de la nature du capteur d'intensité 2.

Dans cet exemple, le capteur d'intensité 2 est adapté pour réaliser une mesure de l'intensité au moyen d'une magnétorésistance géante (non représentée) montée sur la jonction électrique 1. Une telle magnétorésistance permet de mesurer le courant AC et DC de manière précise tout en ayant une consommation limitée. Il va de soi que l'intensité pourrait être mesurée de manière différente.

Le capteur d'intensité 2 comporte une puce apte à acquérir une mesure d'intensité I_{MES} à intervalles de temps réguliers, chaque mesure étant espacée d'une période d'acquisition P_a . Dans cet exemple, la période d'acquisition P_a est de l'ordre de l'heure mais il va de soi qu'elle pourrait être différente. De manière alternative, la puce est adaptée pour acquérir une intensité maximale ou une intensité moyenne.

Selon l'invention, le capteur d'intensité 2 comporte des moyens d'émission sans fil 3 de la valeur de l'intensité de courant mesurée I_{MES} de manière à communiquer l'intensité mesurée à distance, sans démontage de la cloison de l'aéronef. Dans cet exemple, le capteur d'intensité 2 comporte des moyens d'émission d'ondes radiofréquences, de préférence, du type RFID. Il va de soi que d'autres moyens d'émission pourraient convenir, par exemple, du type Wifi, zigbee, Bluetooth, WLAN, etc. De préférence, les moyens d'émission 3 sont adaptés pour émettre les intensités mesurées I_{MES} sur requête.

De manière préférée, le capteur d'intensité 2 est configurable à distance, les moyens d'émission 3 étant alors adaptés pour assurer la réception des configurations. De telles configurations permettent, par exemple, de modifier la période d'acquisition P_a .

De préférence, le capteur d'intensité 2 comporte des moyens de stockage des intensités mesurées sur une période de temps en vue de leur émission, de préférence, une mémoire morte. De tels moyens de stockage permettent de stocker un grand nombre d'intensités afin de permettre l'émission d'intensités de manière moins fréquente que ne sont réalisées les acquisitions.

De manière préférée, le capteur d'intensité 2 est passif, c'est-à-dire, qu'il ne comporte pas de moyens d'alimentation en énergie électrique qui lui sont propres. Des moyens d'émission du type RFID sont alors privilégiés. De manière alternative, le capteur d'intensité est apte à récupérer de l'énergie rayonnée par la jonction électrique 1 ou à être télé-alimenté. A cet effet et de préférence, le capteur d'intensité comporte des moyens de télé-alimentation du type RFID. Il va néanmoins de soi que le capteur d'intensité 2 pourrait

être, de manière alternative, relié à une pile/batterie. Un tel capteur d'intensité 2 actif est privilégié pour mettre en œuvre des moyens d'émission du type Wifi, zigbee, Bluetooth, WLAN, etc. Une batterie d'alimentation nécessite d'être changée ce qui peut allonger les étapes de maintenance de l'aéronef.

5

Toujours en référence à la figure 3, le système de surveillance selon l'invention comporte des moyens de réception sans fil de données qui se présentent, dans cet exemple, sous la forme d'un lecteur portatif 4 comportant des moyens de réception d'ondes radiofréquences de manière à stocker les intensités I_{MES} envoyées par le capteur d'intensité 2. De manière préférée, le lecteur portatif 4 comporte une mémoire de stockage.

Le lecteur portatif 4 est adapté pour être relié à un calculateur de maintenance 5 via des moyens de liaison 6 qui peuvent être filaires ou sans fil. Le calculateur de maintenance 5 comporte une base de données qui fournit la valeur du courant nominal dans une jonction électrique donnée 1 pour des conditions de vol déterminées. De préférence, la base de données est obtenue par retour d'expérience ou par simulation.

Le calculateur de maintenance 5 est adapté pour comparer la valeur de l'intensité de courant mesurée I_{MES} de la jonction électrique 1 à une intensité de référence du courant nominal I_{REF} déterminée pour ladite jonction électrique 1 de manière à déterminer l'état de santé de la jonction électrique 1. De préférence, les comparaisons sont réalisées sur la base de valeurs d'intensité moyennes ou maximales qui sont plus pertinentes.

Dans cet exemple, le calculateur de maintenance 5 réalise le diagnostic de l'état de santé de la jonction électrique 1 au moyen d'un logiciel qui permet de comparer l'intensité mesurée I_{MES} à l'intensité de référence I_{REF} pour les conditions de vol données afin de déterminer si l'intensité mesurée I_{MES} est caractéristique d'un défaut de la jonction électrique 1. Il va de soi que le diagnostic pourrait également être réalisé directement par le lecteur portatif 4.

En effet, si la jonction électrique 1 est défectueuse, l'intensité mesurée I_{MES} sera inférieure à son intensité de référence I_{REF} , le retour de courant étant plus difficile par la jonction défectueuse du fait de l'augmentation de sa résistance interne. A l'inverse, si l'intensité mesurée I_{MES} est supérieure à son intensité de référence I_{REF} , cela signifie qu'une autre jonction électrique du voisinage est défectueuse ce qui oblige le retour de courant à circuler de manière plus importante sur les jonctions électriques saines.

Ainsi, la surveillance de l'évolution de l'écart entre l'intensité mesurée I_{MES} et l'intensité de référence I_{REF} pour une jonction électrique donnée 1 permet de détecter et de prédire tout défaut de ladite jonction 1 ou d'une jonction voisine. La comparaison peut être réalisée sur la base des valeurs courantes d'intensité, des valeurs moyennes d'intensité ou des valeurs maximales d'intensité. Grâce à la surveillance de l'évolution de l'écart d'intensités, on peut surveiller une dérive de l'intensité moyenne ou maximale au cours du temps et ainsi anticiper l'opération de maintenance de la jonction électrique 1 avant que le défaut ne soit effectif.

10

De manière alternative, le calculateur de maintenance 5 est adapté pour détecter un défaut de la jonction électrique 1 si l'intensité mesurée est inférieure à un seuil d'intensité de défaut S_{OFF} . En effet, si la chute d'intensité mesurée est trop élevée, cela traduit nécessairement un défaut de la jonction électrique qui empêche tout passage de courant.

15

Dans cet exemple, le seuil d'intensité de défaut S_{OFF} est de l'ordre de 20% (de préférence de 10%) de l'intensité de référence maximale pour les mêmes conditions de vol.

De plus, le calculateur de maintenance 5 est adapté pour confirmer la santé de la jonction électrique 1 si l'intensité mesurée est supérieure à un seuil d'intensité de santé S_{ON} . En effet, si l'intensité mesurée est élevée, cela traduit nécessairement que la jonction électrique 1 permet un retour effectif du courant. Dans cet exemple, le seuil d'intensité de santé S_{ON} est égal à 80% de l'intensité de référence maximale pour les mêmes conditions de vol.

20

25

L'utilisation de seuils de défaut S_{OFF} et de santé S_{ON} permet d'obtenir un diagnostic direct et rapide de l'état de santé d'une jonction électrique 1. Si l'intensité mesurée est comprise entre les seuils de défaut S_{OFF} et de santé S_{ON} , des tests supplémentaires peuvent être mis en œuvre afin d'obtenir un diagnostic fiable de la jonction électrique 1.

30

De manière préférée, le seuil d'intensité de santé S_{ON} est égal à celui du seuil de défaut S_{OFF} , c'est-à-dire, qu'ils sont égaux à environ 10% de l'intensité de référence maximale pour les mêmes conditions de vol. Une telle mise en œuvre permet de détecter de manière fiable et rapide les jonctions défectueuses 1, les autres jonctions étant considérées comme saines.

35

Indépendamment du dispositif de surveillance présenté précédemment, l'invention vise en outre un procédé de surveillance comportant :

- une étape de mesure d'une intensité de courant dans la jonction électrique dans laquelle circule un courant nominal de manière à permettre une mesure dans une plage d'intensités ne nécessitant pas des moyens de mesure lourds ;
- une étape d'émission sans fil de la valeur l'intensité de courant mesurée de manière à
5 permettre une mesure aisée et rapide ;
- une étape de réception de l'intensité de courant mesurée ;
- une étape de comparaison de l'intensité de courant mesurée à une intensité de référence du courant nominal déterminée pour ladite jonction électrique pour lesdites conditions de vol déterminées ; et
- 10 - une étape de diagnostic de l'état de santé de la jonction électrique suite à l'étape de comparaison.

De manière préférée, pour une pluralité de jonctions électriques d'un même voisinage du réseau électrique maillé, le procédé comporte :

- 15 - une étape de mesure d'une intensité de courant dans une pluralité de jonctions électriques d'un voisinage du réseau maillé dans lesquelles circulent des courants nominaux ;
- une étape d'émission sans fil des valeurs des intensités de courant mesurées ;
- une étape de réception des intensités de courant mesurées ;
- 20 - une étape de comparaison des intensités de courant mesurées à des intensités de référence des courants nominaux déterminées pour lesdites jonctions électriques du voisinage pour lesdites conditions de vol déterminées ; et
- une étape de détermination d'un défaut d'une jonction déterminée du voisinage si son intensité de courant mesurée est inférieure à son intensité de référence du courant
25 nominal tandis que les autres jonctions du voisinage ont une intensité de courant mesurée supérieure à leur intensité de référence du courant nominal.

Un exemple de mise en œuvre de l'invention va être maintenant présenté en référence à la figure 4.

30

Pour surveiller l'état des jonctions électriques 1A, 1B, 1C reliant les sous-réseaux électriques maillées S1, S2 (non représenté), un opérateur circule dans l'aéronef avec le lecteur portatif 4. Les jonctions électriques 1A, 1B, 1C appartiennent dans cet exemple à un même voisinage. Si une des jonctions électriques 1A, 1B, 1C est défectueuse (par
35 exemple la jonction 1C), le retour de courant est alors réalisé par les autres jonctions électriques (dans notre exemple par 1A, 1B).

Les jonctions électriques 1A, 1B, 1C sont reliées respectivement à des capteurs d'intensité 2A, 2B, 2C qui mesurent respectivement des intensités I_{MES-A} , I_{MES-B} , I_{MES-C} de manière périodique et les enregistrent dans leurs moyens de stockage respectifs. Les mesures des intensités I_{MES-A} , I_{MES-B} , I_{MES-C} sont réalisées au cours du vol de l'aéronef pour des conditions de vol déterminées afin de s'assurer qu'un retour de courant de valeur déterminée existe entre les sous-réseaux électriques maillées S1, S2.

Lorsque l'opérateur se trouve à une distance de l'ordre du mètre de la première jonction 1A à surveiller, le lecteur portatif 4 requiert les intensités mesurées I_{MES-A} qui sont stockées dans les moyens de stockage du capteur d'intensité 2A. Celles-ci sont ensuite réceptionnées par le lecteur portatif 4 de manière sans fil via les moyens d'émission du capteur d'intensité 2A. Ainsi, il n'est pas nécessaire de démonter les cloisons de l'aéronef ou de connaître de manière précise la localisation de la jonction électrique 1A.

Dans cet exemple, le calculateur de maintenance 5 est relié directement au lecteur portatif 4 par un câble de communication 6. Le calculateur de maintenance 5 lit les intensités mesurées I_{MES-A} et les compare, dans un premier temps, au seuil de défaut S_{OFF} et au seuil de santé S_{ON} . Dans cet exemple, les intensités mesurées I_{MES-A} sont comprises entre les deux seuils S_{ON} , S_{OFF} ce qui ne permet pas d'obtenir un diagnostic immédiat de l'état de santé de la première jonction 1A.

Le calculateur de maintenance 5 compare les intensités mesurées I_{MES-A} à des intensités de référence I_{REF-A} de la première jonction 1A obtenues par retour d'expérience dans des conditions de vol similaires. Suite à la comparaison, il apparaît que les intensités mesurées I_{MES-A} sont supérieures aux intensités de référence I_{REF-A} ce qui montre une dérive en intensité. En répétant le procédé de surveillance à intervalles de temps régulier, l'opérateur peut suivre l'évolution de la dérive d'intensité I_{MES-A} de la première jonction 1A et prédire l'apparition d'un éventuel défaut.

Selon le procédé, l'opérateur réalise ensuite une surveillance des jonctions électriques 1B, 1C du même voisinage. Dans cet exemple, suite aux comparaisons, il apparaît que :

- les intensités mesurées I_{MES-B} sont supérieures aux intensités de référence I_{REF-B} et
- les intensités mesurées I_{MES-C} sont inférieures aux intensités de référence I_{REF-C} .

Comme les jonctions électriques 1A, 1B, 1C appartiennent à un même voisinage du réseau maillé, le calculateur de maintenance 5 en déduit que la troisième jonction

électrique 1C est défectueuse ce qui augmente le retour de courant via la première jonction électrique 1A et la deuxième jonction électrique 1B.

Le procédé de surveillance est simple à mettre en œuvre et permet d'augmenter la
5 fiabilité d'un aéronef sans nécessiter son immobilisation pendant de longues périodes. En
outre, de manière avantageuse, on peut prédire l'apparition d'un défaut d'une jonction et
ainsi réaliser une étape de maintenance avant que le défaut ne devienne effectif.

De manière avantageuse, grâce au système de surveillance, on peut modéliser la
10 circulation du retour de courant dans le réseau maillé et ainsi améliorer sa structure pour
en diminuer la masse et l'encombrement.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de surveillance d'un réseau maillé de retour de courant d'un aéronef, le réseau maillé comportant au moins deux sous-réseaux (S1, S2) connectés électriquement par une pluralité de jonctions électriques (1A, 1B, 1C), le procédé comportant :
- une étape de mesure d'une intensité de courant (I_{MES}) dans au moins une jonction électrique (1A, 1B, 1C) dans laquelle circule un courant nominal pour des conditions de vol déterminées de l'aéronef ;
 - une étape d'émission sans fil de la valeur de l'intensité de courant mesurée (I_{MES}) ;
 - une étape de réception de l'intensité de courant mesurée (I_{MES}) ;
 - une étape de comparaison de l'intensité de courant mesurée (I_{MES}) à une intensité de référence du courant nominal (I_{REF}) déterminée pour ladite jonction électrique (1A, 1B, 1C) pour lesdites conditions de vol déterminées ; et
 - une étape de diagnostic de l'état de santé de la jonction électrique (1A, 1B, 1C) suite à l'étape de comparaison.
2. Procédé de surveillance selon la revendication 1, dans lequel l'intensité de référence du courant nominal (I_{REF}) déterminée pour ladite jonction électrique (1A, 1B, 1C) pour lesdites conditions de vol déterminées est obtenue par retour d'expérience sur une pluralité de vols de l'aéronef.
3. Procédé de surveillance selon l'une des revendications 1 à 2, comprenant une étape de détermination d'un défaut de ladite jonction (1A, 1B, 1C) si son intensité de courant mesurée (I_{MES}) est inférieure à un seuil d'intensité de défaut (S_{OFF}).
4. Procédé de surveillance selon l'une des revendications 1 à 3, comprenant une étape de confirmation de la santé de ladite jonction (1A, 1B, 1C) si son intensité de courant mesurée (I_{MES}) est supérieure à un seuil d'intensité de santé (S_{ON}).
5. Procédé de surveillance selon l'une des revendications 1 à 4, comprenant :
- une étape de mesure d'une intensité de courant (I_{MES}) dans une pluralité de jonctions électriques (1A, 1B, 1C) d'un voisinage du réseau maillé dans lesquelles circulent des courants nominaux pour des conditions de vol déterminées ;

- une étape d'émission sans fil des valeurs des intensités de courant mesurées (I_{MES}) ;
 - une étape de réception des intensités de courant mesurées (I_{MES}) ;
 - une étape de comparaison des intensités de courant mesurées (I_{MES}) à des intensités de référence des courants nominaux (I_{REF}) déterminées pour lesdites jonctions électriques (1A, 1B, 1C) du voisinage pour lesdites conditions de vol déterminées ; et
 - une étape de détermination d'un défaut d'une jonction déterminée (1A, 1B, 1C) du voisinage si son intensité de courant mesurée (I_{MES}) est inférieure à son intensité de référence du courant nominal (I_{REF}) tandis que les autres jonctions (1A, 1B, 1C) du voisinage ont une intensité de courant mesurée (I_{MES}) supérieure à leur intensité de référence du courant nominal (I_{REF}).
6. Système de surveillance d'un réseau maillé de retour de courant d'un aéronef, le réseau maillé comportant au moins deux sous-réseaux (S1, S2) connectés électriquement par une pluralité de jonctions électriques (1A, 1B, 1C), le système comportant :
- au moins un capteur d'intensité (2) associé à au moins une jonction électrique (1A, 1B, 1C) adaptée pour faire circuler un courant nominal pour des conditions de vol déterminées de l'aéronef, ledit capteur d'intensité étant adapté pour mesurer une intensité de courant (I_{MES}), ledit capteur d'intensité (2) comportant des moyens d'émission sans fil (3) de la valeur de l'intensité de courant mesurée (I_{MES}),
 - un calculateur de maintenance (5) comportant des moyens de réception sans fil de données (4), le calculateur de maintenance (5) étant adapté pour comparer la valeur de l'intensité de courant mesurée (I_{MES}) à une intensité de référence du courant nominal (I_{REF}) déterminée pour ladite jonction électrique (1A, 1B, 1C) pour des conditions de vol déterminées de l'aéronef, de manière à déterminer l'état de santé de la jonction électrique (1A, 1B, 1C).
7. Système selon la revendication précédente, dans lequel ledit capteur d'intensité (2) est passif.
8. Système selon l'une des revendications 6 à 7, dans lequel ledit capteur d'intensité (2) comporte des moyens d'émission d'ondes radiofréquences, de préférence, du type RFID.

9. Système selon l'une des revendications 6 à 8, dans lequel ledit capteur d'intensité (2) est adapté pour réaliser une mesure d'intensité au moyen d'une magnétorésistance géante.

5

10. Système selon l'une des revendications 6 à 9, dans lequel, une pluralité de jonctions électriques d'un même voisinage (1A, 1B, 1C) du réseau maillé comportant chacune au moins un capteur d'intensité (2), le calculateur de maintenance (5) est adapté pour comparer la valeur de l'intensité de courant mesurée (I_{MES}) pour chaque jonction électrique (1A, 1B, 1C) à une intensité de référence du courant nominal (I_{REF}) déterminée pour ladite jonction électrique (1A, 1B, 1C) de manière à déterminer l'état de santé de la jonction électrique (1A, 1B, 1C).

10

15

11. Réseau maillé de retour de courant d'un aéronef, comportant au moins un système selon l'une des revendications 6 à 10.

12. Aéronef, comportant un réseau maillé de retour de courant selon la revendication 11.

20

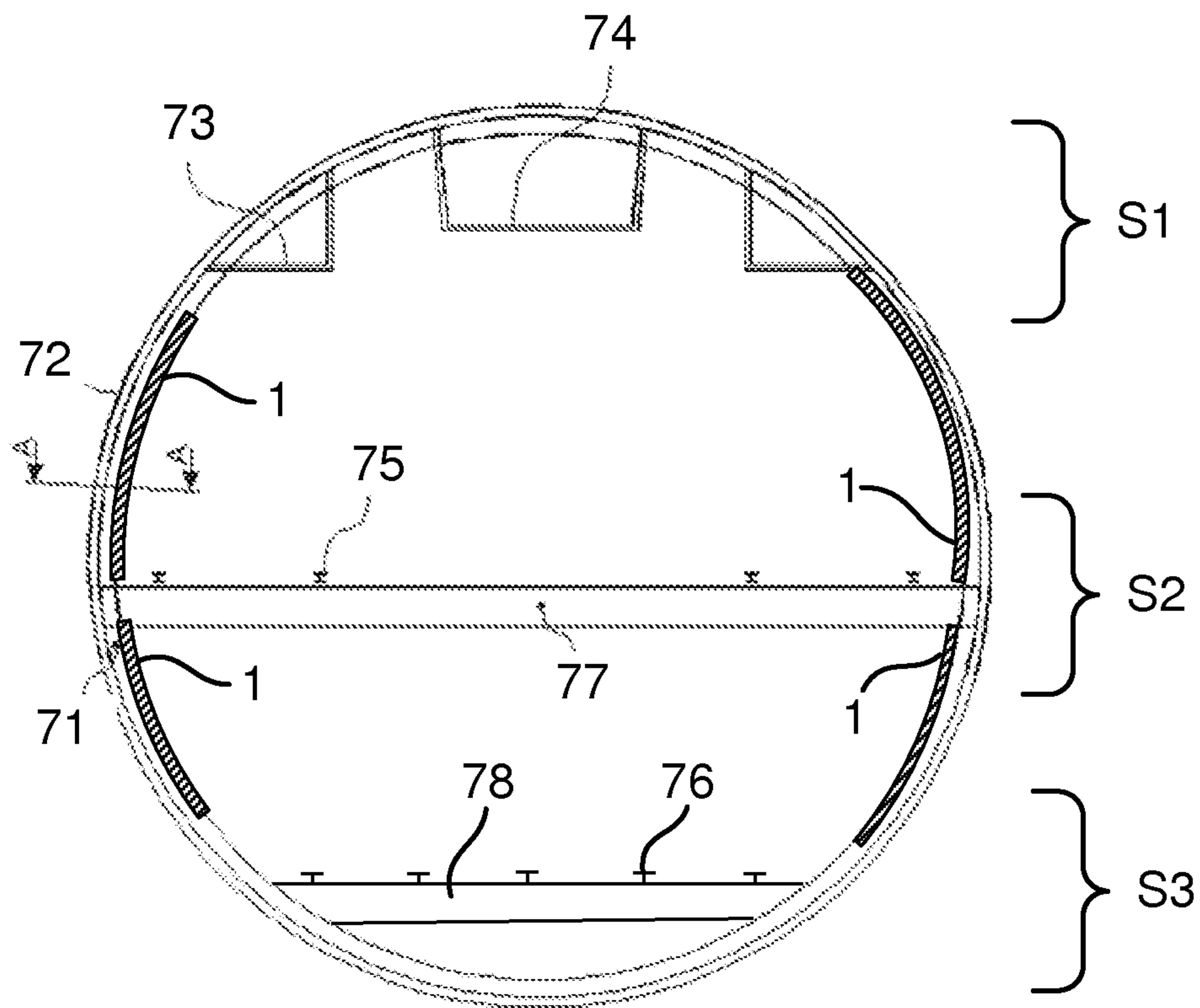


FIGURE 1

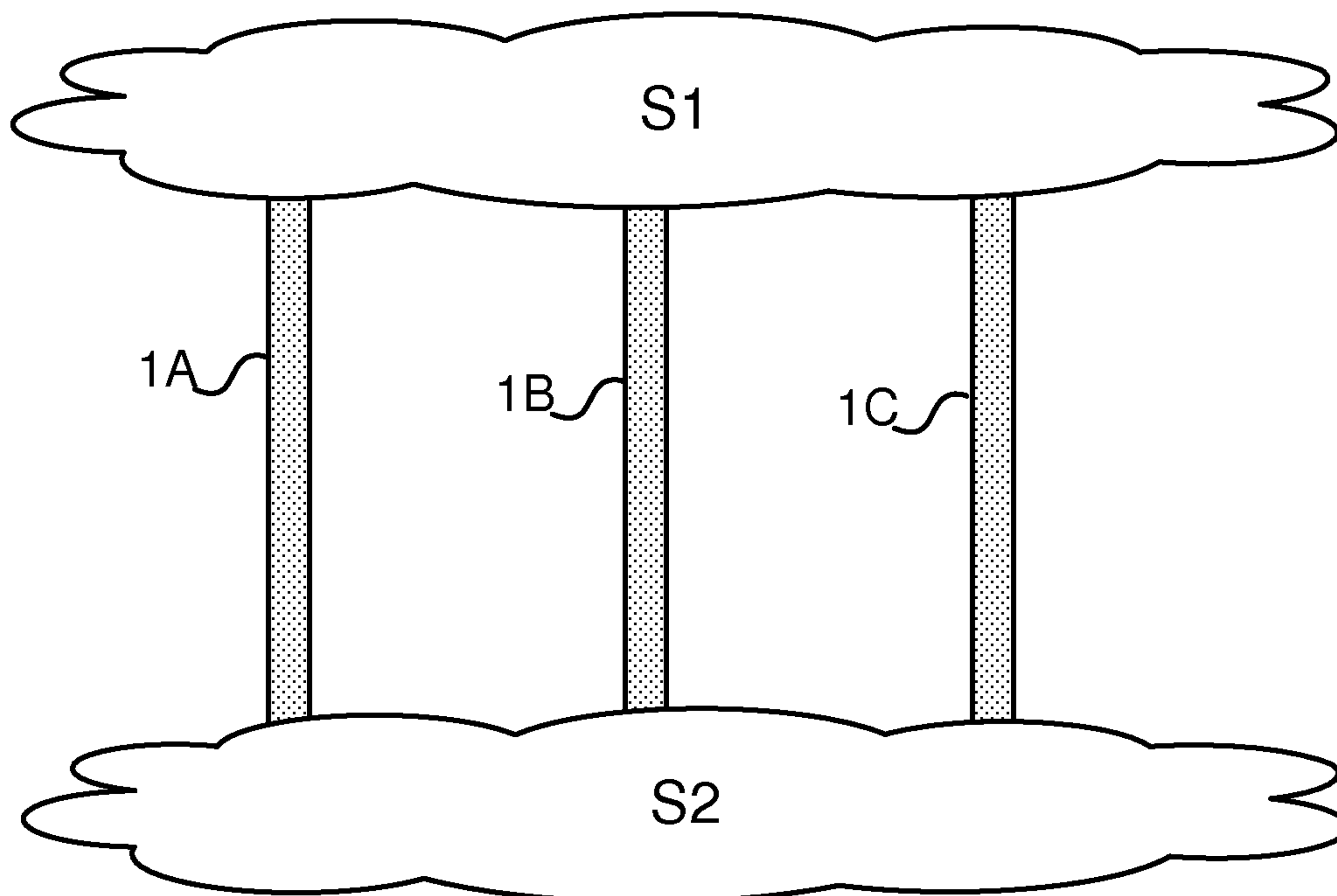


FIGURE 2

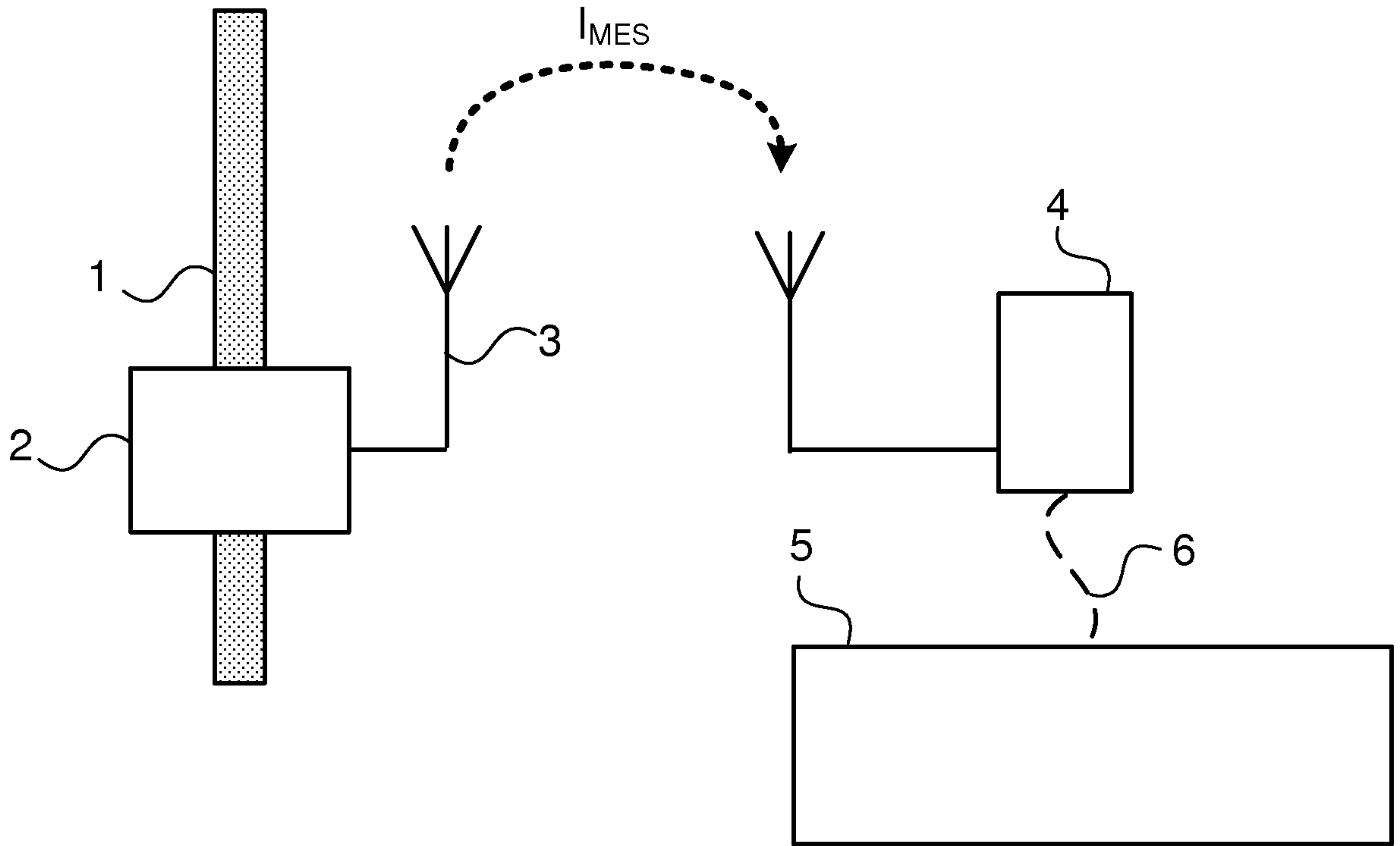


FIGURE 3

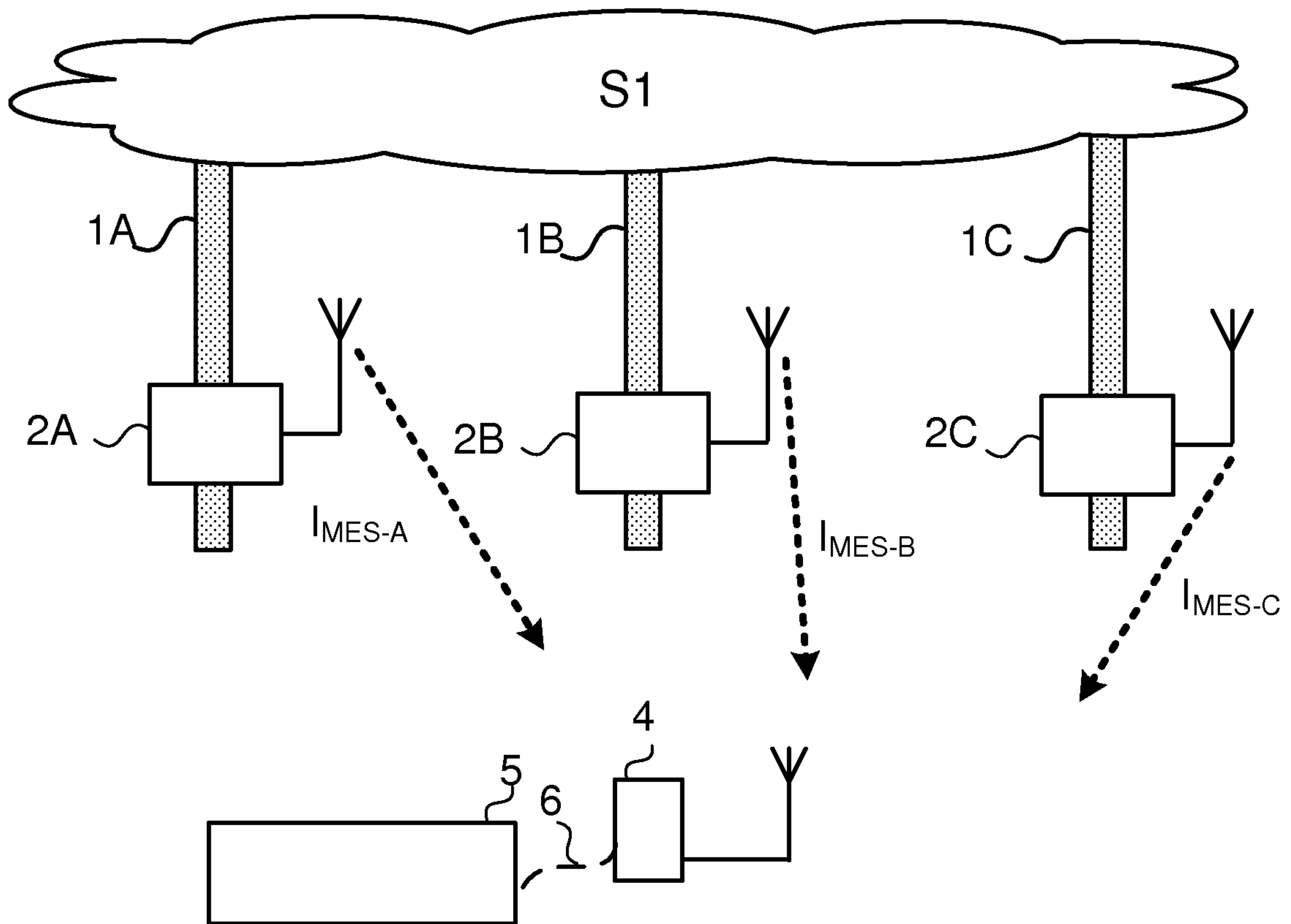


FIGURE 4

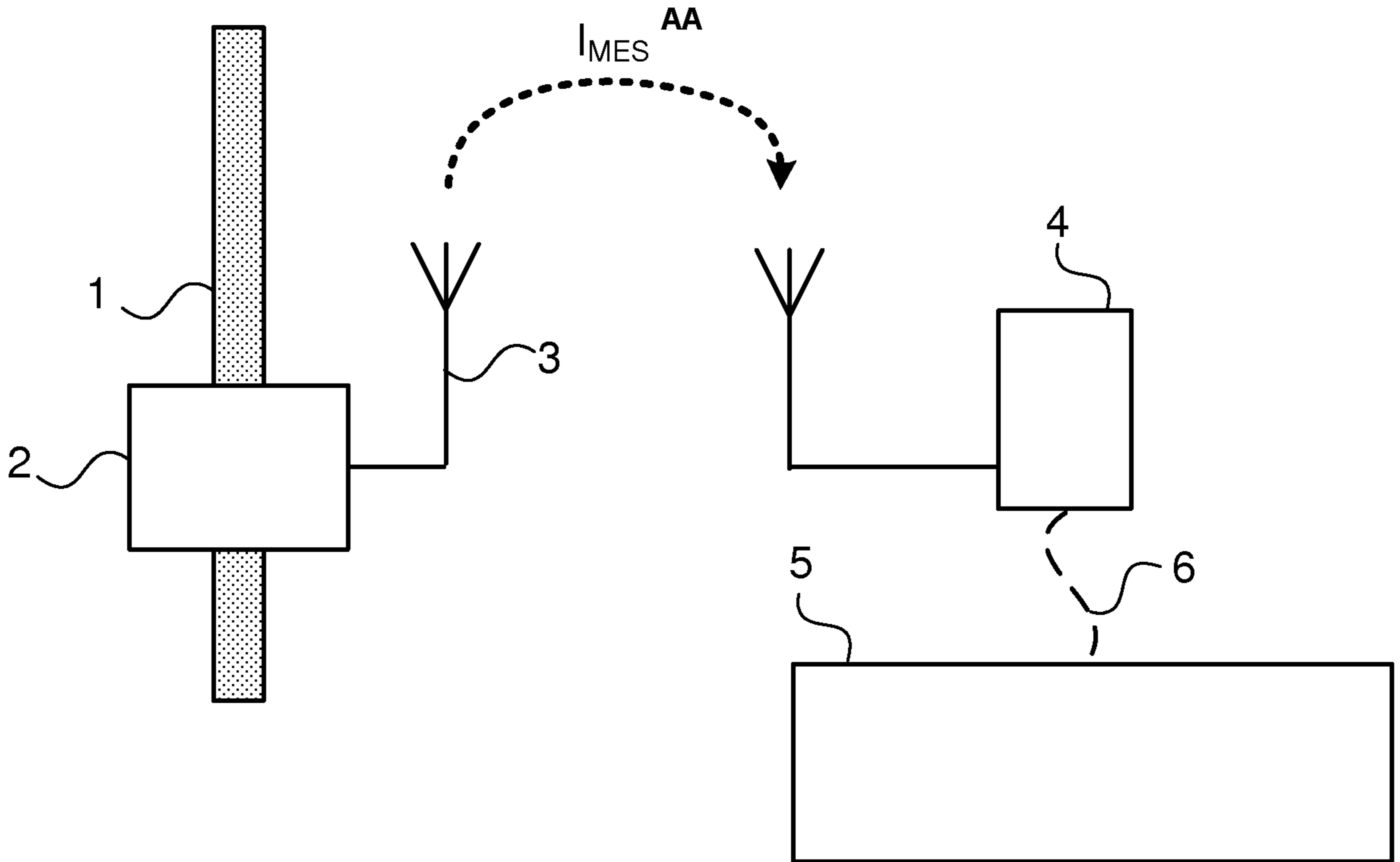


FIGURE 3