(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** **3 038 249**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **15 56269**

(51) Int Cl[8] : ***B 32 B 17/10*** *(2015.01), B 64 C 1/14, H 05 B 3/84*

(12) **BREVET D'INVENTION** **B1**

(54) VITRAGE CHAUFFANT A FEUILLE DE VERRE EXTERIEURE AMINCIE ET COUCHE CHAUFFANTE A LIGNES DE SEPARATION DE FLUX.

(22) **Date de dépôt :** 02.07.15.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 06.01.17 Bulletin 17/01.

(45) **Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention :** 26.11.21 Bulletin 21/47.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche :**

Se reporter à la fin du présent fascicule

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(○) **Demande(s) d'extension :**

(71) **Demandeur(s) :** *SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE* *Société anonyme* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** TONDU THOMAS, CHAUSSADE PIERRE et LEGOIS VINCENT.

(73) **Titulaire(s) :** SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE Société anonyme.

(74) **Mandataire(s) :** SAINT-GOBAIN RECHERCHE.

FR 3 038 249 - B1

VITRAGE CHAUFFANT A FEUILLE DE VERRE EXTERIEURE AMINCIE ET COUCHE CHAUFFANTE A LIGNES DE SEPARATION DE FLUX

La présente invention a trait aux vitrages chauffants (fonction antigivre) utilisant une couche conductrice, en particulier destinés à l'aéronautique (avion et hélicoptère).

Les vitrages aéronautiques chauffants sont des feuilletés de deux ou trois plis verriers ou organiques. La prévention de l'apparition de givre sur les vitrages aéronautiques peut se faire par chauffage par effet joule au moyen d'une couche transparente et conductrice électrique. La couche chauffante est déposée avec des hétérogénéités de résistance de surface afin de limiter l'hétérogénéité de puissance de surface (on ne sait chauffer uniformément que des rectangles). Typiquement la couche chauffante est déposée sur un verre de 3mm d'épaisseur. Le chauffage est régulé au moyen d'une sonde de température représentative de la température moyenne de la couche chauffante.

Les supports de couche chauffante actuellement utilisés, typiquement en verre de 3mm d'épaisseur car historiquement en verre semi trempé (la trempe thermique des verres très minces est impossible) imposent un chauffage souvent excessif car l'épaisseur de verre dégrade fortement l'information sur la température réelle de la peau externe du vitrage qu'il faut maintenir au-dessus de 0°C. Par ailleurs, la zone la plus sujette au givre est celle présentant la plus faible puissance spécifique (à flux égal de gouttelettes d'eau surfondues qui givrent au contact du verre à moins de 0°C) et c'est sur cette zone que doit être dimensionné le système de chauffage. Dans les zones les plus chauffées, la consommation d'énergie est donc excessive.

L'invention a donc pour objectif principal de réduire la puissance suffisante d'un vitrage chauffant pour garantir l'absence de formation de givre sur toute sa surface.

A cet effet l'invention a pour objet un vitrage feuilleté comprenant un premier pli structurel assemblé à une première feuille de verre de 0,5 à 1,5 mm d'épaisseur par l'intermédiaire d'une première couche adhésive intercalaire, caractérisé en ce que ladite première feuille de verre constitue une première face extérieure du vitrage feuilleté, en ce que la face de ladite première feuille de verre orientée vers ladite première couche adhésive intercalaire porte une première couche conductrice chauffante de 2 Angströms à 500 nm d'épaisseur, et en ce que ladite première couche conductrice chauffante présente des lignes de séparation de flux de 0,05 à 0,2 mm d'épaisseur espacées de 8 à 20 mm, formées par gravure pour guider l'intensité de courant entre deux bandes d'amenée de courant disposées le long de deux bords opposés du vitrage.

Ce que l'on entend au sens de l'invention par « pli structurel » est une feuille transparente d'épaisseur suffisante pour assurer une résistance mécanique recherchée, et qui par ailleurs sera décrite plus en détails ci-dessous. Le vitrage feuilleté de l'invention en comporte un ou plusieurs, notamment trois au plus.

Pour constituer ladite première feuille de verre, sont disponibles sur le marché des feuilles de verre à matrice aluminosilicate en épaisseurs aussi faibles que de moins de 1 mm, ce verre pouvant être renforcé chimiquement (et pas thermiquement) et constituer ainsi des plis chauffants résistants mécaniquement, notamment en faces avant de vitrages. L'utilisation d'un verre mince permet d'abaisser la température de régulation, ce qui se traduit par de nombreux avantages :

- une consommation électrique réduite dans les phases de vol non givrantes, ainsi qu'au sol quand la puissance disponible est limitée,
- des contraintes thermomécaniques réduites et donc une amélioration de la fiabilité,
- un temps de dégivrage au sol réduit,
- une sensible réduction des risques de surchauffe locaux durant les transitoires d'allumage au sol en conditions froides.

L'utilisation d'un vitrage à lignes de séparation de flux (dit également à lignes de flux) permet une meilleure homogénéité de chauffe, ce qui induit :

- une réduction de puissance électrique globale pour une même puissance spécifique au point le plus froid,
- une réduction de la capacité des générateurs électriques,
- une diminution de la température des zones les plus chaudes pouvant engendrer un vieillissement du vitrage,
- un positionnement plus aisé des sondes de température,
- une sensible réduction des risques de surchauffe locaux durant les transitoires d'allumage au sol en conditions froides.

Ainsi, par les mesures techniques de l'invention, la puissance totale d'un vitrage permettant d'assurer le non-givrage sur toute sa surface peut être réduite tout en améliorant considérablement l'homogénéité de chauffe.

Conformément à d'autres caractéristiques préférées du vitrage feuilleté de l'invention :

- il comprend un second pli structurel assemblé au premier par l'intermédiaire d'une seconde couche adhésive intercalaire ;
- il comprend une seconde feuille de verre de 0,5 à 1,5 mm d'épaisseur assemblée audit premier ou second pli structurel par l'intermédiaire d'une troisième couche adhésive intercalaire ;
- ladite seconde feuille de verre constitue une seconde face extérieure du vitrage feuilleté, et la face de ladite seconde feuille de verre orientée vers ladite troisième couche adhésive intercalaire porte une seconde couche conductrice chauffante de 2 Angströms à 500 nm d'épaisseur ;
- ladite seconde couche conductrice chauffante présente des lignes de séparation de flux de 0,05 à 0,2 mm d'épaisseur espacées de 8 à 20 mm ;
- lesdits premier et second plis structurels consistent chacun indépendamment l'un de l'autre en une feuille de verre d'épaisseur comprise entre 4 à 10 mm ou de matériau polymère d'épaisseur comprise entre 5 et 20 mm ; il convient de limiter le poids du vitrage feuilleté, en particulier lorsqu'il est destiné à un véhicule de transport : quand tous les plis structurels sont en matériau polymère, par exemple,

la somme des épaisseurs de tous les plis structurels n'excède pas 30 mm ;

- lesdits premier et second plis structurels consistent chacun indépendamment l'un de l'autre en une feuille de verre semi-trempé thermiquement ou renforcé chimiquement, ou de poly (méthacrylate de méthyle) (PMMA) ou de polycarbonate (PC) ;
- lesdites première et seconde feuilles de verre de 0,5 à 1,5 mm d'épaisseur sont renforcées chimiquement ;
- lesdites première, seconde et troisième couches adhésives intercalaires consistent, indépendamment l'une de l'autre en une couche de polyvinylbutyral (PVB), polyuréthane (PU) ou poly(éthylène-acétate de vinyle) (EVA) de 0,5 à 20, de préférence 1 à 16 mm d'épaisseur ;
- lesdites première et seconde couches conductrices chauffantes consistent indépendamment l'une de l'autre en une couche d'oxyde conducteur tel qu'oxyde d'indium dopé à l'étain (ITO), oxyde d'étain dopé au fluor (SnO_2:F) ou oxyde de zinc dopé à l'aluminium (AZO) de 20 à 500 nm d'épaisseur, ou en une couche métallique telle que d'or de 2 à 100 Angströms d'épaisseur ;
- les lignes de séparation de flux sont disposées suivant des lignes sensiblement parallèles qui se raccordent sensiblement orthogonalement à leurs deux bandes d'amenée de courant respectives et qui présentent des courbures ou inflexions lorsque lesdites deux bandes ou parties desdites deux bandes en regard forment un angle entre elles ; cette configuration accroît le degré d'homogénéité de températures sur toute la surface du vitrage feuilleté chauffant : on évite le ou les points froids et/ou diminue la différence entre points froid et chaud ;
- ladite première ou seconde couche conductrice chauffante présente un gradient d'épaisseurs ; il s'agit de procurer des différences de résistance électrique sur toute la surface de la couche conductrice chauffante, là encore dans le but d'accroître l'homogénéité des températures sur toute la surface du vitrage chauffé en conditions froides.

L'invention a d'autre part pour objet :

- l'application du vitrage feuilleté décrit ci-dessus comme vitrage de cockpit d'avion ou d'hélicoptère ;
- une telle application comme vitrage antigivre ; le terme « antigivre » désigne la fonction d'empêcher la formation de givre sur la face extérieure du vitrage feuilleté côté atmosphère extérieure ; la feuille de verre constituant cette face porte alors une couche conductrice chauffante selon l'invention ;
- une telle application comme vitrage antibuée ; on désigne ici indifféremment le fait d'empêcher la formation de buée (fonction antibuée proprement dite) ou bien de faire disparaître la buée (fonction désembuante) de la face extérieure du vitrage feuilleté côté intérieur du véhicule ; la feuille de verre constituant cette face porte alors une couche conductrice chauffante selon l'invention.

L'invention sera mieux comprise à la lumière de la description des dessins en annexe, dans lesquels :

- la Figure 1 représente des courbes de la température optimale de régulation en fonction du rapport de puissance de chauffe au point froid sur la puissance de chauffe au point de régulation, rapport appelé K_c, pour différentes épaisseurs de la feuille de verre en contact avec l'atmosphère extérieure constitutive du vitrage feuilleté;
- les Figures 2a et 2b sont des représentations schématiques d'un vitrage feuilleté chauffant connu, respectivement conforme à l'invention ; et
- les Figures 3a et 3b sont des courbes de puissance de chauffe, respectivement de diminution de puissance de chauffe pour différentes configurations de vitrage feuilleté.

En référence à la Figure 1, on voit, pour chacune des épaisseurs de la feuille de verre extérieure, que plus la température du vitrage chauffant est homogène sur toute sa surface, c'est-à-dire plus le rapport de puissances de chauffe au point froid /capteur est proche de 1, plus la température optimale de régulation (appliquée au capteur) est basse.

Pour l'essentiel, plus l'épaisseur de la feuille de verre extérieure est faible, plus la température optimale de régulation est basse. Pour un rapport K_c

de puissances au point froid/capteur de 0,7, on passe d'une température optimale de régulation de 31 °C pour une feuille de verre extérieure de 3 mm d'épaisseur à une température optimale de régulation de 17 °C pour une feuille de verre extérieure de 0,8 mm d'épaisseur.

Les courbes de la Figure 1 sont établies à partir de calculs qui dépendent des hypothèses convectives et de collection d'eau sur le vitrage, hypothèses qui sont bien évidemment les mêmes pour les trois courbes de la figure.

Sur les Figures 2a et 2b, on a considéré deux configurations de vitrages de type pare-brise d'avion, classique, respectivement « verre mince », présentées en coupe.

Chacun des deux vitrages feuilletés 1 comprend un premier et un second plis structurels 4, 6, constitués chacun d'une feuille de verre silicosodocalcique en pleine trempe thermique (contrainte de surface en compression de 150 MPa environ) ou renforcé chimique de 8 mm d'épaisseur. Le verre n'est pas nécessairement silicosodocalcique, mais peut être du type aluminosilicate, ou au lithium... Les plis 4, 6 sont collés par une couche 5 de polyvinylbutyral de 2 mm d'épaisseur. Le pli 6 constitue la face extérieure 22 du vitrage feuilleté 1, côté intérieur cabine.

Une feuille de verre 2 semi-trempé thermique ou renforcé chimique de 3 mm d'épaisseur sur la Figure 2a, renforcé chimique de 0,8 mm d'épaisseur sur la Figure 2b, est collée au premier pli structurel 4 par l'intermédiaire d'une couche de polyvinylbutyral 3 de 8 mm d'épaisseur. La feuille de verre 2 constitue la face extérieure 21 du vitrage feuilleté 1, côté extérieur cabine. La face de la feuille de verre 2 orientée vers l'intérieur du feuilleté porte une couche conductrice chauffante 11 d'oxyde d'indium dopé à l'étain (ITO) de 200 nm d'épaisseur, présentant ou non, selon les échantillons, des lignes de séparation de flux de 0,08 mm d'épaisseur espacées de 10 mm, formées par gravure laser.

La présence ou l'absence des lignes de séparation de flux ou lignes de flux permettent d'obtenir des homogénéités de puissance de chauffe différentes caractérisées par les ratios entre la puissance spécifique développée dans la

zone la plus froide du vitrage et au niveau de la sonde de régulation : 0.6 sans lignes de flux et 0.8 avec lignes de flux dans le cas présent.

On calcule alors dans des conditions de vol convectives (150W/m²/°C) sèches la consommation électrique du vitrage en fonction de la température ambiante. On suppose ici que la sonde est représentative de la puissance moyenne du vitrage.

Pour ces calculs on a considéré que la température de régulation est adaptée au vitrage.

Les résultats sont consignés sous la forme des courbes des Figures 3a et 3b équivalentes qui montrent que, par rapport au vitrage à verre relativement épais de la Figure 2a sans lignes de flux, la diminution de puissance spécifique moyenne en W/m^2 est croissante pour les solutions respectives :

- verre 0,8 mm (Fig 2b) sans lignes de flux,
- verre 3 mm (Fig 2a) avec lignes de flux,
- verre 0,8 mm avec lignes de flux.

Le gain est particulièrement important pour les hélicoptères rencontrant souvent des conditions de vol entre -10°C et 30°C.

La partie constante des deux configurations d'assemblage représentées aux Figures 2a et 2b peut être remplacée par un pli ou deux plis de PMMA ou PC d'épaisseur totale typique de 5 à 30mm. Les épaisseurs faibles correspondent plutôt à des applications hélicoptère. Deux plis structurels en matériau polymère peuvent être collés l'un à l'autre par une couche de polyuréthane.

REVENDICATIONS

1. Vitrage feuilleté (1) comprenant un premier pli structurel (4) assemblé à une première feuille de verre (2) de 0,5 à 1,5 mm d'épaisseur par l'intermédiaire d'une première couche adhésive intercalaire (3), caractérisé en ce que ladite première feuille de verre (2) constitue une première face extérieure (21) du vitrage feuilleté (1), en ce que la face de ladite première feuille de verre (2) orientée vers ladite première couche adhésive intercalaire (3) porte une première couche conductrice chauffante (11) de 2 Angströms à 500 nm d'épaisseur, et en ce que ladite première couche conductrice chauffante (11) présente des lignes de séparation de flux de 0,05 à 0,2 mm d'épaisseur espacées de 8 à 20 mm, formées par gravure pour guider l'intensité de courant entre deux bandes d'amenée de courant disposées le long de deux bords opposés du vitrage (1).

2. Vitrage feuilleté (1) selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend un second pli structurel (6) assemblé au premier par l'intermédiaire d'une seconde couche adhésive intercalaire (5).

3. Vitrage feuilleté (1) selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend une seconde feuille de verre de 0,5 à 1,5 mm d'épaisseur assemblée audit premier (4) ou second pli structurel (6) par l'intermédiaire d'une troisième couche adhésive intercalaire.

4. Vitrage feuilleté (1) selon la revendication 3, caractérisé en ce que ladite seconde feuille de verre constitue une seconde face extérieure (22) du vitrage feuilleté (1), et en ce que la face de ladite seconde feuille de verre orientée vers ladite troisième couche adhésive intercalaire porte une seconde couche conductrice chauffante de 2 Angströms à 500 nm d'épaisseur.

5. Vitrage feuilleté (1) selon la revendication 4, caractérisé en ce que ladite seconde couche conductrice chauffante présente des lignes de séparation de flux de 0,05 à 0,2 mm d'épaisseur espacées de 8 à 20 mm.

6. Vitrage feuilleté (1) selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que lesdits premier (4) et second (6) plis structurels consistent chacun indépendamment l'un de l'autre en une feuille de verre d'épaisseur comprise

entre 4 à 10 mm ou de matériau polymère d'épaisseur comprise entre 5 et 20 mm.

7. Vitrage feuilleté (1) selon la revendication 6, caractérisé en ce que lesdits premier (4) et second (6) plis structurels consistent chacun indépendamment l'un de l'autre en une feuille de verre semi-trempé thermiquement ou renforcé chimiquement, ou de poly(méthacrylate de méthyle) (PMMA) ou de polycarbonate (PC).

8. Vitrage feuilleté (1) selon l'une des revendications 1 ou 3, caractérisé en ce que lesdites première (2) et seconde feuilles de verre de 0,5 à 1,5 mm d'épaisseur sont renforcées chimiquement.

9. Vitrage feuilleté (1) selon l'une des revendications 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que lesdites première (3), seconde (5) et troisième couches adhésives intercalaires consistent, indépendamment l'une de l'autre en une couche de polyvinylbutyral (PVB), polyuréthane (PU) ou poly(éthylène-acétate de vinyle) (EVA) de 0,5 à 20, de préférence 1 à 16 mm d'épaisseur.

10. Vitrage feuilleté (1) selon l'une des revendications 1 ou 4, caractérisé en ce que lesdites première (11) et seconde couches conductrices chauffantes consistent indépendamment l'une de l'autre en une couche d'oxyde conducteur tel qu'oxyde d'indium dopé à l'étain (ITO), oxyde d'étain dopé au fluor (SnO_2:F) ou oxyde de zinc dopé à l'aluminium (AZO) de 20 à 500 nm d'épaisseur, ou en une couche métallique telle que d'or de 2 à 100 Angströms d'épaisseur.

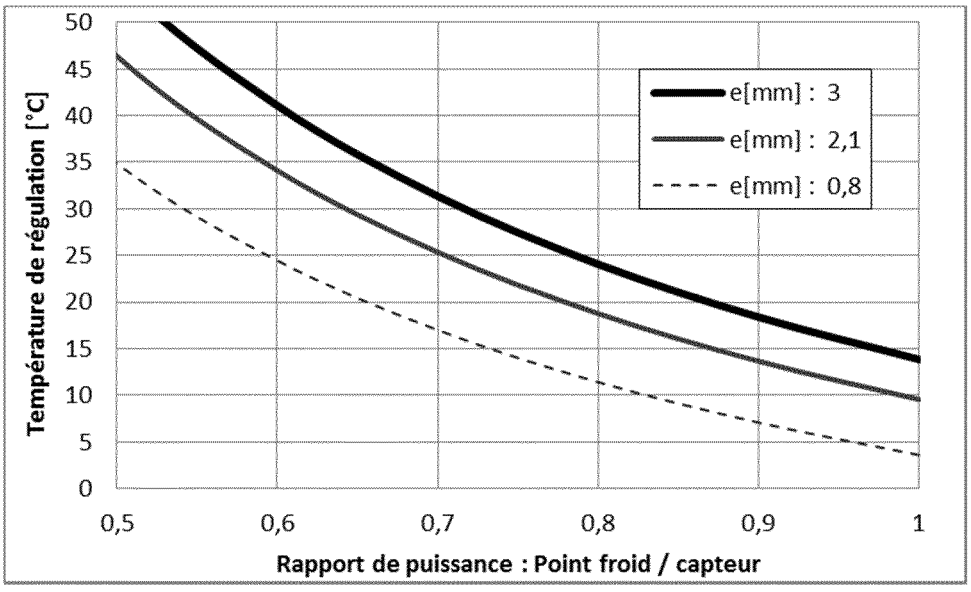
11. Vitrage feuilleté (1) selon l'une des revendications 1 ou 5, caractérisé en ce que les lignes de séparation de flux sont disposées suivant des lignes sensiblement parallèles qui se raccordent sensiblement orthogonalement à leurs deux bandes d'amenée de courant respectives et qui présentent des courbures ou inflexions lorsque lesdites deux bandes ou parties desdites deux bandes en regard forment un angle entre elles.

12. Vitrage feuilleté (1) selon l'une des revendications 1 ou 4, caractérisé en ce que ladite première (11) ou seconde couche conductrice chauffante présente un gradient d'épaisseurs.

13. Application d'un vitrage feuilleté (11) selon l'une des revendications précédentes comme vitrage de cockpit d'avion ou d'hélicoptère.

14. Application selon la revendication 13 comme vitrage antigivre.

15. Application d'un vitrage feuilleté (11) selon l'une des revendications 13 ou 14 comme vitrage antibuée.



Influence de l'épaisseur du verre extérieur sur la température optimale de régulation

FIG 1

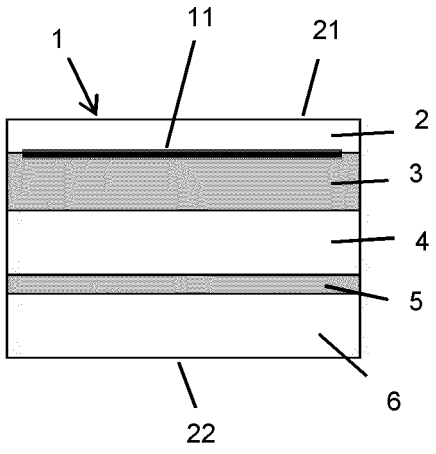


FIG 2a

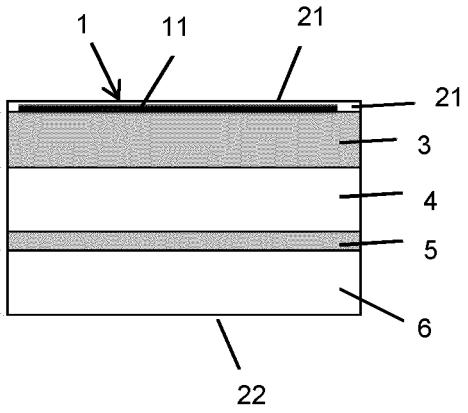


FIG 2b

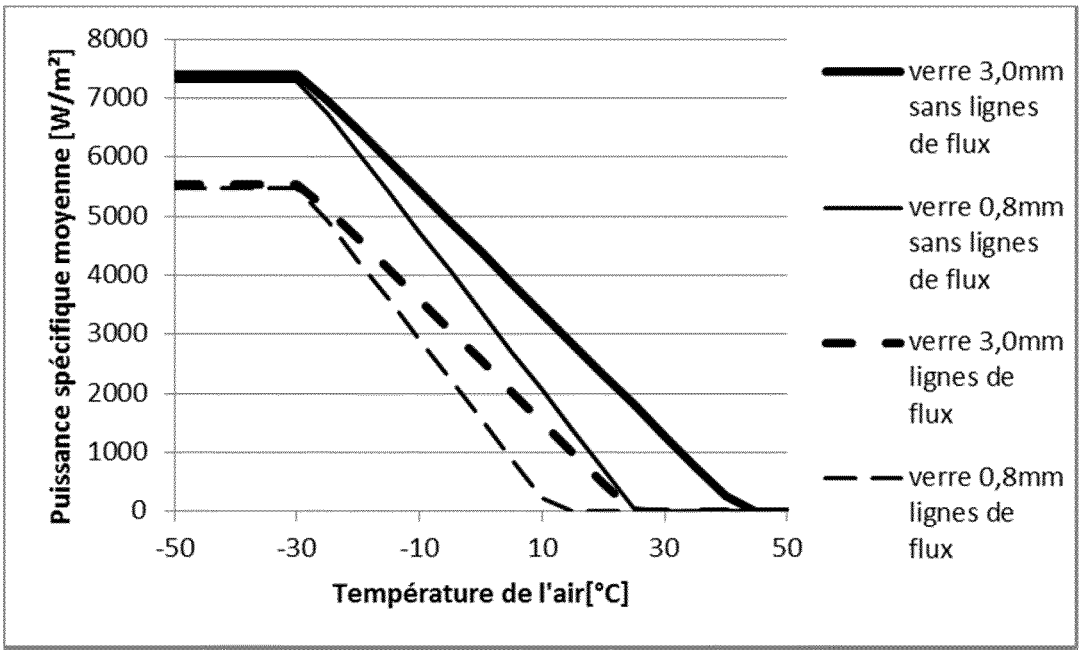

Puissance spécifique moyenne [W/m²]
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
-50
-30
-10
10
30
50
Température de l'air[°C]
verre 3,0mm sans lignes de flux
verre 0,8mm sans lignes de flux
verre 3,0mm lignes de flux
verre 0,8mm lignes de flux

FIG 3a

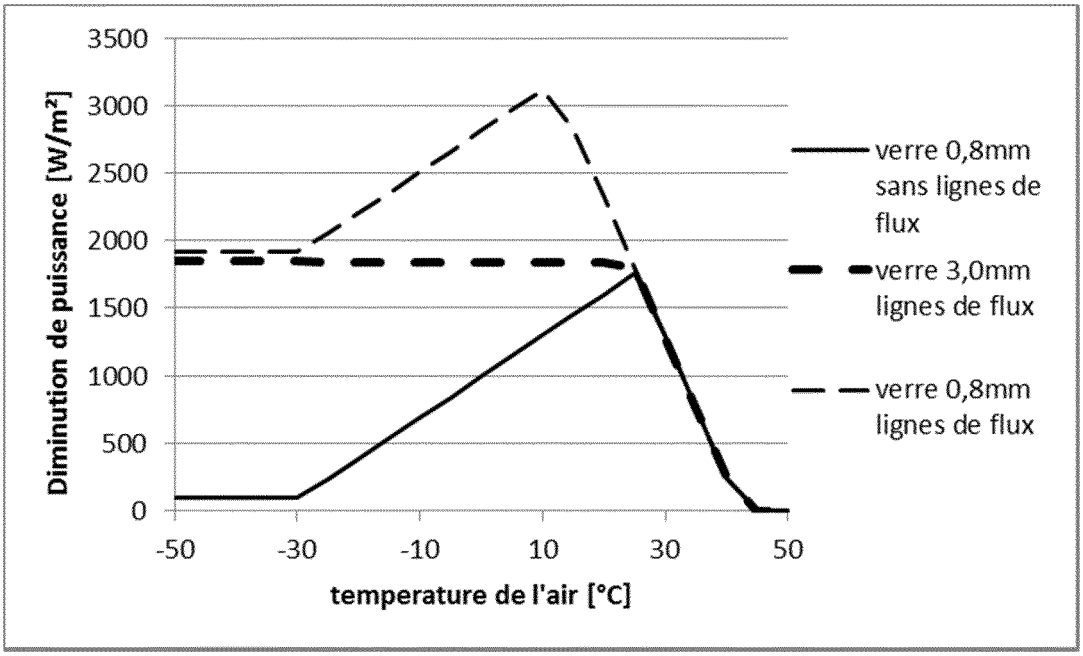

Diminution de puissance [W/m²]
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
-50
-30
-10
10
30
50
temperature de l'air [°C]
verre 0,8mm sans lignes de flux
verre 3,0mm lignes de flux
verre 0,8mm lignes de flux

FIG 3b

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveauté) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.
Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

[x] Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

[x] Le demandeur a maintenu les revendications.

☐ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

[x] Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

[x] Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

WO 2015/014511 A1 (SAINT GOBAIN [FR]) 5 février 2015 (2015-02-05)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

EP 0 893 938 A1 (SAINT GOBAIN VITRAGE [FR]) 27 janvier 1999 (1999-01-27)

WO 2012/004280 A1 (SAINT GOBAIN [FR]; OFFERMANN VOLKMAR [DE]; SCHLARB ANDREAS [DE]; MELCH) 12 janvier 2012 (2012-01-12)

EP 0 353 141 A1 (SAINT GOBAIN VITRAGE [FR]) 31 janvier 1990 (1990-01-31)

US 2011/198334 A1 (ZAGDOUN GEORGES [FR] ET AL) 18 août 2011 (2011-08-18)

US 2008/318011 A1 (CHAUSSADE PIERRE [FR] ET AL) 25 décembre 2008 (2008-12-25)

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT