

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 048 138

②1 N° d'enregistrement national : **16 51464**

⑤1 Int Cl⁸ : **H 02 H 3/087 (2017.01)**

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 Date de dépôt : 23.02.16.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 25.08.17 Bulletin 17/34.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : AIRBUS OPERATIONS Société par actions simplifiée — FR.

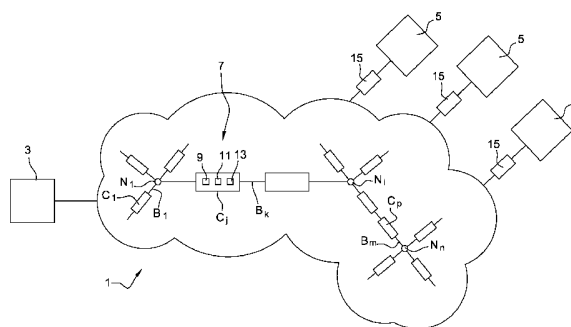
⑦2 Inventeur(s) : BIRKMAYER WOLFRAM.

⑦3 Titulaire(s) : AIRBUS OPERATIONS Société par actions simplifiée.

⑦4 Mandataire(s) : BREVALEX.

⑤4 **COUPE-CIRCUIT ET SYSTEME DE PROTECTION D'UN RESEAU ELECTRIQUE.**

⑤7 L'invention propose un système de protection (7) d'un réseau (1) électrique de courant continu comportant des noeuds (N_i) reliés par des branches (B_k) et permettant d'identifier correctement tout élément déficient dans le réseau électrique. Ledit système de protection comporte des coupe-circuits bidirectionnels (C_j) montés dans lesdites branches, chaque coupe-circuit bidirectionnel (N_i) étant associé à un noeud (N_i) et étant configuré pour fonctionner selon des valeurs de coupe dépendantes du sens du courant relativement audit noeud auquel il est associé, lesdites valeurs de coupe comportant une première valeur de coupe pour un courant électrique entrant dans ledit noeud et une deuxième valeur de coupe strictement supérieure à ladite première valeur de coupe pour un courant électrique sortant dudit noeud.



FR 3 048 138 - A1



COUPE-CIRCUIT ET SYSTÈME DE PROTECTION D'UN RÉSEAU ÉLECTRIQUE

DESCRIPTION

5

DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention concerne un coupe-circuit et un système de protection d'un réseau électrique utilisant des coupe-circuits.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

10

Un réseau de courant continu à haute tension (HVDC) est de plus en plus utilisé pour le transport de l'électricité ou pour l'alimentation électrique dans des véhicules terrestres, aériens, spatiaux ou marins.

15

En effet, le courant continu cause moins de perte dans le transport électrique et n'engendre pas de puissance réactive. En outre, il présente une facilité de réglage et permet de limiter les fluctuations de puissances actives impliquant un net gain en termes de stabilité dynamique dans le réseau électrique.

20

De manière générale, le réseau électrique en courant continu comporte des éléments de protection pour détecter un éventuel court-circuit ou tout autre changement brutal de l'intensité du courant dans une ligne et pour isoler cette dernière. En effet, les éléments de protection qui sont identiques comportent des limiteurs et/ou coupe-circuits pour limiter la valeur du courant à une valeur seuil prédéterminée en cas notamment d'un court-circuit sur une ligne et pour éventuellement couper le courant dans la ligne défectueuse.

25

Toutefois, il existe des cas où il est difficile d'identifier correctement la ligne réellement défectueuse et ceci peut résulter dans la déconnection d'une ligne non affectée par le défaut.

En effet, la Fig. 5 illustre de manière schématique un exemple d'un circuit électrique de courant continu affecté par un court-circuit, selon l'art antérieur.

30

Ce circuit électrique comporte trois nœuds N_1 , N_2 et N_3 reliés entre eux ainsi qu'à des charges électriques 5 par plusieurs branches B_1 - B_{10} comportant des éléments de

protection P_1 - P_{10} respectivement et parcourus par des intensités de courants I_1 - I_{10} respectivement.

En appliquant la loi des nœuds sur chacun des nœuds N_1 - N_3 et en tenant compte des sens d'orientation des intensités de courant représentés sur la figure, on obtient les équations suivantes : $I_3 = I_1 + I_2 - I_4$; $I_5 = I_3 + I_6 - I_7$; $I_9 = I_5 + I_8 - I_{10}$.

Supposons que l'impédance dans la branche B_5 est très inférieure à celle dans la branche B_3 et qu'un court-circuit I_5 est apparu dans la branche B_5 entre les nœuds N_2 et N_3 . Avant le court-circuit, l'intensité de courant I_5 dans la branche B_5 est alors très inférieure à l'intensité de courant I_3 dans la branche B_3 ($I_5 < I_3$) et par ailleurs, après le court-circuit, l'intensité de courant dans la branche B_5 est $I_{51} = I_5 + I_5$ et l'intensité de courant dans la branche B_3 est $I_{31} = I_3 + I_5$.

Etant donné qu'au départ $I_5 < I_3$, la valeur seuil prédéterminée est atteinte plus rapidement par l'intensité de courant dans la branche B_3 que par celle dans la branche B_5 et par conséquent, l'élément de protection P_3 de la branche B_3 détecte le court-circuit avant l'élément de protection P_5 de la branche B_5 . En conséquence, c'est le courant dans la branche B_3 non défectueuse qui sera coupé. Cet exemple illustre bien un cas où une branche valide a été isolée de manière erronée au lieu d'uniquement isoler celle qui est réellement défectueuse. Ceci peut créer un enchaînement de défauts en cascade pouvant éventuellement causer une coupure électrique totale (blackout).

L'objet de la présente invention est par conséquent de remédier aux inconvénients précités en proposant un système de protection d'un réseau électrique de courant continu permettant de facilement détecter et identifier les surintensités électriques et de ne déconnecter que la ligne défectueuse.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

Cet objectif est atteint par un système de protection d'un réseau électrique de courant continu, ledit réseau électrique comportant des nœuds reliés par des branches, ledit système comportant des coupe-circuits bidirectionnels montés dans lesdites branches, chaque coupe-circuit bidirectionnel étant associé à un nœud et étant configuré pour fonctionner selon des valeurs de coupe dépendantes du sens du courant relativement

audit nœud auquel il est associé, lesdites valeurs de coupe comportant une première valeur de coupe pour un courant électrique entrant dans ledit nœud et une deuxième valeur de coupe strictement supérieure à ladite première valeur de coupe pour un courant électrique sortant dudit nœud.

5 Ce système permet de correctement identifier tout défaut dans le réseau électrique quelle que soit la configuration du réseau et d'efficacement isoler l'élément défectueux.

Avantageusement, chaque coupe-circuit bidirectionnel est configuré pour mesurer l'intensité de courant circulant dans la branche dans laquelle il est monté et pour
10 détecter le sens du courant (entrant ou sortant) relatif audit nœud auquel il est associé, le coupe-circuit bidirectionnel étant en outre configuré pour limiter l'intensité de courant pendant un délai prédéterminé à la valeur de coupe correspondante (au sens du courant détecté) lorsque cette dernière aurait été atteinte par l'intensité du courant et pour couper le courant électrique après ce délai prédéterminé.

15 Ainsi, le système permet de limiter le courant électrique sur une interconnexion entre deux nœuds selon le sens de circulation pendant un délai pouvant dépendre de la structure du réseau.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, chaque coupe-circuit bidirectionnel comporte :

20 -un capteur de courant configuré pour détecter le sens du courant relatif audit nœud auquel le coupe-circuit bidirectionnel est associé ainsi que pour mesurer l'intensité de courant circulant dans la branche dans laquelle le coupe-circuit est monté,

-un microprocesseur configuré pour comparer l'intensité du courant à la valeur de coupe correspondant au sens de courant détecté, et pour transmettre un signal de
25 limitation pour limiter l'intensité de courant à ladite valeur de coupe pendant un délai prédéterminé et un signal de coupure pour couper le courant au-delà dudit délai prédéterminé,

-un limiteur de courant configuré pour limiter l'intensité de courant à ladite valeur de coupe pendant le délai prédéterminé lorsqu'il reçoit ledit signal de limitation, et

-un disjoncteur configuré pour couper le courant dans la branche dans laquelle le coupe-circuit est monté lorsqu'il reçoit ledit signal de coupure.

Cette structure permet au coupe-circuit de facilement discriminer les sens de courant et de fonctionner ainsi de manière bidirectionnelle selon des valeurs de coupe spécifiques à chaque sens du courant.

Avantageusement, ledit réseau d'alimentation électrique est un réseau maillé formant une structure en forme de filet.

Avantageusement, le réseau électrique de courant continu est un réseau d'alimentation électrique dans un aéronef.

L'invention vise également un réseau électrique de courant continu maillé, comportant le système de protection selon l'une quelconque des caractéristiques ci-dessus.

Le réseau maillé garantit ainsi une très grande sécurité d'alimentation électrique et une grande tolérance aux pannes tout en permettant une identification précise et une isolation efficace de tout élément défectueux.

L'invention vise aussi un aéronef comportant le réseau électrique selon les caractéristiques ci-dessus.

L'invention vise également un coupe-circuit bidirectionnel adapté pour être monté dans un circuit électrique, caractérisé en ce qu'il est configuré pour fonctionner avec des valeurs de coupe spécifiques dans chaque sens du courant électrique.

Avantageusement, le coupe-circuit bidirectionnel comporte :

-un capteur de courant configuré pour détecter le sens du courant relatif à un nœud ainsi que pour mesurer l'intensité de courant circulant dans une branche dans laquelle le coupe-circuit est monté,

-un microprocesseur configuré pour comparer l'intensité du courant à la valeur de coupe correspondant au sens de courant détecté, et pour transmettre un signal de limitation pour limiter l'intensité de courant à ladite valeur de coupe pendant un délai prédéterminé et un signal de coupure pour couper le courant au-delà dudit délai prédéterminé,

-un limiteur de courant configuré pour limiter l'intensité de courant à ladite valeur de coupe pendant le délai prédéterminé lorsqu'il reçoit ledit signal de limitation, et
-un disjoncteur configuré pour couper le courant dans la branche dans laquelle le coupe-circuit est monté lorsqu'il reçoit ledit signal de coupure.

5 Avantageusement, le limiteur de courant et le disjoncteur sont réunis dans un seul élément comportant un transistor à effet de champ de type MOSFET.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture du mode de réalisation préférentiel de l'invention fait à titre d'exemple non limitatif en
10 référence aux figures jointes parmi lesquelles :

La Fig. 1 illustre de manière schématique un système de protection d'un réseau électrique de courant continu, selon un mode de réalisation de l'invention ;

La Fig. 2 illustre de manière schématique l'application du système de protection selon la présente invention sur l'exemple du circuit électrique illustré sur la Fig. 5 ;

15 La Fig. 3 illustre de manière schématique un coupe-circuit bidirectionnel, selon un mode de réalisation préféré de l'invention ;

La Fig. 4 illustre de manière schématique un réseau électrique maillé de courant continu comportant le système de protection, selon un mode de réalisation préféré de l'invention ; et

20 La Fig. 5 illustre de manière schématique un exemple d'un circuit électrique de courant continu affecté par un court-circuit, selon l'art antérieur.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

Le principe à la base de l'invention est de faire dépendre la valeur de limitation d'un courant électrique à son sens de circulation.

25 La Fig. 1 illustre de manière schématique un système de protection d'un réseau électrique de courant continu, selon un mode de réalisation de l'invention.

Le réseau 1 d'alimentation électrique est un réseau de courant continu à haute tension (HVDC) comportant au moins un générateur électrique 3 alimentant un ensemble

d'équipements utilisateurs 5. Le réseau 1 comporte des nœuds $N_1, \dots, N_i, \dots, N_n$ reliés par des branches $B_1, \dots, B_k, \dots, B_m$ (ou câbles) assurant le transport du courant continu depuis le ou les générateur(s) électrique(s) 3 vers les différents équipements utilisateurs 5.

5 Le réseau 1 de courant continu permet d'éviter les effets capacitifs et inductifs dans les câbles B_k tout en diminuant les pertes par effet joule. Ce type de réseaux assure une grande stabilité dynamique et peut par conséquent, être avantageusement utilisé dans différents domaines industriels et en particulier dans l'aéronautique.

10 Conformément à l'invention, le système 7 de protection est configuré pour détecter tout changement brutal de l'intensité du courant et identifier l'élément affecté par le défaut dans le réseau 1 d'alimentation électrique afin de déconnecter cet élément défectueux.

15 Plus particulièrement, le système 7 de protection comporte des coupe-circuits bidirectionnels $C_1, \dots, C_j, \dots, C_p$ montés dans les différentes branches. Chaque coupe-circuit bidirectionnel C_j est associé à un nœud N_i correspondant et est configuré pour fonctionner selon des valeurs de coupe S_1 ou S_2 dépendantes du sens du courant relativement au nœud auquel il est associé. Ces valeurs de coupe comportent une première valeur de coupe S_1 pour un courant électrique entrant dans le nœud et une deuxième valeur de coupe S_2 strictement supérieure à la première valeur de coupe S_1 pour un courant électrique sortant du même nœud. Le fait d'associer à un courant électrique sortant d'un nœud une valeur
20 de coupe supérieure à celle pour un courant électrique entrant dans le nœud permet d'identifier avec précision la branche affectée par le défaut.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, chaque coupe-circuit bidirectionnel C_j comporte un moyen de mesure 9, un moyen de limitation 11 et un moyen de déconnection 13. Le moyen de mesure 9 est configuré pour mesurer l'intensité de
25 courant circulant dans la branche B_k dans laquelle le coupe-circuit C_j est monté et pour détecter le sens du courant entrant ou sortant par rapport au nœud N_i auquel le coupe-circuit C_j est associé.

30 Le moyen de limitation 11 est configuré pour limiter l'intensité de courant dans la branche défectueuse pendant un délai prédéterminé à la valeur de coupe associée au sens du courant détecté lorsque cette dernière aurait été atteinte par l'intensité du

courant. On notera que le délai prédéterminé peut éventuellement être quasiment nul dans le cas où la branche défectueuse doit être immédiatement déconnectée afin de ne pas endommager des équipements utilisateurs connectés à cette branche. En variante, les branches connectées aux équipements utilisateurs 5 peuvent comporter de simples coupe-circuits 15 qui sont configurés pour immédiatement couper le courant lorsqu'une surintensité est détectée dans la branche.

Finalement, le moyen de déconnection 13 est configuré pour couper le courant électrique après ce délai prédéterminé.

La Fig. 2 illustre de manière schématique l'application du système de protection selon la présente invention sur l'exemple du circuit électrique illustré sur la Fig. 5.

Comme précédemment, le circuit électrique comporte trois nœuds N_1 , N_2 et N_3 reliés entre eux ainsi qu'à des équipements utilisateurs 5 (ou charges électriques) par plusieurs branches B_1 - B_{10} .

D'après la loi des nœuds, la somme des intensités des courants qui entrent dans un nœud N_i est égale à la somme des intensités des courants qui en sortent. Ainsi, d'après la représentation du sens d'orientation de chaque intensité de courant, entrant ou sortant de chaque nœud N_i , on obtient les équations suivantes : $I_3 = I_1 + I_2 - I_4$; $I_5 = I_3 + I_6 - I_7$; et $I_9 = I_5 + I_8 - I_{10}$.

Le système de protection 7 selon l'invention comporte des coupe-circuits bidirectionnels $C_1, \dots, C_j, \dots, C_{12}$ montés dans les différentes branches. Chaque coupe-circuit bidirectionnel C_j est associé à un nœud N_i ($i=1, 2, 3$) correspondant. Plus particulièrement, les coupe-circuits bidirectionnels C_1, C_2, C_3, C_4 sont associés au nœud N_1 , les coupe-circuits bidirectionnels C_5, C_6, C_7 sont associés au nœud N_2 , et les coupe-circuits bidirectionnels C_8, C_9, C_{10} sont associés au nœud N_3 . Chaque coupe-circuit bidirectionnel C_j est configuré pour contrôler la valeur de coupe S_1 ou S_2 en fonction du sens du courant électrique. Un courant électrique entrant dans un nœud est limité par la première valeur de coupe S_1 tandis qu'un courant électrique sortant d'un nœud est limité par la deuxième valeur de coupe S_2 (avec $S_1 < S_2$).

Ainsi, lorsque tout fonctionne normalement, les coupe-circuits bidirectionnels C_1 - C_{12} sont opérationnels uniquement selon la plus petite valeur de coupe (i.e., la première

valeur de coupe S_1). Autrement dit, les intensités de courant seront limitées uniquement dans le sens des courants entrant les nœuds N_1 - N_3 . La deuxième valeur de coupe S_2 ne serait pas atteinte car les intensités de courant entrant dans un nœud sont déjà limitées à la première valeur de coupe S_1 . En conséquence, lorsqu'un coupe-circuit bidirectionnel C_j devient opérationnel selon la deuxième valeur de coupe S_2 , on reconnaît tout de suite qu'une augmentation brutale de l'intensité du courant est survenue dans la branche dans laquelle est monté ce coupe-circuit bidirectionnel C_j . Ainsi, la branche défectueuse est correctement identifiée et c'est elle qui sera isolée et non pas une autre.

Plus particulièrement, supposons qu'un court-circuit I_5 est apparu dans la branche B_5 entre les nœuds N_2 et N_3 . Dans ce cas l'intensité de courant dans la branche B_5 est $I_{51}=I_5+I_5$ et l'intensité de courant dans la branche B_3 est $I_{31}=I_3+I_5$.

En référence au nœud N_2 , l'intensité de courant I_{31} est entrante tandis que l'intensité de courant I_{51} est sortante. Ainsi, quel que soit la relation d'ordre entre les intensités de courant initiales I_3 et I_5 ($I_3 \leq I_5$ ou $I_5 < I_3$), le coupe-circuit bidirectionnel C_{31} monté dans la branche B_3 opère selon la première valeur de coupe S_1 tandis que le coupe-circuit bidirectionnel C_{51} monté dans la branche B_5 opère selon la deuxième valeur de coupe S_2 . On déduit alors (quel que soit les impédances dans les branches B_3 et B_5 ou quel que soit la configuration du circuit) que le court-circuit a eu lieu dans la branche B_5 et non dans B_3 et donc la branche défectueuse est correctement identifiée.

La Fig. 3 illustre de manière schématique un coupe-circuit bidirectionnel, selon un mode de réalisation préféré de l'invention.

Selon ce mode de réalisation, le coupe-circuit bidirectionnel C_j comporte un capteur de courant 21, un convertisseur analogique-numérique 23, un microprocesseur 25, un convertisseur numérique-analogique 27, un limiteur de courant 29 et un disjoncteur 31.

Le capteur de courant 21 est configuré pour détecter le sens du courant relatif au nœud N_i auquel il est associé ainsi que pour mesurer l'intensité de courant circulant dans la branche B_k dans laquelle le coupe-circuit est monté. Autrement dit, le capteur de courant 21 mesure la valeur algébrique du courant définie par une intensité (ou une norme) affectée d'un signe (+ ou -), ce qui permet de déterminer l'orientation du sens du courant

(entrant ou sortant) par rapport au nœud N_i auquel le coupe-circuit bidirectionnel est associé.

Le convertisseur analogique-numérique 23 est configuré pour convertir la valeur algébrique du courant mesurée par le capteur bidirectionnel en un signal de mesure numérique.

Le microprocesseur 25 est configuré pour recevoir le signal de mesure numérique depuis le convertisseur analogique-numérique 23 et pour comparer l'intensité du courant mesurée à la valeur de coupe (S_1 ou S_2) correspondant au sens de courant détecté. Ainsi, si le courant est entrant dans le nœud, alors son intensité de courant est comparée à la première valeur de coupe S_1 tandis que si le courant est sortant du nœud, alors son intensité de courant est comparée à la deuxième valeur de coupe S_2 . Si la valeur de coupe (S_1 ou S_2 selon le sens du courant) est atteinte, le courant sera limité pendant un délai prédéterminé à la valeur de coupe désignée avant que la branche défectueuse soit isolée. En effet, le microprocesseur 25 est configuré pour transmettre au convertisseur numérique-analogique 27 un signal numérique de limitation pour limiter l'intensité de courant à la valeur de coupe désignée pendant un délai prédéterminé et après l'écoulement de ce délai, il envoie un signal numérique de coupure pour couper le courant.

Le convertisseur numérique-analogique 27 est configuré pour convertir les signaux numériques de limitation et de coupure en des signaux analogiques de limitation et de coupure.

Le limiteur de courant 29 est configuré pour recevoir le signal analogique de limitation lui permettant de limiter l'intensité de courant à la valeur de coupe désignée (S_1 ou S_2 selon le sens du courant) pendant le délai prédéterminé. Le limiteur de courant 29 est configuré pour limiter le courant uniquement pendant la durée prédéterminée. Cette durée peut dépendre de la configuration du coupe-circuit bidirectionnel C_j et de la durée maximale pendant laquelle la surintensité peut être tolérée dans la partie du réseau affectée par le défaut. Le limiteur de courant 29 correspond ainsi à un composant ayant une inductance quasi nulle en condition normale et très grande en cas de défaut.

Finalement, le disjoncteur 31 est configuré pour recevoir le signal analogique de coupure lui permettant de couper le courant dans la branche (identifiée comme défectueuse) dans laquelle le coupe-circuit est monté.

Avantageusement, le limiteur de courant 29 et le disjoncteur 31 sont réunis
5 dans un seul élément 33 comportant essentiellement un transistor à effet de champ de type MOSFET. Dans ce cas, le transistor MOSFET est configuré pour être contrôlé à la fois par le courant du signal analogique de limitation et celui du signal analogique de coupure. En effet, lorsqu'il est contrôlé par le courant du signal de limitation, le transistor MOSFET est configuré pour agir comme un résistor dont la résistance peut être variée en fonction
10 de la valeur de coupe désignée (S_1 ou S_2). En outre, lorsqu'il est contrôlé par le courant du signal de coupure, le transistor MOSFET est configuré pour agir comme un interrupteur pour déconnecter la branche dans laquelle est monté le coupe-circuit.

La Fig. 4 illustre de manière schématique un réseau électrique maillé de courant continu comportant le système de protection, selon un mode de réalisation préféré de
15 l'invention.

Selon ce mode de réalisation, le réseau 1 électrique de courant continu est un réseau maillé (ou « mesh ») formant une structure en forme de filet comportant des nœuds d'alimentation N_p connectés pair à pair par des branches B_k (ou câbles) de liaisons. Le réseau 1 est alimenté par une source 41 de courant continu HVDC qui débite un courant à
20 partir des nœuds d'injections N_{in} vers des équipements utilisateurs 5 via le réseau de nœuds d'alimentation N_p . Plusieurs équipements utilisateurs 5 peuvent être connectés à un même nœud d'alimentation N_p . Chaque maille selon l'exemple illustré sur la Fig. 4 est de forme hexagonale dont les sommets sont occupés par les nœuds d'alimentation N_p et certaines mailles sont centrées par un nœud d'injection N_{in} . Le courant est injecté par
25 chaque nœud d'injection N_{in} vers les nœuds d'alimentation N_p voisins et ensuite à partir de chaque nœud d'alimentation N_p , le courant peut circuler dans les différentes branches B_k selon l'un quelconque des deux sens d'écoulement en fonction des éléments ou équipements utilisateurs 5 mis en marche.

Cette architecture permet aux nœuds d'alimentation N_p d'être reliés entre eux
30 par de nombreux chemins apportant une grande sécurité et une grande tolérance aux

pannes. En effet, si un chemin (constitué de nœuds et de branches) est défectueux, les courants peuvent emprunter les autres chemins pour assurer la continuité de l'alimentation électrique.

5 En outre, le réseau 1 maillé de courant continu est protégé par le système de protection 7 selon l'invention. En effet, des coupe-circuits bidirectionnels C_j sont montés dans les différentes branches B_k d'interconnexion et chaque coupe-circuit bidirectionnel C_j est associé à un nœud afin de rapidement identifier et isoler tout élément (nœuds ou branche d'interconnexion) défectueux.

10 Avantageusement, le réseau 1 électrique maillé de courant continu est un réseau d'alimentation électrique dans un aéronef fournissant par exemple une tension continue d'environ 270VDC. Le courant électrique continu fourni par des générateurs électriques de l'aéronef est acheminé à partir des nœuds d'injections N_{in} vers les différents équipements électriques 5 de l'aéronef via le réseau de nœuds d'alimentation N_p et branches B_k d'interconnexion qui est protégé par le système de protection 7 selon
15 l'invention.

En outre, les coupe-circuits bidirectionnels C_j sont montés dans les différentes branches d'interconnexion et chaque coupe-circuit bidirectionnel est associé à un nœud (d'injection ou d'alimentation) afin de rapidement identifier et isoler tout élément défectueux. Chaque coupe-circuit bidirectionnel fonctionne selon une première valeur de
20 coupe S_1 qui peut par exemple être de l'ordre de 8A pour un courant électrique entrant dans un nœud et une deuxième valeur de coupe S_2 (avec $S_1 < S_2$) qui peut par exemple être de l'ordre de 10A pour un courant électrique sortant du nœud.

Le réseau électrique maillé de courant continu permet ainsi de satisfaire les besoins de l'aéronautique qui sont de plus en plus dictés par des contraintes
25 particulièrement sévères de sécurité, de fiabilité et de redondance. En outre, le système de protection permet d'identifier rapidement et avec précision tout élément défectueux assurant ainsi une sécurité optimale au réseau d'alimentation de l'aéronef.

REVENDEICATIONS

1. Système de protection d'un réseau (1) électrique de courant continu, ledit réseau (1) électrique comportant des nœuds (N_i) reliés par des branches (B_k), ledit système étant caractérisé en ce qu'il comporte des coupe-circuits bidirectionnels (C_j) montés dans lesdites branches, chaque coupe-circuit bidirectionnel (N_i) étant associé à un nœud (N_i) et étant configuré pour fonctionner selon des valeurs de coupe dépendantes du sens du courant relativement audit nœud auquel il est associé, lesdites valeurs de coupe comportant une première valeur de coupe pour un courant électrique entrant dans ledit nœud et une deuxième valeur de coupe strictement supérieure à ladite première valeur de coupe pour un courant électrique sortant dudit nœud.

2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque coupe-circuit bidirectionnel est configuré pour mesurer l'intensité de courant circulant dans la branche dans laquelle il est monté et pour détecter le sens du courant (entrant ou sortant) relatif audit nœud auquel il est associé, le coupe-circuit bidirectionnel étant en outre configuré pour limiter l'intensité de courant pendant un délai prédéterminé à la valeur de coupe correspondante (au sens du courant détecté) lorsque cette dernière aurait été atteinte par l'intensité du courant et pour couper le courant électrique après ce délai prédéterminé.

3. Système selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que chaque coupe-circuit bidirectionnel comporte :

-un capteur de courant configuré pour détecter le sens du courant relatif audit nœud auquel le coupe-circuit bidirectionnel est associé ainsi que pour mesurer l'intensité de courant circulant dans la branche dans laquelle le coupe-circuit est monté,

-un microprocesseur configuré pour comparer l'intensité du courant à la valeur de coupe correspondant au sens de courant détecté, et pour transmettre un signal de limitation pour limiter l'intensité de courant à ladite valeur de coupe pendant un délai prédéterminé et un signal de coupure pour couper le courant au-delà dudit délai prédéterminé,

-un limiteur de courant configuré pour limiter l'intensité de courant à ladite valeur de coupe pendant le délai prédéterminé lorsqu'il reçoit ledit signal de limitation, et
-un disjoncteur configuré pour couper le courant dans la branche dans laquelle le coupe-circuit est monté lorsqu'il reçoit ledit signal de coupure.

5

4. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit réseau d'alimentation électrique est un réseau maillé formant une structure en forme de filet.

10

5. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le réseau électrique de courant continu est un réseau d'alimentation électrique dans un aéronef.

15

6. Réseau électrique de courant continu maillé, caractérisé en ce qu'il comporte le système de protection selon l'une quelconque des revendications précédentes.

7. Aéronef caractérisé en ce qu'il comporte le réseau électrique selon la revendication 6.

20

8. Coupe-circuit bidirectionnel adapté pour être monté dans un système de protection de la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est configuré pour fonctionner avec des valeurs de coupe spécifiques dans chaque sens du courant électrique.

25

9. Coupe-circuit bidirectionnel selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comporte :

-un capteur de courant configuré pour détecter le sens du courant relatif à un nœud ainsi que pour mesurer l'intensité de courant circulant dans une branche dans laquelle le coupe-circuit est monté,

30

-un microprocesseur configuré pour comparer l'intensité du courant à la valeur de coupe correspondant au sens de courant détecté, et pour transmettre un signal de

limitation pour limiter l'intensité de courant à ladite valeur de coupe pendant un délai prédéterminé et un signal de coupure pour couper le courant au-delà dudit délai prédéterminé,

- 5 -un limiteur de courant configuré pour limiter l'intensité de courant à ladite valeur de coupe pendant le délai prédéterminé lorsqu'il reçoit ledit signal de limitation, et
- un disjoncteur configuré pour couper le courant dans la branche dans laquelle le coupe-circuit est monté lorsqu'il reçoit ledit signal de coupure.

- 10 **10.** Coupe-circuit bidirectionnel selon la revendication 10, caractérisé en ce que le limiteur de courant et le disjoncteur sont réunis dans un seul élément comportant un transistor à effet de champ de type MOSFET.

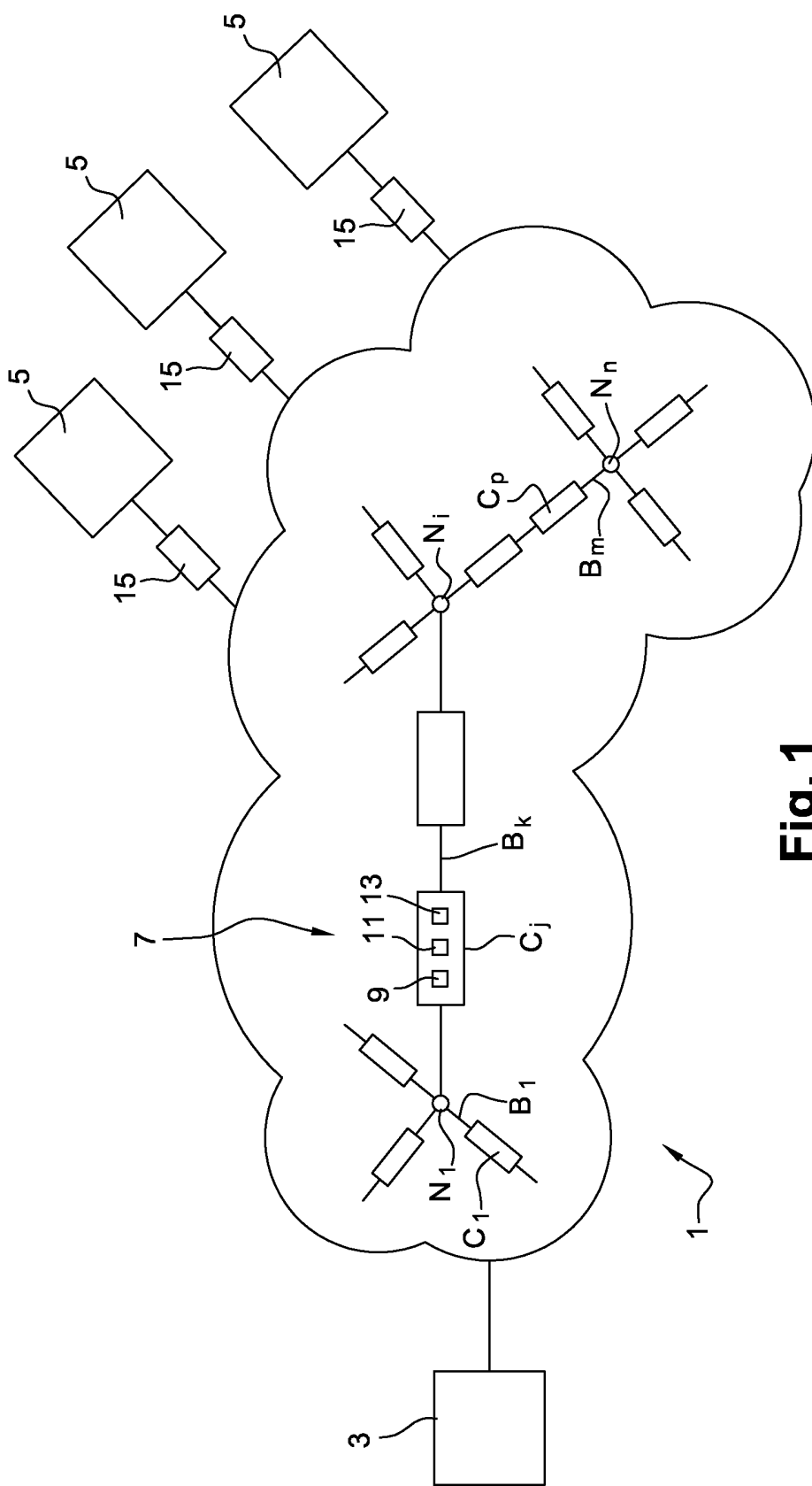


Fig. 1

2 / 4

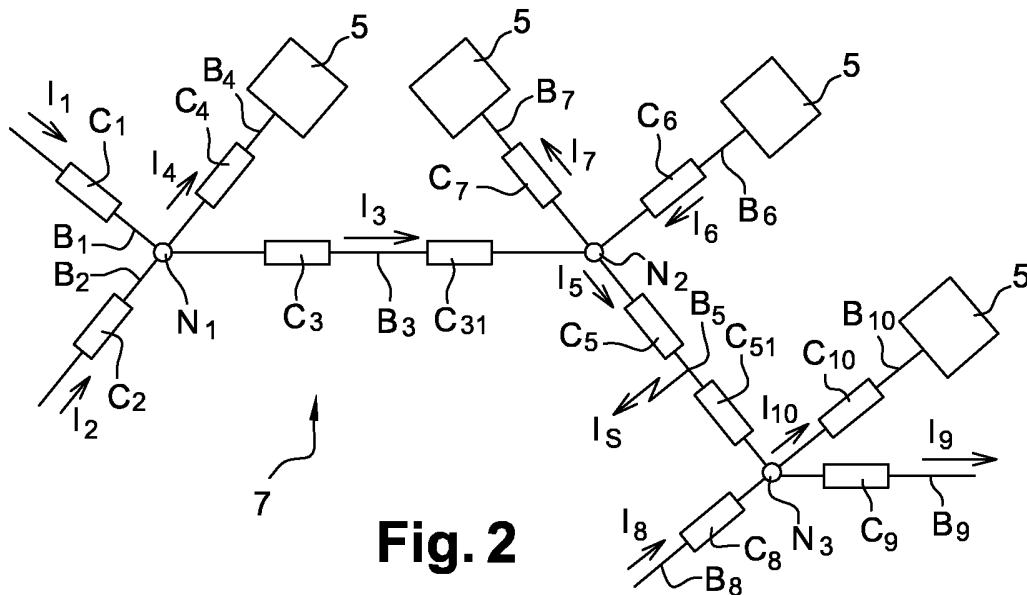


Fig. 2

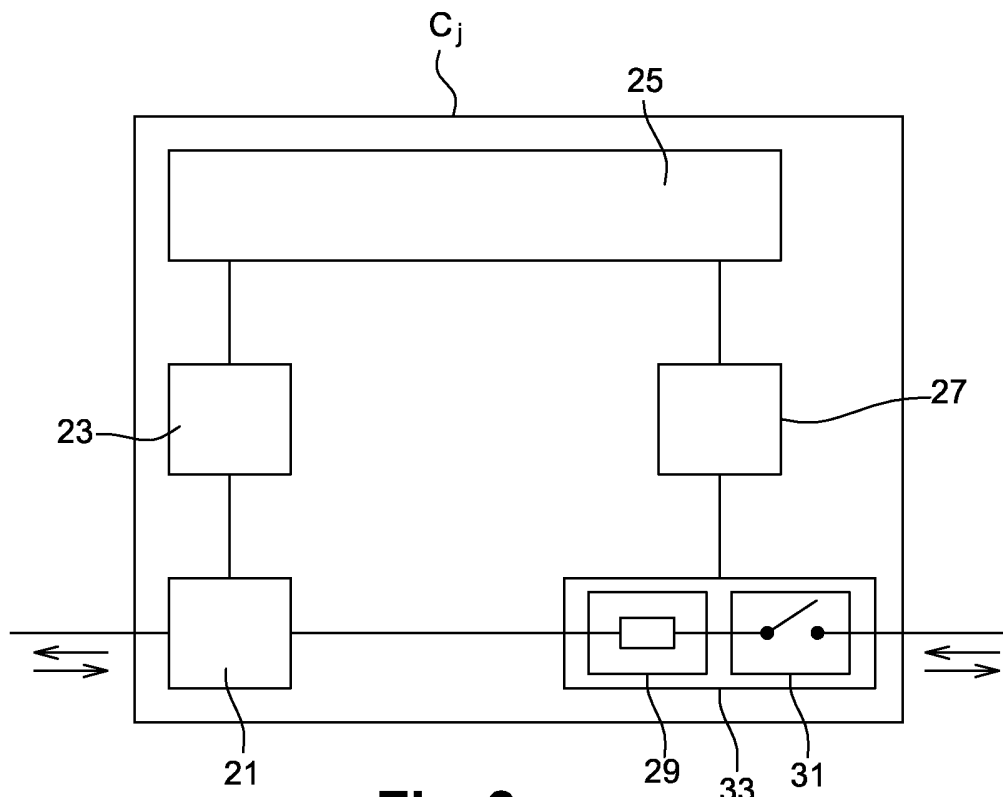


Fig. 3

3/4

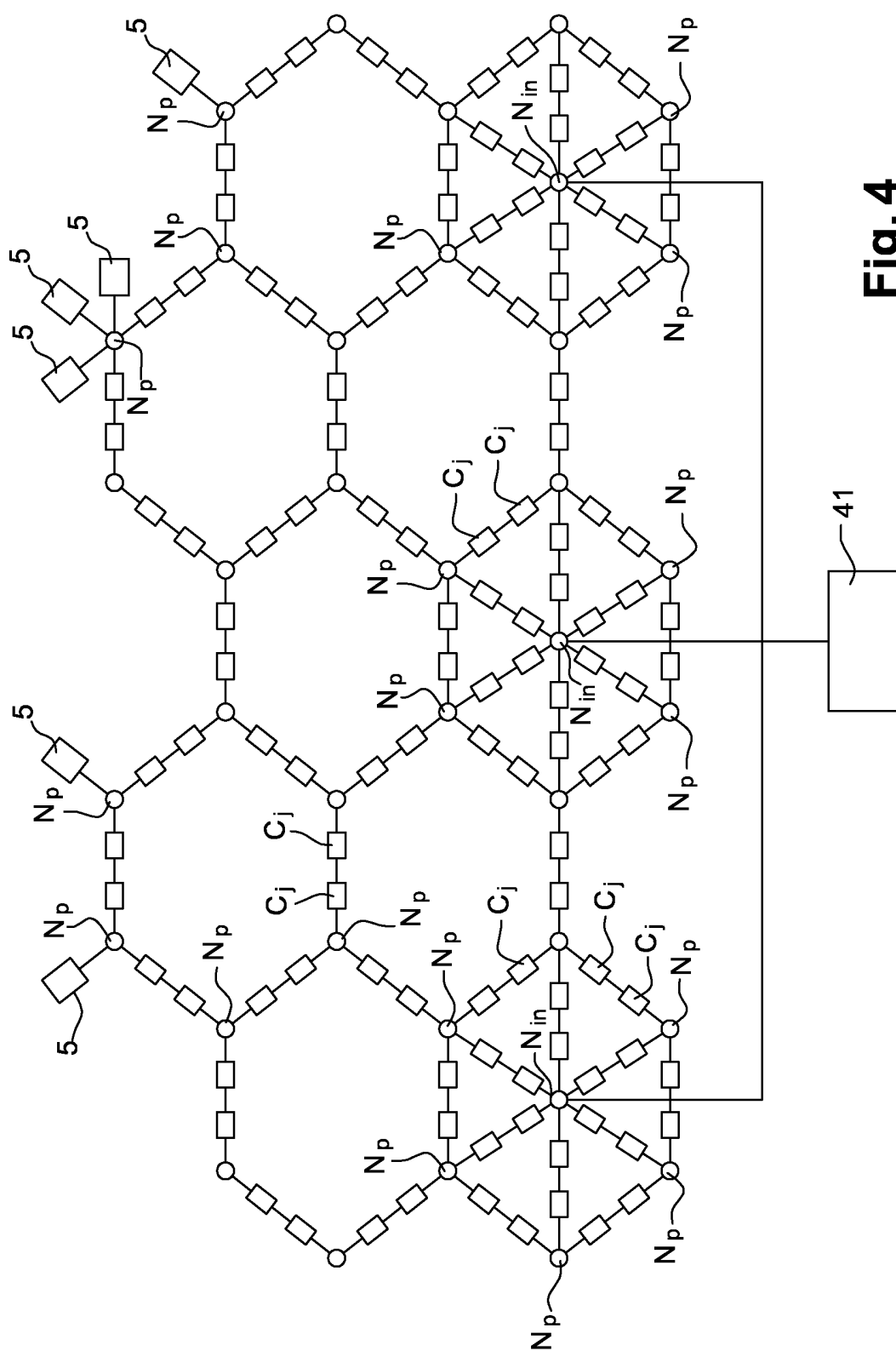


Fig. 4

4 / 4

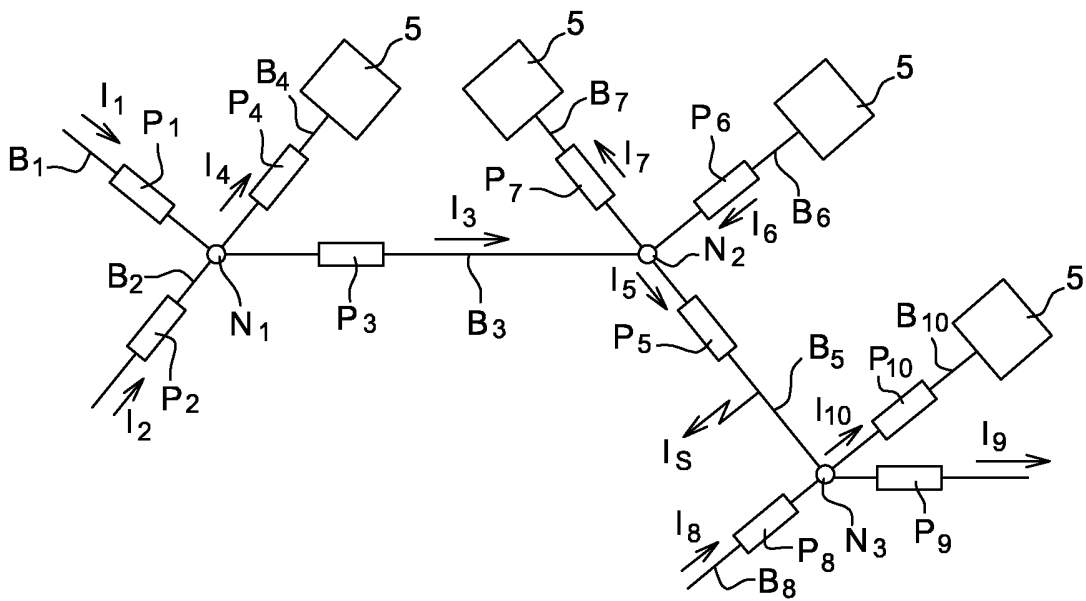


Fig. 5
Art Antérieur


**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

 établi sur la base des dernières revendications
dépôtées avant le commencement de la recherche
N° d'enregistrement
nationalFA 825981
FR 1651464

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 2 442 417 A1 (SIEMENS AG [DE]) 18 avril 2012 (2012-04-18)	1,4,6,8	H02H3/087
A	* alinéa [0046] - alinéa [0059]; revendications 1-13; figure 1 * * abrégé *	2,3,5,7, 9,10	
A	WO 2013/131782 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 12 septembre 2013 (2013-09-12) * abrégé; revendications 1-12; figures 2,6 *	1-10	
A	US 2013/286521 A1 (PARK JAE-DO [US]) 31 octobre 2013 (2013-10-31) * alinéa [0028] - alinéa [0034]; figures 1,2 * * abrégé *	1-10	
A	EP 2 910 959 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 26 août 2015 (2015-08-26) * abrégé; revendications 1-3,10-12,14 *	1-10	
A	WO 2012/123015 A1 (ABB TECHNOLOGY AG [CH]; BERGGREN BERTIL [SE]; HAEFNER JURGEN [SE]; JUH) 20 septembre 2012 (2012-09-20) * abrégé; revendications 1-5; figures 2,3,5 *	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H02H
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
22 décembre 2016		Lehnberg, Christian	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1651464 FA 825981**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 22-12-2016

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2442417	A1	18-04-2012	BR 112013009300 A2	19-07-2016
			CA 2814884 A1	26-04-2012
			CN 103155328 A	12-06-2013
			DK 2442417 T3	06-06-2016
			EP 2442417 A1	18-04-2012
			ES 2578712 T3	29-07-2016
			JP 5710010 B2	30-04-2015
			JP 2013540416 A	31-10-2013
			KR 20130091348 A	16-08-2013
			SG 187779 A1	28-03-2013
			US 2013215543 A1	22-08-2013
			WO 2012052325 A1	26-04-2012

WO 2013131782	A1	12-09-2013	CA 2865726 A1	12-09-2013
			CN 104350657 A	11-02-2015
			EP 2823544 A1	14-01-2015
			GB 2501057 A	16-10-2013
			KR 20140135795 A	26-11-2014
			US 2015116876 A1	30-04-2015
			WO 2013131782 A1	12-09-2013

US 2013286521	A1	31-10-2013	AUCUN	

EP 2910959	A1	26-08-2015	CN 106062574 A	26-10-2016
			EP 2910959 A1	26-08-2015
			WO 2015124622 A1	27-08-2015

WO 2012123015	A1	20-09-2012	CN 103403991 A	20-11-2013
			EP 2684268 A1	15-01-2014
			US 2014002943 A1	02-01-2014
			WO 2012123015 A1	20-09-2012
