

(19)



(11)

EP 4 543 142 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
23.04.2025 Bulletin 2025/17

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
H05B 3/28 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **24306705.5**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
H05B 3/28

(22) Date de dépôt: **16.10.2024**

(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:
• **BREHU, Benjamin**
85600 MONTAIGU (FR)
• **HERMOUET, Guillaume**
85140 LA MERLATIÈRE (FR)
• **DESTOUCHES, Nicolas**
35310 MORDELLES (FR)

(30) Priorité: **16.10.2023 FR 2311133**

(74) Mandataire: **Plasseraud IP**
104 Rue de Richelieu
CS92104
75080 Paris Cedex 02 (FR)

(71) Demandeur: **Satys Interiors France**
85600 Montaigu-Vendée (FR)

(54) **PANNEAUX EN SANDWICH INTEGRANT UNE FONCTION CHAUFFANTE**

(57) L'invention concerne un panneau en sandwich comprenant une peau supérieure conductrice thermiquement et une peau inférieure ; une âme disposée entre la peau supérieure et la peau inférieure et un câble résistif chauffant ; ledit panneau étant caractérisé en ce que le câble résistif est mono-conducteur, l'âme comprend une ou plusieurs cavités, le câble résistif chauffant mono-

conducteur étant logé dans l'une ou plusieurs cavités de l'âme et en ce que le taux de couverture est supérieur à 70%. L'invention concerne également son procédé de fabrication, son utilisation dans un véhicule ferroviaire ou aéronautique, ainsi qu'un assemblage, un plancher ou une cloison le comprenant.

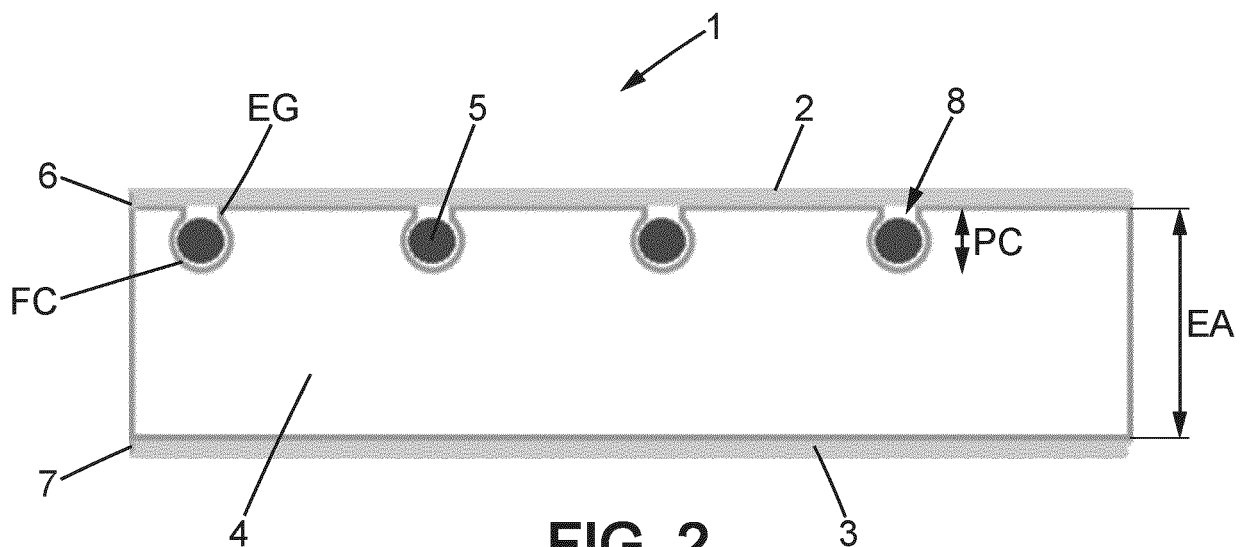


FIG. 2

EP 4 543 142 A1

Description

Domaine technique

- 5 **[0001]** La présente divulgation relève du domaine des panneaux intégrant une fonction chauffante, d'un procédé de fabrication de ceux-ci et de leurs utilisations.

Technique antérieure

- 10 **[0002]** Il est connu de fabriquer des panneaux composites ayant une architecture en sandwich servant à la production de planchers ou de cloisons dans l'intérieur des moyens de transport, tel que des habitacles de trains, avions, télécabines, ascenseurs ou servant dans le secteur du bâtiment pour le réchauffement habitations ou des espaces communs. Afin de contrôler la température à l'intérieur des enceintes et assurer le confort thermique, les panneaux en sandwich peuvent intégrer une fonction chauffante.
- 15 **[0003]** Les panneaux composites actuels comprennent des dispositifs de chauffage généralement électriques. Par exemple, des éléments chauffants configurés sous forme de films chauffants sont collés sur des panneaux de sol classiques posés dans des habitacles des véhicules ferroviaires et recouverts d'un revêtement de sol. Ces films chauffants, notamment ceux présentant un indice IP d'au moins 66 (indice IP66 minimum), ne sont pas hermétiquement fermés, de sorte que l'humidité pénétrante peut les endommager. L'indice IP indique le degré de protection de l'appareil
- 20 contre la pénétration des corps solides (1er chiffre) et contre la pénétration de l'eau (2e chiffre). Le classement s'effectue en efficacité croissante. Il est attribué au matériel à la suite d'une série d'essais définis par la norme NF EN 60.529, la norme IP est publiée par l'IEC (en anglais *International Electrotechnical Commission* - la Commission électrotechnique internationale).
- 25 **[0004]** Les panneaux en sandwich ont généralement une configuration où une âme est placée entre deux peaux. Cela n'exclut pas la présence des couches additionnelles pouvant être intégrées dans le panneau pour apporter des fonctions supplémentaires, telles que des fonctions chauffantes, acoustiques ou mécaniques. Des éléments chauffants peuvent être encapsulés dans un film (Cu, Al, inox), ce dernier pouvant être intégré sous la forme d'une couche dans un panneau en sandwich ou adossé à l'une des peaux du panneau. Un plancher selon l'art antérieur est illustré schématiquement dans la Fig. 1. Le plancher 1 peut être composé d'un panneau en sandwich en aluminium avec un nid d'abeille 14 entre deux
- 30 peaux d'aluminium 13, 15. Le panneau en sandwich est composé d'une peau supérieure 15, d'une âme en nid d'abeille 14 et d'une peau inférieure 13. Au-dessus de ce panneau en sandwich se trouve un revêtement de sol 16, de la moquette par exemple. Le panneau en sandwich comprend un film chauffant 12 encapsulant les éléments chauffants. Le film chauffant 12 est adossé à la peau inférieure du panneau 13, se situant entre celle-ci et une laine isolante 11. Le film chauffant 12 est autoadhésif, il est collé à la peau du panneau 13 grâce à un adhésif transfert.
- 35 **[0005]** Selon les expérimentations de la présente Demanderesse, les données des essais en comportement thermique des panneaux chauffants intégrant des films chauffants encapsulant la fonction chauffante montrent que les panneaux sont parfois soumis à des problèmes d'inhomogénéité de température. En effet, ceci est dû à plusieurs facteurs parmi lesquels les effets de bord : pertes de chaleur sur les bords du panneau dues aux profilés en aluminium de celui-ci mais aussi aux nombreux facteurs externes comme des contraintes mécaniques et les variations de conditions environne-
- 40 mentales dans le cas des véhicules. En plus, les problèmes d'inhomogénéité de température peuvent également être dus à la concentration de la chaleur autour des films chauffants. En effet, les films chauffants ont une construction homogène entraînant ainsi un chauffage plus important au centre du film qu'à ses extrémités, donc une moins bonne homogénéité. Par conséquent, des pics de température se produisent au niveau des éléments chauffants et diminuent la puissance de chauffage ou entraînent une consommation d'énergie inutilement élevée pour atteindre la température souhaitée dans
- 45 l'habitacle.
- [0006]** Par ailleurs, la forme des films s'adapte peu aux formes des panneaux, voire pas du tout dans les cas des panneaux à géométrie plus complexe ou irrégulière. Par conséquent, des parties des panneaux risquent d'être peu ou pas chauffées, car non couvertes par ces films. Ces panneaux présentent un taux de couverture insuffisant.
- 50 **[0007]** Il existe donc un besoin de fournir des panneaux permettant une diffusion plus homogène de la même quantité de chaleur sur toute la surface de celui-ci, ou de moins plus contrôlée, présentant un taux de couverture élevé et cela sans contrainte particulière imposée par la géométrie du panneau.
- [0008]** Bien que performants, les films chauffants ont toutefois beaucoup de limites. D'une part, leur coût reste élevé. D'autre part, comme expliqué ci-avant, les films chauffants présentent une architecture standard peu adaptable. En effet, chaque changement de géométrie de panneau impose un changement dans l'architecture du film. A son tour, tout
- 55 changement d'architecture interne des films chauffants (par exemple disposition des éléments de chauffage à l'intérieur du film) nécessite un changement d'outillage, ce qui implique des coûts et des délais supplémentaires lors du procédé de fabrication. Son procédé d'obtention n'est donc pas flexible, donc peu attractif.
- [0009]** Les documents US 2012/234819, CN 106 714 346, FR 2 610 098, US 5 740 858, EP 1 055 087 décrivent l'emploi

de câbles possédant une fonction de chauffages, ces câbles étant, de manière classique pour une personne du métier, des câbles chauffants double conducteurs. A la connaissance de la Demanderesse, les câbles chauffants utilisés pour des planchers dans le domaine du transport sont exclusivement des câbles biconducteurs. Les câbles biconducteurs, composés généralement d'un conducteur pour le courant et d'un pour la mise à la terre ou le retour, sont connus pour leur capacité à gérer des puissances surfaciques importantes et à pouvoir être déployés sur des longues distances, avec peu de contraintes de dimensionnement. Selon les constatations de l'inventeur, en raison de leur diamètre assez important, l'intégration de câbles bi conducteurs dans les différentes couches des planchers n'est pas idéale en ce qu'elle affecte leur résistance mécanique en créant des points de faiblesse au sein du panneau. On demeure donc à la recherche d'un panneau en sandwich intégrant facilement une fonction chauffante, ledit panneau permettant une distribution homogène de la chaleur et un bon taux de couverture, tout en minimisant les pertes de chaleur, notamment au niveau des bordures latérales et en fournissant une bonne résistance mécanique. La présente divulgation vient améliorer la situation.

Résumé

[0010] Selon un premier aspect, l'invention concerne un panneau en sandwich comprenant :

- une peau supérieure conductrice thermiquement et une peau inférieure ;
- une âme disposée entre la peau supérieure et la peau inférieure et
- un câble résistif chauffant ;

ledit panneau étant remarquable en ce que le câble résistif est mono-conducteur, l'âme comprend une ou plusieurs cavités, le câble résistif chauffant mono-conducteur étant logé dans l'une ou plusieurs cavités de l'âme et en ce que le taux de couverture est supérieur à 70%.

[0011] En adaptant la structure de l'âme, il est possible d'y placer le moyen de chauffage, le câble résistif mono-conducteur, éventuellement par pression, avant l'ajout des peaux pour fabriquer le panneau. Ce nouveau système de chauffage permettra de distribuer sélectivement la chaleur au travers des peaux du panneau. En effet, l'âme permet de protéger le moyen de chauffage vis-à-vis du milieu ambiant, notamment des variations de température externes et les chocs mécaniques. Ainsi, les pertes de chaleur au niveau des bords du panneau sont limitées. L'âme offre également une isolation électrique pour empêcher les fuites de courant en dehors du panneau, par exemple dans le plancher ou la cloison dont le panneau fait partie.

[0012] Un tel panneau permet donc un chauffage homogène et efficace tout en présentant une structure rigide, résistante aux chocs mécanique et suffisamment mince.

[0013] Par ailleurs, le procédé de fabrication de ces panneaux est flexible car la forme du circuit du câble résistif mono-conducteur peut-être facilement adaptée en adaptant la disposition de ou des cavités selon les besoins et l'application de la personne du métier. Par exemple, les cavités peuvent être disposées de manière à contourner un obstacle qui pourrait traverser le panneau.

[0014] Un panneau selon l'invention présente un taux de couverture supérieure à 70%, de préférence supérieure à 75%, de préférence encore supérieure à 80%, alors qu'un panneau intégrant de film chauffants atteigne rarement un taux de couverture supérieur à 66% (ratio entre la surface couverte par un film chauffant et la surface totale d'un panneau).

[0015] Bien que plus fin qu'un câble bi conducteur, un câble résistif chauffant mono-conducteur impose des contraintes de dimensionnement spécifiques à son incorporation. En effet, plus un fil est fin et long, plus sa résistance électrique est grande. Pour maintenir une puissance surfacique au moins équivalente, sans être lié par une théorie, les inventeurs ont remarqué que l'homogénéité du chauffage sur l'intégralité du panneau est améliorée avec l'augmentation de la zone chauffée et, afin d'assurer un chauffage homogène, il est estimé, selon l'invention, que le taux de couverture soit supérieur à 70%. La résistance linéique du câble peut être ensuite ajustée en fonction de la tension d'alimentation et de la puissance thermique à fournir.

[0016] Par chauffage homogène ou distribution homogène de la chaleur, on entend une bonne répartition de la température sur le panneau, le gradient de température entre le point le plus chaud et le point le plus froid du panneau est inférieur à 7°C, de préférence inférieur à 5°C.

[0017] Selon l'invention, par « taux de couverture », on entend le ratio entre la surface couverte par le câble résistif chauffant mono-conducteur et la surface totale d'un panneau.

[0018] Selon un autre aspect, il est proposé un procédé de fabrication d'un panneau selon le premier aspect comprenant les étapes suivantes :

- Fournir deux peaux et une âme présentant une ou plusieurs cavités ménagées ;

EP 4 543 142 A1

- Loger un câble résistif chauffant mono-conducteur à l'intérieur des cavités ;
- Appliquer une couche adhésive sur chacune des deux faces de l'âme ;
- 5 - Recouvrir les faces de l'âme avec les peaux de manière à former un ensemble ;
- Presser l'ensemble pendant une durée supérieure à 20 minutes.

[0019] Selon un autre aspect, il est proposé une utilisation d'un panneau selon le premier aspect ou obtenu selon le deuxième aspect dans un véhicule ferroviaire comme panneau chauffant par circulation d'un courant électrique dans le câble résistif chauffant mono-conducteur.

[0020] Selon un autre aspect, il est proposé une utilisation d'un panneau selon le premier aspect ou obtenu selon le deuxième aspect dans un véhicule aéronautique comme panneau chauffant par circulation d'un courant électrique dans le câble résistif chauffant mono-conducteur.

[0021] Selon un autre aspect, il est proposé un plancher ou une cloison comprenant un panneau selon le premier aspect ou obtenu selon le deuxième aspect.

[0022] Les caractéristiques exposées dans les paragraphes suivants peuvent, optionnellement, être mises en oeuvre, indépendamment les unes des autres ou en combinaison les unes avec les autres :

- 20 - l'âme présente une épaisseur totale EA et l'une ou plusieurs cavités présente une profondeur PC, la profondeur PC étant inférieure à l'épaisseur totale EA de l'âme ;
- deux couches adhésives peuvent être situées de part et d'autre de l'âme de manière à relier la face supérieure de l'âme à la peau supérieure et la face inférieure de l'âme à la peau inférieure ;
- 25 - les peaux supérieure et inférieure peuvent être en aluminium ;
- l'âme peut être une mousse, de préférence une mousse polymérique ;
- 30 - le diamètre de la cavité peut être compris entre 0,2 mm et 5,5 mm, de préférence entre 0,5 mm et 5,5 mm, ou de préférence entre 0,2 mm et 4 mm ;
- le panneau peut présenter une épaisseur totale, mesurée depuis la peau supérieure à la peau inférieure comprise entre 5 mm et 100 mm, de préférence entre 10 mm à 50 mm ;
- 35 - le câble résistif peut serpenter suivant le chemin sur la surface du panneau, avec une période des ondulations du chemin de valeur D suivant une direction du panneau, la valeur D étant comprise entre 25 et 80 mm, de préférence entre 35 et 70 mm ;
- 40 - le panneau peut être dépourvu d'une couche métallique, telle qu'une feuille en aluminium, disposée entre le câble résistif chauffant et l'âme ;
- le panneau peut être dépourvu d'une couche conductrice thermiquement disposée entre le moyen de chauffage et la couche isolante thermiquement ;
- 45 - le câble peut s'étendre selon la longueur de la cavité ou de chacune des cavités, la ou les cavités étant des rainures ayant une section de profondeur PC entre 2 mm et 8 mm et de largeur entre 1 mm et 5,5 mm ;
- le câble résistif chauffant mono-conducteur peut comprendre un conducteur résistif et une enveloppe isolante électrique ;
- 50 - le diamètre du câble résistif chauffant mono-conducteur peut être compris entre 1 mm et 5 mm, de préférence entre 1,2 mm et 3 mm ;
- 55 - la ou les cavités présentent une largeur de l'entrée de gorge supérieure au diamètre du câble, ladite cavité peut être dimensionnée pour autoriser l'insertion du câble en déformant élastiquement la ou les entrées de gorge de ladite ou desdites cavités ;

- l'âme peut comprend une ou plusieurs cavités ménagées débouchant sur au moins l'une des faces de l'âme,
- l'âme présente une face supérieure adjacente à la peau supérieure conductrice thermiquement et une face inférieure adjacente à la peau inférieure et en ce que l'âme comprend une ou plusieurs cavités ménagées débouchant sur au moins l'une des faces de l'âme, optionnellement sur chacune des faces et donc chacune intégrant au moins un câble ;
- le panneau présentant une portion intermédiaire située entre deux zones de bord, ledit panneau étant caractérisé en ce que la densité de couverture du câble résistif est supérieure au niveau de deux zones de bord du panneau par comparaison à une portion intermédiaire.

Brève description des dessins

[0023] D'autres caractéristiques, détails et avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée ci-après, et à l'analyse des dessins annexés, sur lesquels :

Fig. 1

[Fig. 1] montre un schéma d'une coupe selon un plan perpendiculaire au plancher comprenant un panneau en sandwich selon l'art antérieur.

Fig. 2

[Fig. 2] montre un schéma d'une coupe selon un plan perpendiculaire au panneau en sandwich selon un mode de réalisation.

Fig. 3

[Fig. 3] montre un schéma simplifié d'une vue du dessus d'un chemin de la cavité d'un panneau en sandwich selon un mode de réalisation, le câble résistif serpentant suivant le chemin de manière homogène sur la surface du panneau, avec une période des ondulations du chemin de valeur constante suivant une direction du panneau.

Fig. 4

[Fig. 4] montre un schéma simplifié d'une vue du dessus d'un chemin de la cavité d'un panneau en sandwich selon un mode de réalisation, le câble résistif serpentant suivant le chemin, de manière hétérogène, la période des ondulations du chemin au niveau de deux zones de bord du panneau étant de valeur inférieure à la valeur période des ondulations au niveau d'une portion centrale intermédiaire entre les deux zones de bord.

Fig. 5

[Fig. 5] montre un schéma d'une coupe selon un plan perpendiculaire au panneau en sandwich selon un mode de réalisation illustrant la période entre deux ondulations.

Fig. 6

[Fig. 6] montre un schéma simplifié d'une vue du dessus d'un chemin de la cavité d'un panneau en sandwich selon le mode de réalisation d'un branchement monophasé.

Fig. 7

[Fig. 7] montre un schéma simplifié d'une vue du dessus d'un chemin de la cavité d'un panneau en sandwich selon un mode de réalisation, d'un branchement triphasé en étoile.

Fig. 8

[Fig. 8] montre un schéma simplifié d'une vue du dessus d'un chemin de la cavité d'un panneau en sandwich selon un mode de réalisation dudit ensemble comportant une alimentation électrique triphasée en triangle et son raccordement au panneau sandwich chauffant, le raccordement triphasé en triangle effectué par des fils électriques non intégrés au panneau en sandwich.

Fig. 9

[Fig. 9] montre un schéma simplifié d'une vue du dessus d'un chemin de la cavité d'un panneau en sandwich selon un mode de réalisation, et d'un branchement triphasé en triangle comportant des fils électriques intégrés au panneau en sandwich.

Description des modes de réalisation

[0024] Selon un premier aspect, l'invention propose un panneau en sandwich comprenant :

- une peau supérieure conductrice thermiquement et une peau inférieure ;
- une âme disposée entre la peau supérieure et la peau inférieure et
- un câble résistif chauffant ;

ledit panneau étant remarquable en ce que le câble résistif est mono-conducteur, l'âme comprend une ou plusieurs cavités, le câble résistif chauffant mono-conducteur étant logé dans l'une ou plusieurs cavités de l'âme et en ce que le taux de couverture est supérieur à 70%.

[0025] Par « panneau en sandwich », on entend un assemblage comprenant au moins trois couches, en l'espèce une structure présentant une couche intermédiaire, ci-appelée âme, entre deux couches externes, ci-appelées peau supérieure et peau inférieure.

[0026] Le panneau présente un taux de couverture supérieur à 70%, de préférence supérieur à 75%, de préférence encore supérieur à 80%, voire supérieur à 85%. Le panneau présente un taux de couverture entre 70% et 99%, de préférence entre 75% et 95%, de préférence encore entre 80 et 90%.

Peau supérieure conductrice thermiquement

[0027] La peau supérieure conductrice thermiquement assure le rayonnement homogène de la chaleur produite par le câble résistif et la résistance mécanique tout en apportant des propriétés d'étanchéité.

[0028] Par « conducteur thermique », on entend un matériau qui se caractérise par sa capacité à diffuser la chaleur dans les milieux sans déplacement macroscopique de matière. C'est le rapport de l'énergie thermique (quantité de chaleur) transférée par unité de temps (donc homogène à une puissance, en watts) et de surface au gradient de température. La conduction thermique peut s'effectuer de manière rapide ou lente, voire très lente.

[0029] Par « isolant thermique », on entend un matériau qui se définit par opposition à un matériau « conducteur thermique ».

[0030] De préférence, la conductivité thermique d'une couche conductrice thermiquement du panneau est au moins 5 fois supérieure que la conductivité thermique d'une couche isolante thermiquement du panneau, de préférence au moins 10 fois supérieure.

[0031] Le matériau constituant la peau supérieure peut être choisi de manière à diffuser la chaleur de manière homogène. Ce matériau peut, par exemple, présenter une bonne conductivité de la chaleur et posséder une bonne inertie thermique. Par bonne inertie thermique, on entend une montée en température rapide et une diffusion de chaleur par rayonnement lente.

[0032] La peau supérieure peut être une peau en aluminium, acier, inox, plastique (par exemple en acrylonitrile butadiène styrène ABS, en polycarbonate, etc) ou un contre-plaqué bois ou similaire, ou un assemblé de ceux-ci obtenu par collage therm durcissable ou thermoplastique. La peau supérieure peut être un matériau composite simple pli ou multi-pli comprenant de fibres de verre, de lin, de carbone, de basalte ou un mélange de ceux-ci, les parties constitutives dudit matériau composite étant liées par des résines therm durcissables ou thermoplastiques. Cette liste est non exhaustive et la personne du métier saura choisir le matériau adapté pour la peau supérieure en fonction de ses besoins.

[0033] La peau supérieure peut être en aluminium, par exemple une tôle en aluminium ou un matériau composite comprenant de fibres de verre, ou de fibres de basalte ou un mélange de ceux-ci.

[0034] La peau supérieure peut présenter une épaisseur d'au moins 0,1 mm, de préférence entre 0,3 mm et 5 mm, de préférence entre 0,3 mm et 3 mm.

[0035] Selon un mode de réalisation, la peau supérieure est une tôle en aluminium présentant une épaisseur d'au moins 0,1 mm.

[0036] La personne du métier saura choisir les propriétés de la peau supérieure selon le domaine d'application des planchers ou cloisons comprenant ce panneau.

Peau inférieure

[0037] La peau inférieure peut être identique ou différente de la peau supérieure.

[0038] La peau inférieure assure la résistance mécanique et peut, également assurer un rayonnement homogène de la chaleur produite par le câble résistif.

[0039] La peau inférieure peut être une peau en aluminium, acier, inox, plastique (par exemple en acrylonitrile butadiène

styrène ABS, en polycarbonate, etc) ou un contre-plaqué bois ou similaire, ou un assemblé de ceux-ci obtenu par collage thermosoudable ou thermoplastique. La peau inférieure peut être un matériau composite simple pli ou multi-ply comprenant de fibres de verre, de lin, de carbone, de basalte ou un mélange de ceux-ci, les parties constitutives dudit matériau composite étant liées par des résines thermosoudables ou thermoplastiques. Cette liste est non exhaustive et la personne du métier saura choisir le matériau adapté pour la peau inférieure en fonction de ses besoins.

[0040] La peau inférieure peut être en aluminium, par exemple une tôle en aluminium, assurant ainsi la résistance mécanique du panneau.

[0041] La peau inférieure peut présenter une épaisseur d'au moins 0,1 mm, de préférence entre 0,3 mm et 5 mm, de préférence entre 0,3 mm et 3 mm.

[0042] Selon un mode de réalisation, la peau inférieure est une tôle en aluminium présentant une épaisseur d'au moins 0,1 mm.

[0043] La peau inférieure peut être conductrice ou isolante thermiquement.

[0044] La personne du métier saura choisir les propriétés de la peau inférieure selon le domaine d'application des planchers ou cloisons comprenant ce panneau.

Âme

[0045] L'âme est disposée entre la peau supérieure et la peau inférieure. L'âme présente une face supérieure pouvant être adjacente à la peau supérieure conductrice thermiquement et une face inférieure pouvant être adjacente à la peau inférieure.

[0046] Par « âme », on entend au sens de l'invention une couche intégrant le câble résistif, cette couche se situant entre la peau supérieure et la peau inférieure du panneau, mais les faces supérieures et inférieures de l'âme ne sont pas nécessairement adjacentes à chacune de peaux.

[0047] L'âme peut être rigide, résistante à la flexion.

[0048] Le panneau peut comprendre d'autres couches supplémentaires entre l'âme et au moins l'une des peaux supérieure et inférieure, telle qu'une couche d'isolation acoustique. Le panneau peut également comprendre un motif répétitif entre les deux peaux supérieure et inférieure, ce motif répétitif pouvant être formé d'une ou plusieurs âmes alternant avec d'autres couches supplémentaires.

[0049] L'âme peut comprendre également un ou plusieurs renforts s'étendant entre les peaux supérieure et inférieure du panneau de manière à renforcer les propriétés mécaniques de celui-ci. En effet, grâce à son procédé de fabrication flexible, la ou les cavités du panneau peuvent être ménagées de manière à contourner les renforts. Une telle architecture est difficilement réalisable, voire impossible, avec des films chauffants selon l'art antérieur.

[0050] L'âme peut être isolante thermiquement, fabriquée d'un matériau ayant une faible conductivité thermique, c'est-à-dire capable d'opposer au flux thermique qui le traverse une grande résistance thermique. Par exemple, la conductivité thermique de la peau supérieure conductrice thermiquement est au moins 5 fois supérieure que la conductivité thermique de l'âme isolante thermiquement, de préférence au moins 10 fois supérieure.

[0051] L'âme est choisie de manière à limiter les pertes de chaleur générée par le câble mono-conducteur. L'âme joue un double rôle : de limiter les pertes de chaleur et de contribuer la résistance mécanique du panneau.

[0052] L'âme peut être sous la forme d'une mousse, par exemple une mousse polymérique. La mousse peut présenter des cellules ouvertes ou fermées à densité homogène ou variable.

[0053] L'âme peut posséder une bonne étanchéité à l'eau et à l'air et des bonnes propriétés mécaniques, notamment en flexion. L'âme peut protéger des chocs et des vibrations et offre également des performances non négligeables en isolation acoustique.

[0054] L'âme peut être choisie de manière à pouvoir former des cavités soit à sa surface soit dans son cœur.

[0055] Le matériau constituant l'âme peut être choisi parmi un nid d'abeille type aluminium ou synthétique (par exemple : aramide, polypropylène, etc) la laine de roche, la laine de verre, le polyuréthane, le téréphtalate de polyéthylène (PET), le polyéthylène (PE), le polyéthylène expansé, polyétherimide (PEI), polyamide (PA), une âme d'origine biosourcée, comme par exemple contre-plaqué bois, liège, bambou, ou des mélanges de ceux-ci. Cette liste est non exhaustive et la personne du métier saura choisir le matériau adapté pour l'âme en fonction de ses besoins.

[0056] L'âme peut présenter une densité comprise entre 1 et 1000 kg/m³, de préférence entre 20 et 350 kg/m³, de préférence encore entre 80 et 150 kg/m³.

[0057] L'âme comprend une ou plusieurs cavités permettant de loger le câble résistif mono-conducteur. Au sens de l'invention, une même cavité peut loger un câble résistif mono-conducteur selon un seul et unique plan perpendiculaire au panneau, alors que le panneau dans son intégralité peut loger un ou plusieurs câbles résistifs mono-conducteurs.

[0058] L'âme peut comprendre une ou plusieurs cavités ménagées débouchant sur l'une de ses faces, le câble résistif chauffant étant logé dans l'une ou plusieurs cavités. Une face de l'âme présentant des cavités ménagées peut être adjacente à l'une des peaux du panneau.

[0059] En effet, l'âme peut comprendre une ou plusieurs cavités ménagées débouchant soit sur sa face supérieure soit

sur sa face inférieure ou à la fois sur ses faces supérieure et inférieure.

[0060] L'âme peut comprendre une ou plusieurs cavités ménagées sans déboucher sur aucune de ses faces supérieure ou inférieure.

[0061] La ou les cavités sont dimensionnées et disposées de manière à sillonner l'âme et à permettre d'obtenir un panneau présentant un taux de couverture supérieur à 70%.

[0062] L'âme peut être imprégnable, par exemple elle peut présenter des trous traversants ou peut être poreuse, de manière à permettre le passage d'un matériau d'imprégnation, telle qu'une résine.

[0063] Les figures 3 et 4 montrent des schémas simplifiés d'une vue du dessus d'un chemin de la cavité d'un panneau en sandwich selon deux modes de réalisation.

[0064] Selon le premier mode de réalisation de figure 3, le câble résistif 5 serpente suivant le chemin qui comprend des ondulations suivant une direction du panneau, et de manière homogène sur la surface du panneau, à savoir que la période des ondulations du chemin de valeur constante suivant une direction du panneau. Selon un tel mode de réalisation, il peut apparaître à l'usage un gradient de température lors du chauffage et suivant la direction des ondulations, et en raison des pertes de bords ; la température du panneau mesurée aux niveaux des deux zones de bord du panneau peut être inférieure à la température mesurée au niveau d'une zone centrale intermédiaire.

[0065] Il est possible de lisser ce gradient par la conception du deuxième mode de réalisation selon la figure 4, le câble résistif 5 serpentant suivant le chemin, de manière hétérogène, la période des ondulations du chemin au niveau de deux zones de bord du panneau étant de valeur inférieure à la valeur période des ondulations au niveau d'une portion centrale intermédiaire entre les deux zones de bord.

[0066] De manière générale, le panneau sandwich peut présenter une densité de couverture du câble résistif supérieure au niveau de deux zones de bord du panneau, et par comparaison à une portion intermédiaire du panneau entre les deux zones de bord. Une telle disposition permet d'assurer une répartition plus homogène de la chaleur générée, en évitant une génération de chaleur insuffisante dans les zones de bord.

[0067] Par « densité de couverture », on entend le ratio de la longueur du câble résistif par unité de surface du panneau sandwich.

[0068] On recherche de préférence à limiter la différence de température entre les zones de bord et la portion centrale inférieure à 4°C, de préférence inférieure ou égale à 2°C.

[0069] En plus des faces supérieures et inférieures, l'âme présente une tranche définie par son épaisseur EA. Par « épaisseur totale de l'âme EA » on entend l'épaisseur de l'âme mesurée sur sa portion non ménagée, comme illustrée dans la Figure 2.

[0070] L'âme présente une épaisseur totale EA et l'une ou plusieurs cavités présente une profondeur PC, la profondeur PC étant inférieure à l'épaisseur totale EA de l'âme. La profondeur PC correspond à la distance entre l'entrée de gorge EG d'une cavité et le fond d'une cavité FC.

[0071] La profondeur de la cavité peut être comprise entre 2 mm et 8 mm. La largeur de la cavité peut être comprise entre 1 mm et 5,5 mm.

[0072] L'âme peut présenter une épaisseur totale supérieure à 8 mm, de préférence entre 8 et 50 mm.

[0073] L'une ou plusieurs cavités présente une profondeur. Par « profondeur » on entend la profondeur d'une cavité mesurée selon un seul et unique plan perpendiculaire au panneau.

[0074] Par exemple, une profondeur PC, comme illustrée dans la Figure 2, correspond à la distance entre l'entrée de gorge EG d'une cavité et le fond d'une cavité FC lorsque celle-ci est ménagée pour déboucher sur l'une des faces de l'âme.

[0075] Par « entrée de gorge » on entend le pourtour d'une cavité lorsque celle-ci est ménagée pour déboucher sur l'une des faces de l'âme.

[0076] Lorsqu'une ou plusieurs cavités sont ménagées à l'intérieur de l'âme sans déboucher sur l'une des faces, alors la profondeur d'une telle cavité correspond à la distance maximale de cette cavité mesurée selon un seul et unique plan perpendiculaire au panneau.

[0077] Lorsqu'une ou plusieurs cavités sont ménagées à l'intérieur de l'âme sans déboucher sur l'une des faces et une ou plusieurs cavités sont ménagées pour déboucher sur l'une des faces de l'âme sur un même panneau, chacune d'entre elles présente une profondeur selon l'endroit de l'âme où elle se situe. Toutefois, la somme des profondeurs des cavités selon un seul plan perpendiculaire au panneau reste inférieure à l'épaisseur totale EA de l'âme. Lorsque celles-ci sont ménagées selon des plans perpendiculaire au panneau différents, alors la somme des profondeurs des cavités peut dépasser l'épaisseur totale EA de l'âme, tant que la somme des profondeurs des cavités selon un seul plan perpendiculaire au panneau reste inférieure à l'épaisseur totale EA de l'âme.

[0078] Une profondeur de la cavité inférieure à 1 mm serait insuffisante pour maintenir le moyen de chauffage en place. A l'inverse, une profondeur trop importante de la cavité selon un seul plan constituerait des points d'affaiblissement dans la structure de l'âme, ce qui nuirait à la résistance mécanique des panneaux.

[0079] Les panneaux selon l'invention sont donc suffisamment résistants à l'usure dans le temps.

[0080] Le câble peut s'étendre selon la longueur de la cavité ou de chacune des cavités, la ou les cavités étant des rainures ayant une section de profondeur PC entre 2 mm et 8 mm et de largeur entre 1 mm et 5,5 mm.

[0081] Par « largeur » on entend la distance maximale entre les côtés d'une cavité mesurée selon un plan parallèle au panneau.

[0082] Il est noté que l'ensemble des dimensions données relatives au panneau ci-décrit sont données dans le panneau final lorsqu'il est déjà pressé et assemblé. Toutefois, au sens de l'invention, l'âme conserve son épaisseur avant et après assemblage.

[0083] L'âme peut être ménagée pour former des cavités débouchant sur sa face supérieure par fabrication additive ou par gravure. Selon l'invention, les cavités peuvent être des rainures préformées, par exemple par usinage/gravage ou par découpe par fil chaud, dans la mousse avant l'intégration du câble ou des rainures formées au cours de l'intégration du câble sous pression, par enfoncement. De préférence, les cavités sont des rainures préformées.

[0084] La section transversale de la cavité peut présenter une forme arrondie, circulaire, rectangulaire, en U, en oméga Ω , ou toute autre forme permettant d'intégrer le moyen de chauffage. La forme des cavités sera choisie par la personne du métier selon ses besoins de manière à ce que celles-ci soient dimensionnées pour permettre l'intégration du moyen de chauffage. Dans le cas d'une gravure, la personne du métier saura choisir la forme de la tête de la frise adaptée pour obtenir des cavités adaptées à ses besoins.

[0085] La ou les cavités présentent une largeur de l'entrée de gorge supérieure à la largeur maximale de la cavité. Cela permet un meilleur maintien du câble à l'intérieur de la ou des cavités.

[0086] La ou les cavités peut présenter une largeur de l'entrée de gorge supérieure au diamètre du câble, ladite cavité pouvant être dimensionnée pour autoriser l'insertion du câble en déformant élastiquement la ou les entrées de gorge de ladite ou desdites cavités.

Câble résistif chauffant mono-conducteur

[0087] Le câble résistif chauffant est un câble résistif mono-conducteur.

[0088] Le câble résistif chauffant peut présenter une section de forme ronde.

[0089] Le câble résistif chauffant désigne un câble avec une valeur de résistance en ohm élevée, de préférence comprise entre 0,1 Ω /m et 4000 Ω /m, de préférence entre 0,1 Ω /m et 1000 Ω /m ou entre 1 Ω /m et 4000 Ω /m.

[0090] Le diamètre du câble résistif chauffant mono-conducteur peut être compris entre 0,1 mm et 5 mm, de préférence entre 0,2 mm et 5 mm, de préférence entre 0,5 mm et 5 mm, 1 mm et 5 mm, de préférence entre 1,2 mm et 3 mm, ou de préférence entre 0,1 mm et 1,5 mm, ou de préférence entre 0,1 mm et 1 mm. Du fait de son diamètre réduit, les cavités formées dans l'âme pour recevoir le câble résistif chauffant mono-conducteur ont des tailles réduites qui n'affectent pas la résistance mécanique du panneau.

[0091] Le câble résistif serpentant suivant un chemin sur la surface du panneau, présente une période des ondulations du chemin de valeur D suivant une direction du panneau, la valeur D étant comprise entre 25 et 80 mm, de préférence entre 35 et 70 mm. La valeur minimale de D permet de garantir un rayon de courbure minimale (D/2) pour ne pas altérer la structure du câble alors qu'au-dessus de la borne supérieure, l'homogénéité du chauffage peut être impactée négativement.

[0092] Le câble résistif chauffant mono-conducteur peut comprendre un conducteur résistif et une enveloppe isolante électrique. Le câble résistif chauffant mono-conducteur peut contenir à l'intérieur un système en spirale pour générer de la chaleur à partir d'une alimentation électrique. Le conducteur résistif peut être en spirale disposé autour d'une âme centrale non conductrice électriquement servant comme support mécanique pour ledit conducteur.

[0093] L'enveloppe isolante électrique peut présenter une épaisseur entre 0,01 mm et 0,4 mm, de préférence entre 0,01 et 0,2 mm ou entre 0,2 mm et 0,4 mm. Elle peut être en matériau polymérique, telle qu'une résine d'éthylène propylène fluoré.

[0094] De préférence, le moyen de chauffage (câble résistif chauffant) n'est pas un câble double-conducteur.

[0095] Les câbles double conducteurs présentent un diamètre plus important que les câbles mono-conducteurs, imposant une augmentation de la taille des cavités qui affecterait la résistance mécanique de l'ensemble du panneau.

[0096] Les câbles chauffants mono-conducteurs sont des câbles dans lesquels la chaleur est libérée par effet Joule-Lenz lorsque le courant électrique traverse le noyau chauffant. Le câble est conçu de manière qu'une chute complète de la tension appliquée se produise dans le noyau chauffant, mais les éléments du câble ne surchauffent pas au-delà des valeurs admissibles. Les câbles de ce type peuvent avoir un noyau chauffant ayant une forme linéaire ou en spirale. Ce câble se raccorde à chacune des extrémités d'où la nécessité de former un circuit continu.

[0097] La personne du métier saura choisir l'architecture des cavités gravées dans l'âme de manière à homogénéiser la distribution de chaleur à une puissance surfacique donnée.

[0098] Le câble mono-conducteur peut être alimenté selon un branchement monophasé, biphasé ou triphasé.

[0099] Par exemple, dans le cas d'une connexion simple 230V, le câble mono-conducteur a un branchement monophasé, il est composé d'un seul conducteur et l'alimentation est aussi monophasée. Dans ce cas, le câble sera installé en serpent en faisant indispensablement un aller-retour au point de raccordement. La face supérieure de l'âme est donc gravée en conséquence. Un tel mode de réalisation est illustré en figure 6. Celle-ci illustre schématiquement une vue de la

face supérieure de l'âme. Le moyen de chauffage 5 est le câble mono-conducteur électrique qui suit un circuit en serpent.

[0100] De manière générale, le panneau peut comprendre un ou plusieurs câbles mono-conducteurs repartis sur sa surface. La description du câble mono-conducteur ci-avant ou ci-après le vaut pour chacun de câbles. Les câbles mono-conducteurs peuvent être identiques ou différents, choisis de manière à présenter chacune une même résistance. Un mode de réalisation a été décrit avec un câble unique sur toute la surface du panneau qui peut convenir à une alimentation monophasée. Le panneau peut comprendre plusieurs câbles, notamment lorsque l'alimentation est triphasée.

[0101] Selon un mode de réalisation, le panneau est configuré pour une alimentation triphasée, comprenant :

- un premier câble résistif chauffant 51, mono-conducteur, s'étendant sur une première portion de surface du panneau,
- un deuxième câble résistif chauffant 52 mono-conducteur, s'étendant sur une deuxième portion de surface du panneau,
- un troisième câble résistif chauffant 53 mono-conducteur, sur une troisième portion de surface du panneau.

[0102] Selon un aspect, l'invention porte sur un assemblage comprenant le panneau décrit ci-dessus et une alimentation triphasée en étoile, comprenant :

- une première phase PH1 de l'alimentation triphasée reliée à une première extrémité du premier câble résistif chauffant 51 mono-conducteur,
- une deuxième phase PH2 de l'alimentation reliée à une première extrémité du deuxième câble résistif chauffant 52 mono-conducteur,
- une troisième phase PH3 de l'alimentation reliée à une première extrémité du troisième câble résistif chauffant 53 mono-conducteur,
- un câble reliant respectivement une deuxième extrémité du premier câble résistif chauffant mono-conducteur, une deuxième extrémité du deuxième câble résistif chauffant mono-conducteur, et une deuxième extrémité du troisième câble résistif chauffant mono-conducteur configuré pour former un neutre N de l'alimentation triphasée.

[0103] Un tel mode de réalisation est illustré à la figure 7.

[0104] Un autre exemple, cette fois-ci dans le cas d'une connexion triphasée, les câbles mono-conducteurs seront montés en étoile. La face supérieure de l'âme est donc gravée en conséquence. Chaque câble sera branché à chacune des phases d'un côté et aux deux autres câbles de l'autre. La somme des longueurs des 3 câbles serait égale à la longueur du câble qui aurait couvert la surface du panneau seul, les longueurs de chacun des câbles étant égales. Le point de raccordement des 3 câbles sera quant à lui relié à la masse (neutre).

[0105] Selon un aspect, l'invention porte sur un assemblage comprenant le panneau décrit ci-dessus et une alimentation triphasée en triangle, comprenant :

- une première phase PH1 de l'alimentation triphasée reliée à une deuxième extrémité du premier câble résistif 51 et à une première extrémité du deuxième câble résistif 52 chauffant mono-conducteur,
- une deuxième phase PH2 de l'alimentation reliée à une deuxième extrémité du deuxième câble résistif 52 et à une première extrémité du troisième câble résistif 53 chauffant mono-conducteur,
- une troisième phase PH3 de l'alimentation reliée à une deuxième extrémité du troisième câble résistif 53 et à une première extrémité du premier câble résistif 51 chauffant mono-conducteur.

[0106] De tels branchements triphasés en triangle sont illustrés aux figures 8 et 9, ceux-ci permettant d'éviter les superpositions des câbles et ainsi mieux contrôler l'épaisseur totale du panneau.

[0107] La figure 8 illustre un mode de réalisation dans lequel le panneau comprend une alimentation triphasée en triangle, le raccord se trouvant à l'extérieur du panneau alors, que la figure 9 illustre un mode de réalisation dans lequel le panneau comprend une alimentation triphasée en triangle, les trois phases reliées électriquement à un raccord 54 se trouvant à l'intérieur du panneau. Ces exemples de branchements peuvent être aussi avantageux en ce qu'ils offrent la liberté aux utilisateurs à adapter les raccords à la source d'alimentation selon leurs besoins.

[0108] Le moyen de chauffage, le câble résistif chauffant mono-conducteur, est choisi de manière à présenter une puissance surfacique comprise entre 100 et 700 W/m², de préférence entre 200 et 350 W/m².

[0109] Le câble résistif chauffant peut être connecté à une source d'alimentation en électricité au travers d'un câble d'alimentation, notamment ayant un diamètre supérieur à celui du câble. La connexion peut donc être effectuée par des connecteurs.

[0110] Le câble résistif chauffant peut comprendre deux extrémités. Afin d'assurer la connexion, au moins une extrémité dénudée du câble résistif chauffant et une extrémité dénudée d'un câble d'alimentation peuvent être reliées par un connecteur électrique. Un tel connecteur peut être un manchon de sertissage mécanique ou une cosse thermo rétractable constitué d'une gaine thermo rétractable et d'une bague d'étain. Cette gaine joue le rôle d'un manchon. En chauffant le

manchon, l'étain fond pour souder les deux fils et la gaine se rétracte pour garantir l'étanchéité.

[0111] Alternativement, une extrémité dénudée du câble résistif chauffant et une extrémité dénudée d'un câble d'alimentation peuvent être sertis mécaniquement.

[0112] Le câble peut être en contact direct avec l'âme, à l'intérieur des cavités, sans ajouter de quelconque feuille supplémentaire entre le câble et l'âme. Cela permet de limiter les pertes de chaleur inutile.

[0113] De préférence, le câble n'est pas en contact direct avec la peau supérieure.

Couches adhésives

[0114] Le panneau peut comprendre en outre deux couches adhésives adjacentes aux peaux supérieure et inférieure. Ces couches adhésives peuvent relier l'âme aux peaux du panneau. Les couches adhésives sont conductrices thermiquement et peuvent subsister à des températures supérieures à 60°C, de préférence supérieures à 80°C, par exemple entre 60°C et 160°C sans que leurs propriétés adhésives soient impactées négativement.

[0115] Les couches adhésives peuvent être identiques ou différentes.

[0116] L'adhésion peut être assurée par différents types d'adhésifs, comme par exemple des colles. L'adhésif peut avoir un point de fusion d'au moins 60°C, de préférence d'au moins 65°C. L'adhésif peut avoir un point de fusion inférieur à 200°C, de préférence d'au moins 170°C. Les adhésifs efficaces à température ambiante pour un pressage « à froid » peuvent également être utilisés, par exemple des adhésifs bi-composants epoxy ou polyuréthane.

[0117] La personne du métier saura choisir la colle adaptée pour que, d'une part le câble ne soit pas endommagé pendant la procédure de collage et d'autre part que la colle-même ne soit pas endommagée pendant l'utilisation du panneau.

[0118] Les couches adhésives peuvent comprendre une colle choisie parmi au moins un adhésif à base d'oléfine, un adhésif à base d'uréthane, un adhésif à base acrylique, un adhésif à base d'époxy, un adhésif à base de polyamide, un adhésif phénolique ou un mélange de ceux-ci.

[0119] Selon un mode de réalisation, le panneau sandwich consiste en une peau supérieure conductrice thermiquement et une peau inférieure ; une âme disposée entre la peau supérieure et la peau inférieure et un câble résistif chauffant, le câble résistif étant mono-conducteur, l'âme comprenant une ou plusieurs cavités, le câble résistif chauffant mono-conducteur étant logé dans l'une ou plusieurs cavités de l'âme et le taux de couverture étant supérieur à 70%.

[0120] Chacun des éléments constitutifs du panneau peuvent être les mêmes que ceux décrits ci-dessus.

[0121] La figure 2 illustre schématiquement un panneau 1 selon un mode de réalisation selon une coupe perpendiculaire. Les peaux 2 et 3 sont disposées de part et d'autre des faces supérieure et inférieure de l'âme 4, reliées chacune par des couches adhésives 6 et 7. Le câble 5 se situe au niveau de la face supérieure de l'âme 4, à l'intérieur des cavités 8.

[0122] Le câble résistif serpente le panneau avec une période des ondulations du chemin de valeur D suivant une direction du panneau, comme illustré en figure 5. Cette valeur D est comprise entre 25 et 80 mm, de préférence entre 35 et 70 mm.

[0123] L'invention concerne également un plancher ou une cloison comprenant un tel panneau. Le plancher peut comprendre en outre des couches d'isolation acoustique ou des couches de revêtement de surface. Dans la présente demande, on entend par peau supérieure et par opposition à peau inférieure, la peau qui est chauffée par le câble mono-conducteur lorsque le panneau en sandwich est utilisé comme plancher (typiquement à l'horizontal). Dans le cas d'une cloison, l'âme comprend une ou plusieurs cavités ménagées débouchant sur les deux faces supérieure et inférieure de l'âme. Le câble résistif chauffant mono-conducteur peut donc être logé dans l'une ou plusieurs cavités de l'âme sur chacune des faces supérieure et inférieure, la face supérieure étant adjacente à la peau supérieure et la face inférieure étant adjacente à la peau inférieure. En utilisation comme cloison, le panneau est typiquement disposé à la verticale : dans un tel cas dans la présente demande, il peut être fait référence de manière générale à une « première peau, » au lieu de « peau supérieur », et à une « deuxième peau », au lieu de « peau inférieure ».

[0124] L'invention concerne également un procédé de fabrication d'un panneau en sandwich selon le premier aspect, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- Fournir deux peaux et une âme présentant une ou plusieurs cavités ménagées;
- Loger un câble résistif chauffant mono-conducteur à l'intérieur des cavités ;
- Recouvrir les faces de l'âme avec les peaux de manière à former un ensemble ;
- Presser l'ensemble pour former le panneau.

[0125] Parmi les techniques pouvant être utilisées pour fabriquer le panneau selon le premier aspect, sont citées : le drapage de pré-imprégnés, l'infusion de résine LRI (« Liquid Resin Infusion » en anglais), le moulage au contact (ou

EP 4 543 142 A1

stratification au contact), le moulage par compression humide (« wet compression molding » en anglais), etc.

[0126] De préférence, le procédé comprendra les étapes suivantes :

- Fournir deux peaux et une âme présentant une ou plusieurs cavités ménagées;
- Loger un câble résistif chauffant mono-conducteur à l'intérieur des cavités ;
- Appliquer une couche adhésive sur chacune des deux faces de l'âme ;
- Recouvrir les faces de l'âme avec les peaux de manière à former un ensemble ;
- Presser l'ensemble pendant une durée supérieure à 20 minutes.

[0127] Le pressage peut s'effectuer à une température supérieure à 50°C, de préférence entre 65°C et 100°C, pendant une durée supérieure à 20 minutes, de préférence entre 30 minutes et 2 heures. Selon un mode alternatif, le pressage peut s'effectuer à température ambiante, entre 20 et 25°C, dit pressage « à froid », pendant une durée supérieure à 20 minutes, de préférence entre 2 heures et 24 heures.

[0128] L'ensemble peut passer au pressage à chaud pour être assemblé. Il doit donc résister à une température entre 50°C et 170°C pendant 180 minutes.

[0129] Selon un mode de réalisation, le procédé de fabrication d'un panneau en sandwich selon le premier aspect est un procédé de drapage de pré-imprégnés, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- Fournir deux peaux et une âme présentant une ou plusieurs cavités ménagées ;
- Loger un câble résistif chauffant mono-conducteur à l'intérieur des cavités ;
- Appliquer une ou plusieurs couches de tissus imprégnés d'une résine thermodurcissable ou thermoplastique sur chacune des faces de l'âmes, de manière à former un ensemble,
- Presser l'ensemble pendant une durée supérieure à 20 minutes.

[0130] Dans ce cas, les peaux correspondent aux tissus pré-imprégnés d'une résine thermodurcissable ou thermoplastique. L'âme peut être imprégnable, par exemple elle peut présenter des trous traversants ou peut être poreuse, de manière à permettre le passage de la résine.

[0131] Selon un mode de réalisation, le procédé de fabrication d'un panneau en sandwich selon le premier aspect est un procédé de stratification au contact, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- Fournir deux peaux et une âme présentant une ou plusieurs cavités ménagées ;
- Loger un câble résistif chauffant mono-conducteur à l'intérieur des cavités ;
- Appliquer une ou plusieurs couches de tissus par stratification au contact sur chacune des faces de l'âmes, chacune des couches de tissus étant enduite d'une résine thermodurcissable ou thermoplastique, de manière à former un ensemble,
- Presser l'ensemble pendant une durée supérieure à 20 minutes.

[0132] Dans ce cas, les peaux correspondent aux tissus non imprégnés. L'âme peut être imprégnable, par exemple elle peut présenter des trous traversants ou peut être poreuse, de manière à permettre le passage de la résine.

[0133] Selon un mode de réalisation, le procédé de fabrication d'un panneau en sandwich selon le premier aspect est un moulage par compression humide, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- Fournir deux peaux et une âme présentant une ou plusieurs cavités ménagées ;
- Loger un câble résistif chauffant mono-conducteur à l'intérieur des cavités ;
- Appliquer une ou plusieurs couches de tissus sur chacune des faces de l'âmes,

EP 4 543 142 A1

- Appliquer une résine thermodurcissable ou thermoplastique sur chacune des couches de tissus de manière à former un ensemble,
- Chauffer et presser l'ensemble pendant une durée supérieure à 20 minutes.

[0134] Dans ce cas, les peaux correspondent aux tissus non imprégnés. L'âme peut être imprégnable, par exemple elle peut présenter des trous traversants ou peut être poreuse, de manière à permettre le passage de la résine.

[0135] Selon un mode de réalisation, le procédé de fabrication d'un panneau en sandwich selon le premier aspect est une infusion de résine, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- Fournir deux peaux et une âme présentant une ou plusieurs cavités ménagées ;
- Loger un câble résistif chauffant mono-conducteur à l'intérieur des cavités ;
- Injecter sous vide une résine thermodurcissable ou thermoplastique de manière à traverser l'âme et à créer des ponts entre chacune des faces de l'âmes, de manière à former un ensemble,
- Presser l'ensemble pendant une durée supérieure à 20 minutes.

[0136] Dans ce cas, les peaux correspondent à la résine en elle-même. L'âme peut être imprégnable, par exemple elle peut présenter des trous traversants ou peut être poreuse, de manière à permettre le passage de la résine.

[0137] Selon un aspect, l'invention concerne l'utilisation d'un panneau selon le premier aspect ou obtenu selon le procédé ci-dessus dans un véhicule ferroviaire comme panneau chauffant par circulation d'un courant électrique dans le câble résistif.

[0138] Selon un aspect, l'invention concerne l'utilisation d'un panneau selon le premier aspect ou obtenu selon le procédé ci-dessus dans un véhicule aéronautique comme panneau chauffant par circulation d'un courant électrique dans le câble résistif.

[0139] Selon un aspect, l'invention concerne un plancher comprenant un panneau selon le premier aspect ou obtenu selon le procédé ci-dessus.

[0140] Selon un aspect, l'invention concerne une cloison comprenant un panneau selon le premier aspect ou obtenu selon le procédé ci-dessus.

Exemples

Moyens de mesure

Caméra thermique

[0141] Tout corps émet un rayonnement infrarouge. La caméra thermique capte ce rayonnement et établit une image visualisant l'intensité de rayonnement des différentes parties de ce corp. Plus un corps est chaud, plus l'intensité de son rayonnement est élevée.

[0142] La caméra utilisée est une caméra TESTO. Les images prises par cette caméra seront analysées par un logiciel adapté. Il est donc possible de déterminer sur ce logiciel le point le plus chaud et le point le plus froid du corps mais aussi tracer un histogramme illustrant un gradient de température s'il existe.

Thermocouples

[0143] Les thermocouples permettent de mesurer la température sur un point du corps en question. Cet appareil fonctionne en exploitant l'effet Seebeck : apparition d'une différence de potentiel à la suite de la différence de température au contact de deux matériaux conducteurs de nature différente. Ainsi un thermocouple est constitué d'une soudure chaude (jonction entre deux fils de métaux différents) qui seront branchés à un appareil de mesure valant voltmètre. Le point de soudure est le point de détection de température. Placer plusieurs thermocouples sur différentes parties du corps permet de tracer un graphe de température en fonction du temps et ainsi d'avoir une idée sur le comportement thermique du corps. Les thermocouples ne permettent pas de visualiser la distribution de la chaleur sur la totalité du corps mais sur un point spécifique.

[0144] En l'espèce, trois dispositifs d'acquisition sont utilisés, chacun possédant 8 thermocouples, pour un totale de 24 points de mesure possible. Les dispositifs sont reliés ensuite à un logiciel de mesure pour interpréter les mesures.

[0145] Le Banc électrique permet d'alimenter le système de chauffage (en l'occurrence, le câble résistif) mais aussi

d'intégrer des commandes additionnelles dans le montage tels qu'un interrupteur ou une sonde.

[0146] L'échauffement est assuré à travers l'alimentation par un banc électrique. Cette mise en chauffe permet de vérifier le bon fonctionnement des moyens de chauffage après collage.

[0147] En ce qui concerne les essais, cette mise en chauffe peut être intéressante pour voir la température maximale que peut atteindre un câble chauffant. La mise en chauffe nécessite généralement une alimentation et une mise à la masse.

[0148] L'homogénéité de la chaleur ainsi que l'inertie du système de chauffage sont évaluées pendant ce test.

Exemple 1 - fabrication d'un panneau selon l'invention

[0149] Un panneau comprenant deux tôle aluminium d'épaisseur 1 mm et 1,5, respectivement et une âme en mousse PET ayant une épaisseur de 15mm, un grammage de 100 kg/m³ et intégrant un câble résistif de 1,5mm de diamètre a été fabriqué. Pour ce faire, l'âme intégrant le câble dans les cavités usinées sur sa face supérieure a été enduite sur chacune de ces faces avec un adhésif epoxy. L'ensemble a été pressé à 125 bar, à 70°C pendant une heure.

Exemple 2 - propriétés mécaniques

[0150] Les résultats des mesures de la contrainte à la rupture sont présentés dans le Tableau 1. L'essai 1 teste un panneau selon l'Exemple 1 dont le grammage de la colle est de 250g/m². L'essai 2 teste un panneau selon l'Exemple 1 dont le grammage de la colle est de 250g/m² mais dans lequel le câble résistif n'a pas été ajouté.

[Tableau 1]

Essai	Contrainte de flexion	Module de flexion (MPa)	Mode de rupture
	(MPa)		
1 avec câble résistif	19		Cohésif mousse PET
2 sans câble résistif	19.2	3118	Cohésif mousse PET

[0151] Les résultats sont cohérents, 1% d'écart en contrainte de flexion entre essai avec câble résistif et sans câble résistif.

[0152] Les résultats des mesures de résistance à la flexion sont présentés dans le Tableau 2.

[0153] Essai de flexion 3 points :

- Vitesse : 10 mm/min
- Appui supérieur : 30mm de diamètre
- Appuis inférieurs : 20mm de diamètre
- Déplacement maximum de la traverse : 15mm
- Distance des appuis inférieurs : 300mm

[0154] Les essais 3 à 6 sont effectués sur des panneau selon l'Exemple 1.

[0155] L'essai 3 teste un panneau neuf dont le câble est chauffé à température ambiante. L'essai 4 teste un panneau neuf dont le câble est chauffé à 40°C.

[0156] L'essai 5 teste un panneau vieilli (effectué selon la norme ISO 9142 suivant 7 cycles de type D3) dont le câble est chauffé à température ambiante. L'essai 6 teste un panneau vieilli dont le câble est chauffé à 40°C.

[0157] La température maximale est atteinte entre 25 et 30min. Afin de s'assurer que la température maximale est atteinte : attente 30min avant lancement de l'essai.

EP 4 543 142 A1

[Tableau 2]

Essai	Effort maximal (N)	Résistance à la flexion (N/mm ²)	Etat/température (°C)	Mode de rupture	Ecart	Commentaire(s)
3	1 545	30.3	Neuf/ambient	Cohésif mousse PET + poinçonnement tôle alu sup	/	Conforme
4	1 448	28.4	Neuf/40°C	Cohésif mousse PET + poinçonnement tôle alu sup	-6.2% par rapport à référence	
5	1 490	29.2	Vieilli D3/ambient	Cohésif mousse PET + poinçonnement tôle alu sup	-2.0% par rapport à référence	
6	1 479	29.0	Vieilli D3/40°C	Cohésif mousse PET + poinçonnement tôle alu sup	-2.7% par rapport à référence	

[0158] Par ailleurs, une colle en polyuréthane a été testée à la place d'une colle époxy. Les résultats en termes de résistance mécanique sont similaires.

[0159] Les résultats sont contenus dans un intervalle de $\pm 10\%$ en effort (N) et en résistance à la flexion (N/mm²). Aucune dégradation à l'état vieilli n'a été observée et l'ensemble des modes de rupture sont conformes aux attentes. Les résultats sont conformes aux attentes.

Exemple 3 - homogénéité de la chaleur diffusée

[0160] Un panneau selon l'exemple 1 a été testé. Les câbles sont reliés par un circuit parallèle. Le circuit est ensuite alimenté par une tension d'alimentation de 230 V.

[0161] Contrôle : Une photo thermique est prise avec le panneau nu pour s'assurer que tous les câbles sont fonctionnels.

[0162] Un thermocouple est placé en contact direct avec le câble, puis la tôle d'aluminium est placée sur le dessus et la température est enregistrée à différents endroits de la surface du panneau chauffant à l'aide de thermocouples. Le câble a d'abord eu le temps d'atteindre son plein potentiel (point de chauffage le plus élevé), puis la régulation a été appliquée entre 33,5°C et 34,5°C.

[0163] L'homogénéité de la chaleur générée par le plancher chauffant a été mesurée par deux moyens : des thermocouples et une caméra thermique. Selon les résultats obtenus, l'homogénéité attendue est respectée.

[0164] La présente divulgation ne se limite pas aux exemples décrits ci-avant, seulement à titre d'exemple, mais elle englobe toutes les variantes que pourra envisager l'homme de l'art dans le cadre de la protection recherchée.

Revendications

1. Panneau (1) en sandwich comprenant :

- une peau supérieure (2) conductrice thermiquement et une peau inférieure (3) ;
- une âme (4) disposée entre la peau supérieure et la peau inférieure et
- un câble résistif chauffant (5) ;

ledit panneau (1) étant **caractérisé en ce que** le câble résistif est mono-conducteur, l'âme (4) comprend une ou plusieurs cavités (8), le câble résistif chauffant mono-conducteur (5) étant logé dans l'une ou plusieurs cavités (8) de l'âme (4) et

en ce que le taux de couverture est supérieur à 70%.

2. Panneau selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'âme présente une épaisseur totale EA et l'une ou plusieurs cavités (8) présente une profondeur PC, la profondeur PC étant inférieure à l'épaisseur totale EA de l'âme (4).

3. Panneau selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le câble s'étend selon la longueur de la cavité ou de chacune des cavités, la ou les cavités étant des rainures ayant une section de profondeur PC entre 2 mm et 8 mm et de largeur entre 1 mm et 5,5 mm.
- 5 4. Panneau selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le câble résistif chauffant mono-conducteur comprend un conducteur résistif et une enveloppe isolante électrique.
5. Panneau selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le diamètre du câble résistif chauffant mono-conducteur est compris entre 1 mm et 5mm, de préférence entre 1,2 mm et 3 mm.
- 10 6. Panneau selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'âme présente une face supérieure adjacente à la peau supérieure (2) conductrice thermiquement et une face inférieure adjacente à la peau inférieure (3) et **en ce que** l'âme comprend une ou plusieurs cavités (8) ménagées débouchant sur au moins l'une des faces de l'âme.
- 15 7. Panneau selon l'une des revendications précédentes, ledit panneau présentant une portion intermédiaire située entre deux zones de bord, ledit panneau étant **caractérisé en ce que** la densité de couverture du câble résistif est supérieure au niveau de deux zones de bord du panneau par comparaison à une portion intermédiaire.
- 20 8. Panneau selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les peaux supérieure et inférieure sont en aluminium et/ou **en ce que** l'âme est une mousse polymérique.
- 25 9. Panneau selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le câble résistif serpente suivant un chemin sur la surface du panneau, avec une période des ondulations du chemin de valeur D suivant une direction du panneau, la valeur D étant comprise entre 25 et 80 mm.
- 30 10. Panneau selon l'une des revendications 1 à 9, configuré pour une alimentation triphasée, comprenant :
 - un premier câble résistif (51), mono-conducteur, s'étendant sur une première portion de surface du panneau,
 - un deuxième câble résistif (52) mono-conducteur, s'étendant sur une deuxième portion de surface du panneau,
 - un troisième câble résistif (53) mono-conducteur, sur une troisième portion de surface du panneau.
- 35 11. Procédé de fabrication d'un panneau selon l'une des revendications 1 à 10, comprenant les étapes suivantes :
 - Fournir deux peaux et une âme présentant une ou plusieurs cavités ménagées ;
 - Loger un câble résistif chauffant mono-conducteur à l'intérieur des cavités ;
 - Recouvrir les faces de l'âme avec les peaux de manière à former un ensemble ;
 - Presser l'ensemble pendant une durée supérieure à 20 minutes.
- 40 12. Procédé de fabrication d'un panneau selon l'une des revendications 1 à 10, comprenant les étapes suivantes :
 - Fournir deux peaux et une âme présentant une ou plusieurs cavités ménagées ;
 - Loger un câble résistif chauffant mono-conducteur à l'intérieur des cavités ;
 - Appliquer une couche adhésive (6,7) sur chacune des deux faces de l'âme ;
 - 45 - Recouvrir les faces de l'âme avec les peaux de manière à former un ensemble ;
 - Presser l'ensemble pendant une durée supérieure à 20 minutes.
- 50 13. Utilisation d'un panneau selon l'une des revendications 1 à 10, ou obtenu selon le procédé selon la revendication 11 ou 12, dans un véhicule ferroviaire ou aéronautique comme panneau chauffant par circulation d'un courant électrique dans le câble résistif.
- 55 14. Plancher ou cloison comprenant un panneau selon l'une des revendications 1 à 10, ou obtenu selon le procédé selon la revendication 11 ou 12.
15. Assemblage comprenant un panneau selon la revendication 10 et une alimentation triphasée en étoile, comprenant :
 - une première phase (PH1) de l'alimentation triphasée reliée à une première extrémité du premier câble résistif (51) mono-conducteur,

- une deuxième phase (PH2) de l'alimentation reliée à une première extrémité du deuxième câble résistif (52) mono-conducteur,
- une troisième phase (PH3) de l'alimentation reliée à une première extrémité du troisième câble résistif (53) mono-conducteur,
- un câble reliant respectivement une deuxième extrémité du premier câble résistif, une deuxième extrémité du deuxième câble résistif, et une deuxième extrémité du troisième câble résistif configuré pour former un neutre (N) de l'alimentation triphasée.

16. Assemblage comprenant un panneau selon la revendication 10 et une alimentation triphasée en triangle, comprenant :

- une première phase (PH1) de l'alimentation triphasée reliée à une deuxième extrémité du premier câble résistif (51) et à une première extrémité du deuxième câble résistif (52) chauffant mono-conducteur,
- une deuxième phase (PH2) de l'alimentation reliée à une deuxième extrémité du deuxième câble résistif (52) et à une première extrémité du troisième câble résistif (53) chauffant mono-conducteur,
- une troisième phase (PH3) de l'alimentation reliée à une deuxième extrémité du troisième câble résistif (53) et à une première extrémité du premier câble résistif (51) chauffant mono-conducteur.

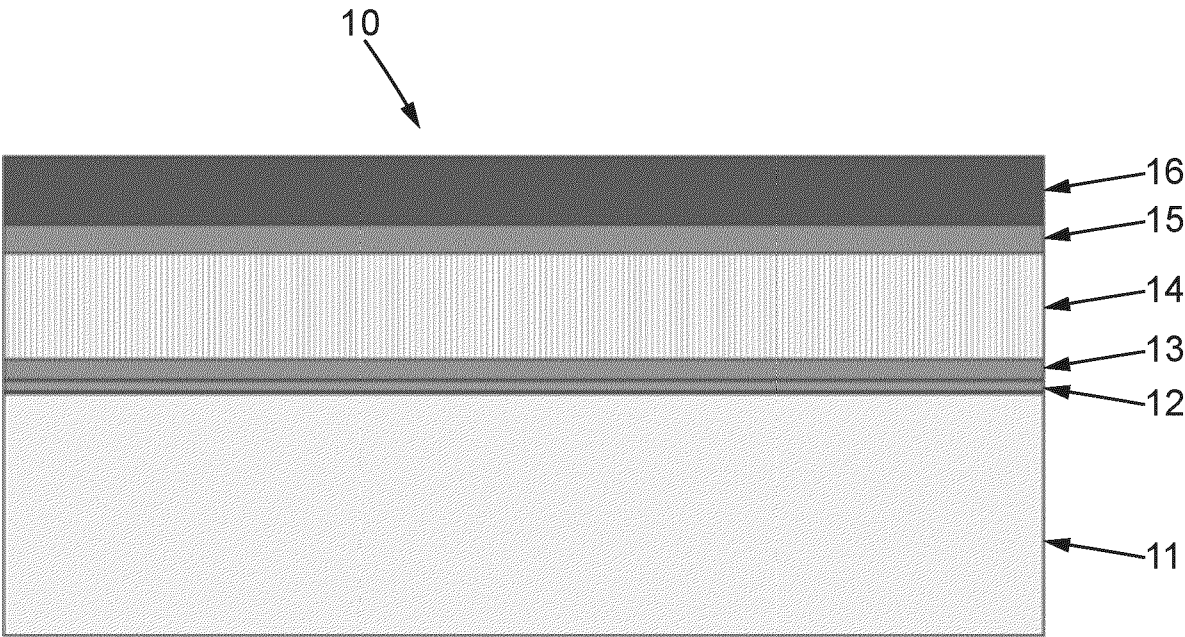


FIG. 1

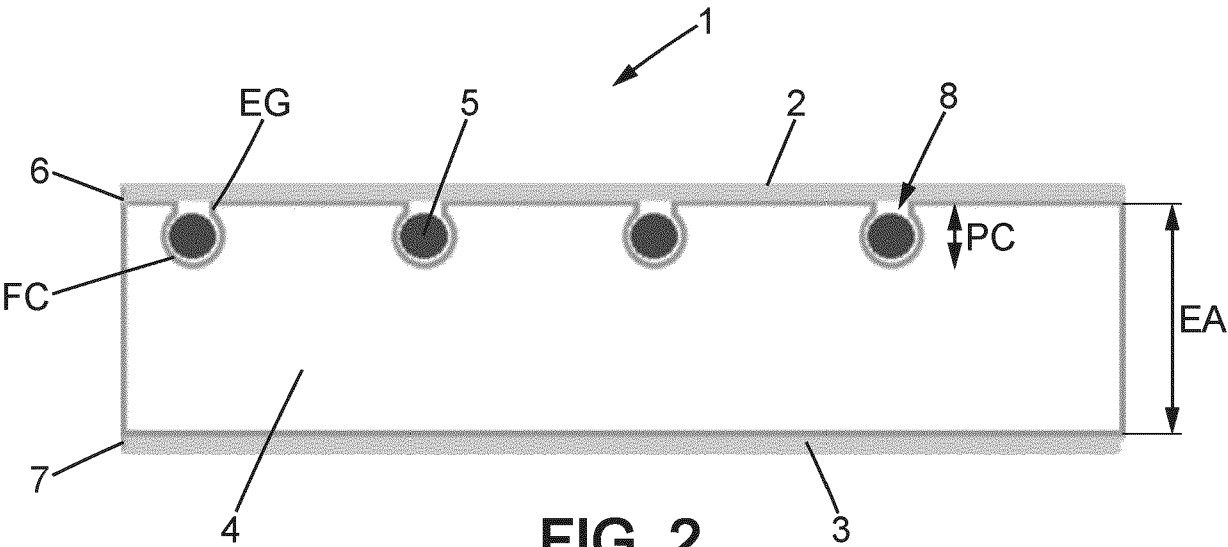


FIG. 2



FIG. 3



FIG. 4

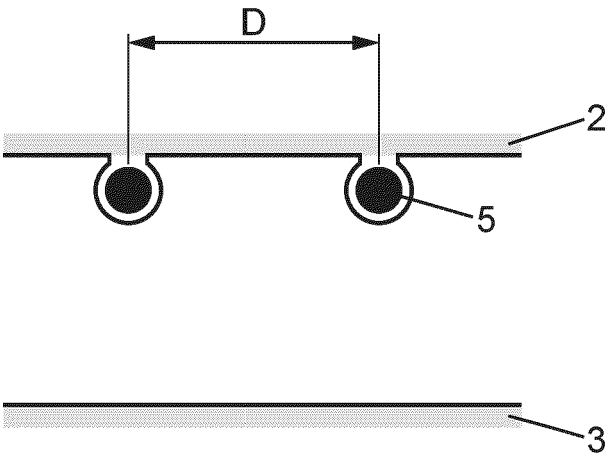


FIG. 5

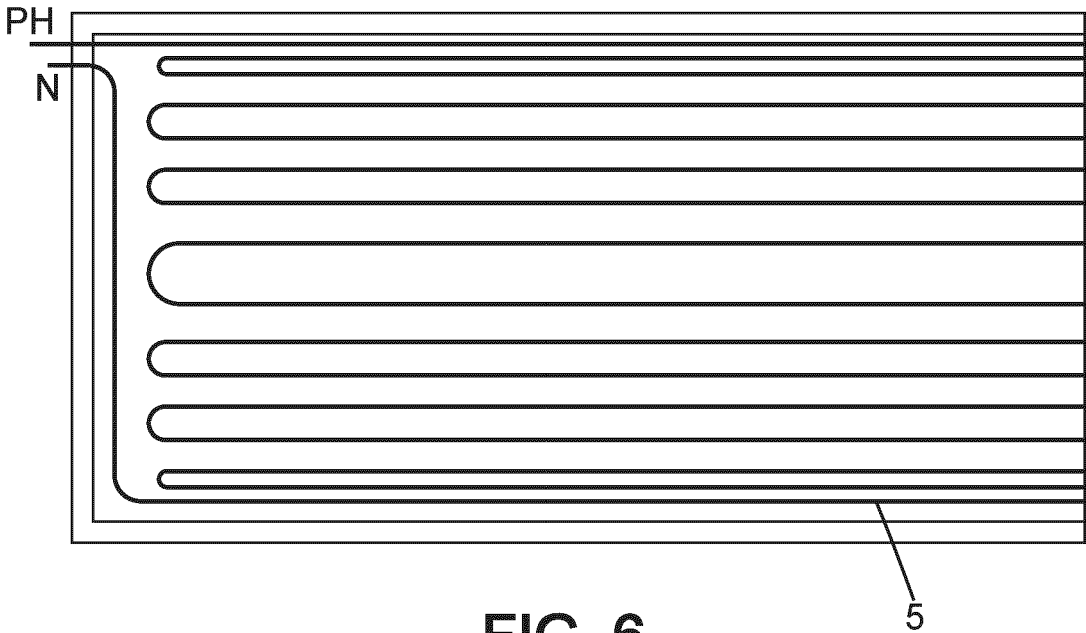


FIG. 6

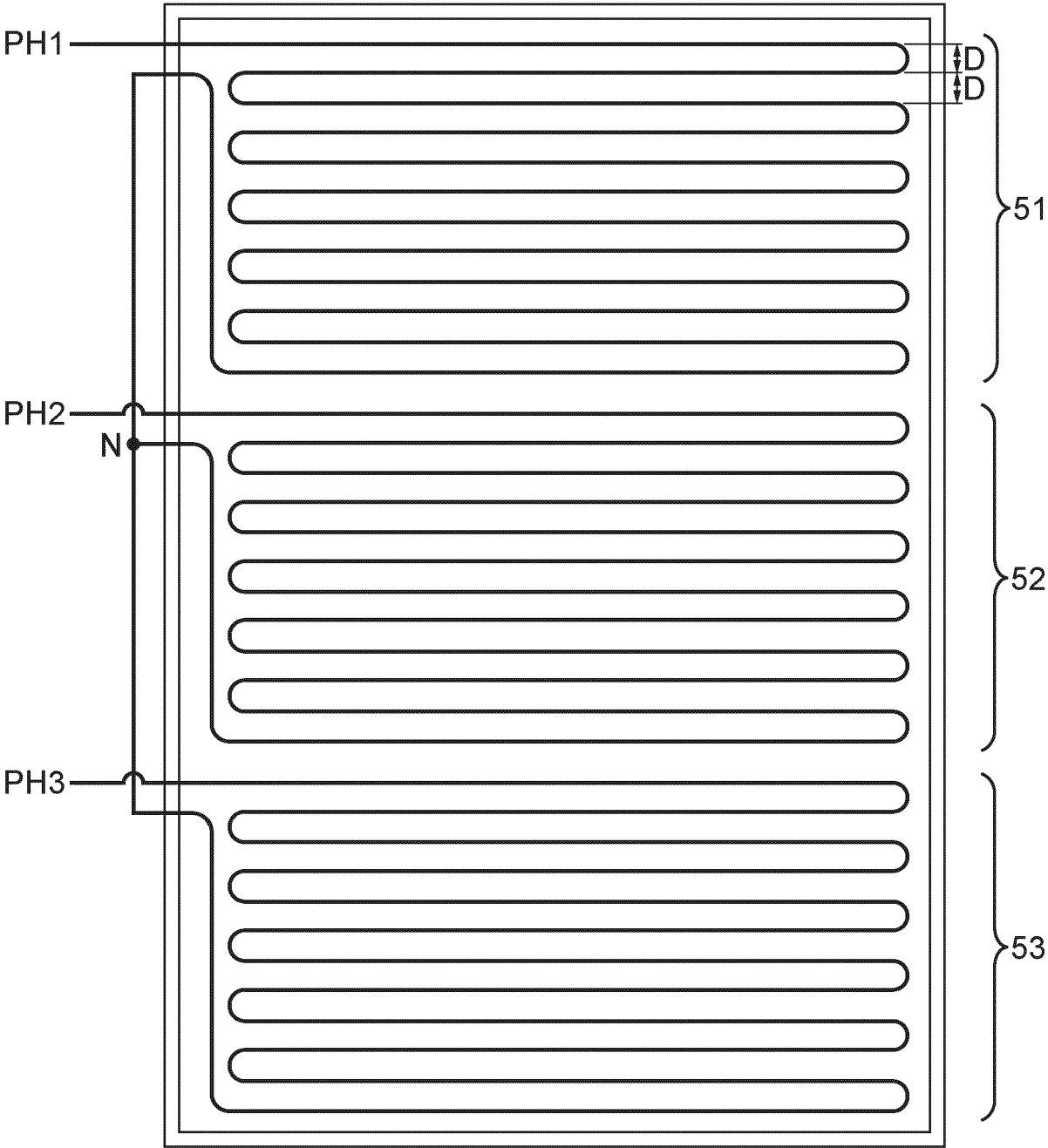


FIG. 7

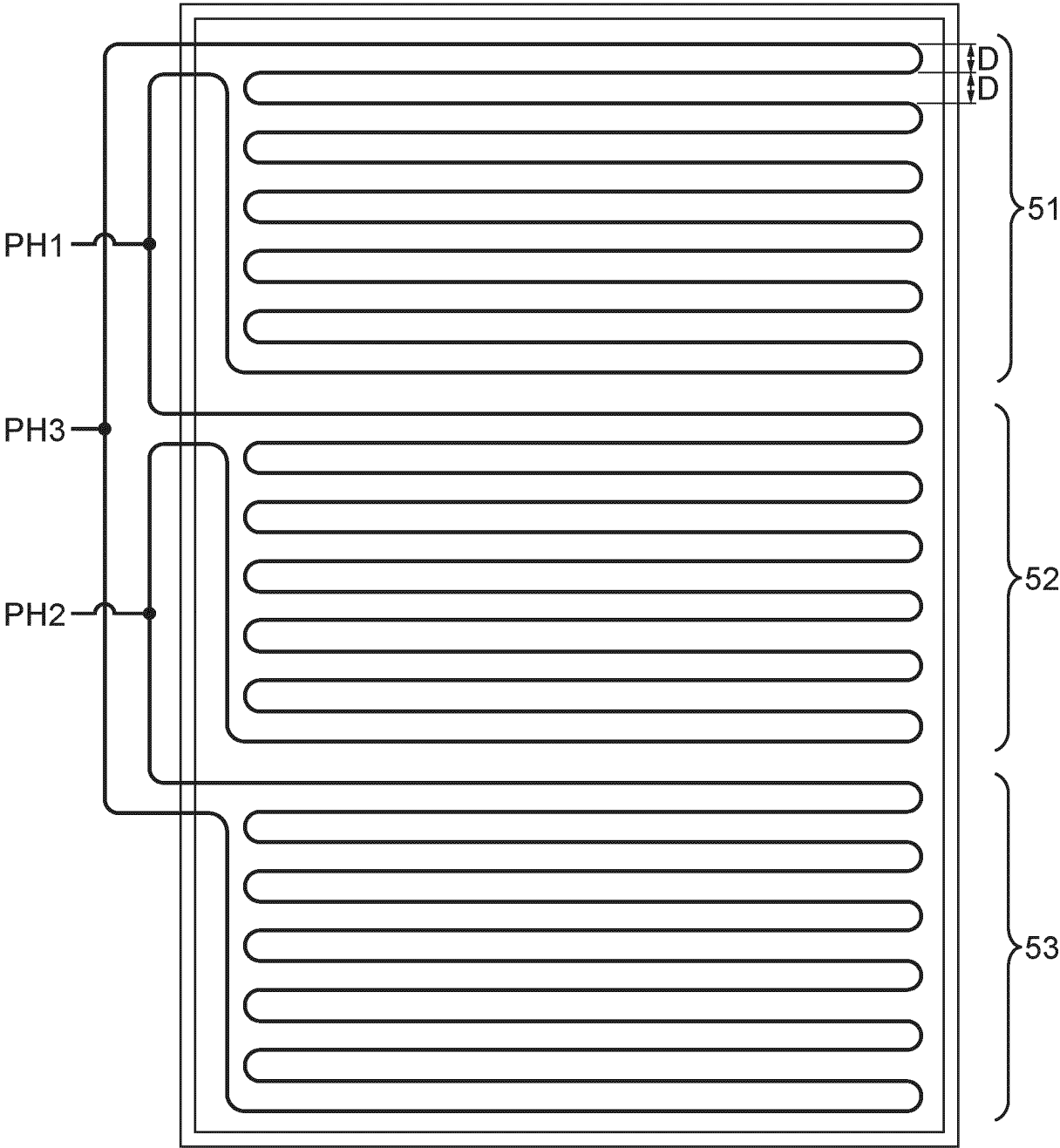


FIG. 8

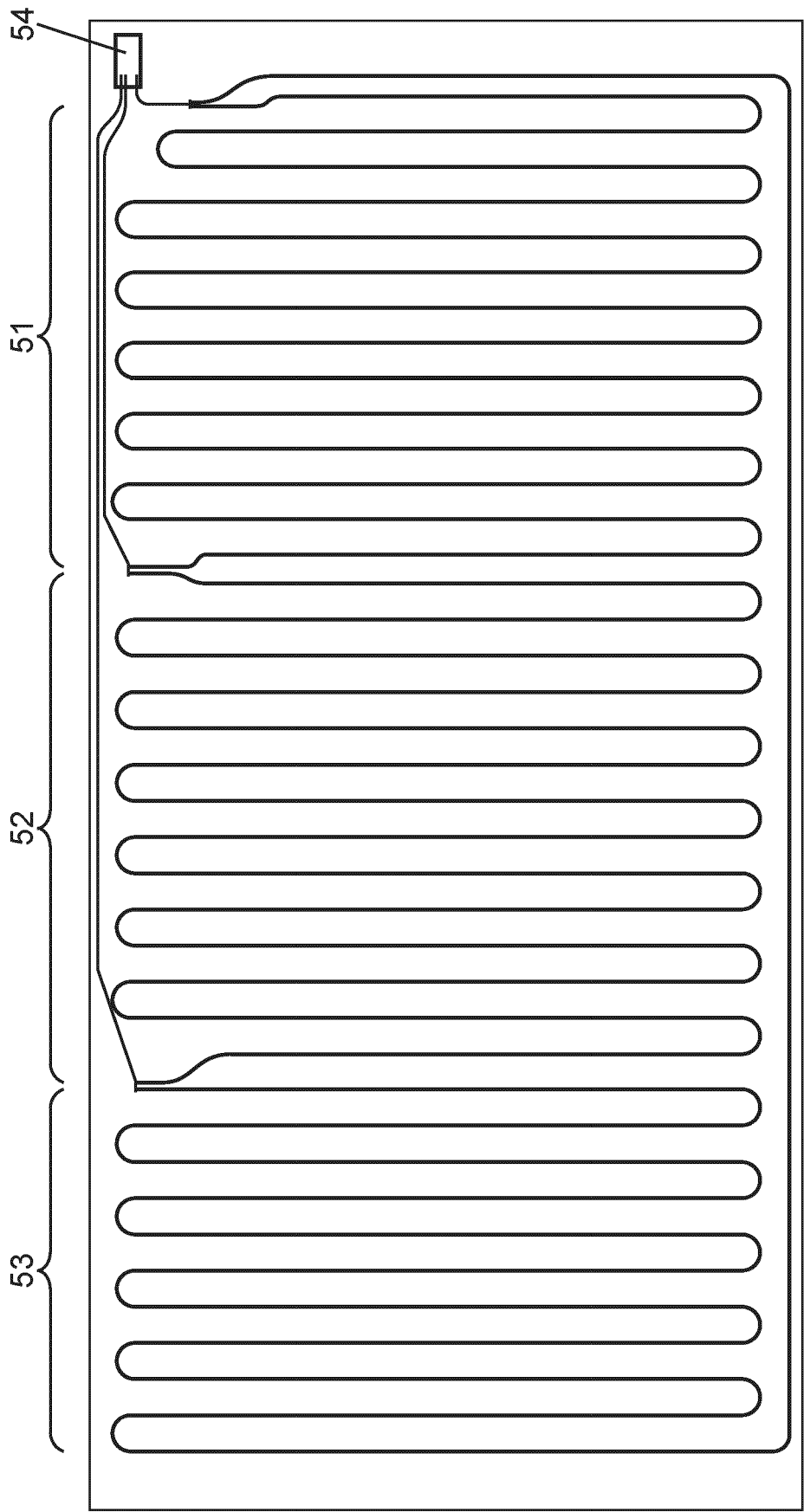


FIG. 9



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 24 30 6705

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 2012/234819 A1 (BERGER CRAIG M [US]) 20 septembre 2012 (2012-09-20) * alinéas [0031] - [0035]; figure 3 *	1-5,7, 9-16	INV. H05B3/28
X	CN 106 714 346 A (SUZHOU KAERMA INTELLIGENCE WARM HOME TECH CO LTD) 24 mai 2017 (2017-05-24) * alinéas [0025], [0026]; figures 1-3 *	1,6,11, 12	
X	FR 2 610 098 A1 (ALAIN K JAN [FR]) 29 juillet 1988 (1988-07-29) * page 3, ligne 8 - page 6, ligne 10; figures 1-3 *	1-5,8-11	
X	US 5 740 858 A (INGRAM REX ANTHONY [GB]) 21 avril 1998 (1998-04-21) * colonne 6, ligne 38 - colonne 9, ligne 39; figures 1-11 *	1,2,4, 11-14	
X	EP 1 055 087 B1 (TYCO THERMAL CONTROLS NORDIC A [SE]) 7 janvier 2004 (2004-01-07) * alinéas [0011] - [0018]; figures 1-3 *	1,11,12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
X	IT UD20 090 012 A1 (EUROWOOD S P A) 20 juillet 2010 (2010-07-20) * le document en entier *	1	H05B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 10 mars 2025	Examineur Röberg, Andreas
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 24 30 6705

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.

10-03-2025

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2012234819 A1	20-09-2012	CA 2780758 A1	19-05-2011
		EP 2499879 A1	19-09-2012
		JP 2013511021 A	28-03-2013
		US 2012234819 A1	20-09-2012
		WO 2011060340 A1	19-05-2011

CN 106714346 A	24-05-2017	AUCUN	

FR 2610098 A1	29-07-1988	AUCUN	

US 5740858 A	21-04-1998	AT E201928 T1	15-06-2001
		CA 2107601 A1	06-04-1994
		DE 69330301 T2	02-05-2002
		DK 0592159 T3	24-09-2001
		EP 0592159 A1	13-04-1994
		FI 934339 A	06-04-1994
		GB 2271174 A	06-04-1994
		GB 2298914 A	18-09-1996
		NO 305526 B1	14-06-1999
		US 5497826 A	12-03-1996
		US 5740858 A	21-04-1998

EP 1055087 B1	07-01-2004	AT E257570 T1	15-01-2004
		AU 2651199 A	30-08-1999
		CA 2319481 A1	19-08-1999
		CN 1290334 A	04-04-2001
		DE 69914060 T2	08-07-2004
		DK 1055087 T3	08-03-2004
		EP 1055087 A1	29-11-2000
		ES 2214010 T3	01-09-2004
		JP 3891326 B2	14-03-2007
		JP 2002503794 A	05-02-2002
		KR 20010052163 A	25-06-2001
		NO 334728 B1	19-05-2014
		PL 342403 A1	04-06-2001
		RU 2217664 C2	27-11-2003
		WO 9941551 A1	19-08-1999

IT UD20090012 A1	20-07-2010	AUCUN	

EPO FORM P0460

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

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- US 2012234819 A [0009]
- CN 106714346 [0009]
- FR 2610098 [0009]
- US 5740858 A [0009]
- EP 1055087 A [0009]