

⑫ **BREVET D'INVENTION** **B1**

⑤④ VITRAGE FEUILLETE ILLUMINABLE DE VEHICULE ET VEHICULE AVEC UN TEL VITRAGE.

②② Date de dépôt : 26.10.22.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE
Société par actions simplifiée — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 03.05.24 Bulletin 24/18.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 18.10.24 Bulletin 24/42.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : MIMOUN Emmanuel.

⑦③ Titulaire(s) : SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE
Société par actions simplifiée.

⑦④ Mandataire(s) : SAINT-GOBAIN RECHERCHE.



Description

Titre de l'invention : VITRAGE FEUILLETE ILLUMINABLE DE VEHICULE ET VEHICULE AVEC UN TEL VITRAGE

- [0001] La présente invention est relative à un vitrage feuilleté illuminable de véhicule, notamment un vitrage de véhicule routier à diodes électroluminescentes.
- [0002] Les diodes électroluminescentes ou DEL (LED en anglais) assurent depuis quelques années l'éclairage de dispositifs de signalisation (feux de signalisation...), de clignotants ou feux de position de véhicules automobiles. L'intérêt des diodes est leur longue durée de vie, leur efficacité lumineuse, leur robustesse, leur faible consommation énergétique et leur compacité, rendant les appareillages les employant davantage pérennes, et nécessitant un entretien réduit.
- [0003] Plus récemment, les diodes électroluminescentes ont été utilisées pour les toits automobiles, notamment des toits feuilletés panoramiques à éclairage par diodes électroluminescentes comme décrit dans le document WO2010049638. La lumière émise par les diodes est introduite par la tranche dans le vitrage intérieur formant guide, la lumière étant extraite du vitrage par une couche diffusante transparente sur le vitrage, dont la surface définit le motif lumineux, tel qu'un aplat émail contenant des particules diffusantes diélectriques.
- [0004] On peut encore améliorer le rendu lumineux dans le toit éclairant ou plus largement d'un vitrage éclairant de véhicule en particulier améliorer la perception du motif lumineux.
- [0005] A cet effet, la présente invention a pour objet un vitrage feuilleté illuminable (ou lumineux) de véhicule notamment routier (voiture, camion, transport en commun: bus, car etc) ou ferroviaire (train, métro, tramway), de préférence bombé, de préférence un toit voire un vitrage latéral, un pare-brise, ou encore une lunette arrière, comprenant :
- [0006] - un première feuille transparente (bombée), en verre minéral, éventuellement teintée (coloré en masse), notamment gris ou vert, première feuille de verre (transparente) comportant une première face principale extérieure dite face F1, une deuxième face principale intérieure dite face F2 (nue ou revêtue avec un revêtement fonctionnel - transparent- notamment d'au plus 200nm), typiquement d'indice de réfraction n_v d'au moins 1,5 et même d'au plus 1,6 ou 1,55, dans le visible (à une longueur d'onde de référence notamment choisi de 550nm à 600nm, par exemple 550nm, qui est de préférence dans la gamme spectrale de la source de lumière montée ou à monter)
- [0007] - une deuxième feuille transparente (bombée), en verre de préférence minéral ou organique, notamment en verre clair ou de préférence extraclair, notamment d'épaisseur d'au plus 2,1mm, avec une troisième face principale dite face F3 et une

quatrième face principale dite face F4 (orientée vers l'intérieur du véhicule), deuxième feuille d'indice de réfraction n_0 notamment d'au moins 1,5 et éventuellement d'au plus 1,6 ou 1,55, dans le visible, notamment à une longueur d'onde de référence notamment choisie de 550nm à 600nm, par exemple 550nm, qui est de préférence dans la gamme spectrale de la source de lumière (montée ou à monter)

- [0008] entre les faces F2 et F3, une ou plusieurs couches intermédiaires (par exemple au plus 5, 4, 3, ou 2 couches intermédiaires), diélectriques, transparentes, d'indices de réfraction donnés dans le visible (à la longueur d'onde de référence), comportant un intercalaire de feuillement polymère, en particulier la ou les couches intermédiaires sont les couches intercalaires,
- [0009] la première feuille étant teintée et/ou parmi la ou les couches intermédiaires une première couche étant teintée, en particulier une première couche intercalaire teintée,
- [0010] lorsque plusieurs couches intermédiaires, intercalaires, sont teintées, la première couche teintée est la couche teintée la plus proche de la face F3,
- [0011] n_2 étant l'indice de réfraction dans le visible le plus bas parmi les indices de réfraction de la ou des couches intermédiaires (notamment intercalaire) entre la face F3 et jusqu'à la première couche teintée incluse ou jusqu'à la face F2 en l'absence de couche intermédiaire teintée, avec $n_2 < n_0$, notamment à la longueur d'onde de référence, et de préférence $n_2 < n_0$ pour toute la gamme spectrale, et typiquement $n_2 < n_v$ (en particulier si deuxième feuille en verre minéral).
- [0012] Le vitrage selon l'invention comporte en outre de préférence une source de lumière (de préférence polychromatique, de gamme spectrale large d'au moins 100nm, notamment blanche) en couplage optique avec la deuxième feuille formant un guide de lumière. Notamment la source de lumière (de préférence diodes) est périphérique, de préférence décalée du clair de vitre. La source de lumière peut être démontable, ajoutée, vendue séparément du vitrage ou en kit. La source de lumière peut s'étendre linéairement (barrette(s) de diodes).
- [0013] Le vitrage selon l'invention comporte en outre des moyens d'extraction de lumière (guidée), lumière guidée dans la deuxième feuille (moyens d'extraction de lumière liés à la première feuille, en contact optique ou même direct avec la face F3 ou la face F4 ou dans la deuxième feuille).
- [0014] Le vitrage selon l'invention comporte en outre de préférence une source de lumière (de préférence polychromatique) en couplage optique avec la deuxième feuille formant un guide de lumière, notamment source de lumière périphérique, de préférence décalée du clair de vitre, de préférence diodes). La source de lumière peut être démontable, ajoutée, vendue séparément du vitrage ou en kit. La source peut s'étendre linéairement.
- [0015] Le vitrage comporte en outre des moyens d'extraction de lumière, lumière guidée dans la deuxième feuille (moyens d'extraction de lumière liés à la première feuille, en

contact optique ou même direct avec la face F3 ou la face F4 ou dans la deuxième feuille).

- [0016] En outre, le vitrage sur la face F4, une couche de protection optique, transparente, diélectrique, et d'indice de réfraction n_1 dans le visible, avec $n_1 < n_2$, notamment à la longueur d'onde de référence, et même pour toute la gamme spectrale de la source (notamment source polychromatique, par exemple RGB ou lumière blanche) et d'épaisseur E_1 d'au moins 100nm ou même d'au moins 200nm et submillimétrique, et de préférence d'au plus 100 μ m ou 50 μ m ou 5 μ m ou 1 μ m ou 500nm.
- [0017] Avec l'architecture du toit de l'art antérieur, toute contamination de la face F4 est une cause d'extraction de la lumière et est donc très visible lorsque la lumière est allumée, En effet la lumière rebondit sur la face F4, où elle peut interagir avec les empreintes digitales ou la poussière.
- [0018] Selon l'invention, la couche de protection optique isole la face F4 à l'air libre (face étain par exemple pour un verre flotté) d'une contamination qui entrerait en contact avec elle. Cette couche de protection optique permet de rendre le guidage lumineux insensible à la contamination de surface, sans perte d'efficacité d'extraction de la lumière.
- [0019] La couche de protection optique est efficace, de par sa transparence, son caractère diélectrique, le choix de son indice de réfraction n_2 avec une épaisseur E_1 raisonnable. En fonction des matériaux disponibles et de l'intégration de la couche de protection optique, on abaisse plus ou moins E_1 , on se rapproche plus ou moins de n_2 .
- [0020] Son indice n_2 et son épaisseur E_1 sont en particulier ajustés pour autoriser uniquement une onde évanescente aux angles d'incidence du mode guidé (au-delà de l'angle critique).
- [0021] La couche de protection optique est notamment en contact optique avec la face F4, sur une sous couche fonctionnelle (barrière, etc), notamment minérale, par exemple d'au plus 120nm ou 100nm par exemple d'indice de réfraction supérieur à n_2 (et à n_1) dans le visible notamment à la longueur d'onde de référence.
- [0022] Par simplicité, la couche de protection optique (notamment un revêtement) peut être en contact direct avec la face F4 (dépôt directement sur la face F4).
- [0023] La couche de protection optique (film ou revêtement) peut présenter de préférence une absorption lumineuse d'au plus 3% même à 1% dans le visible (à la longueur d'onde de référence voire sur tout le visible).
- [0024] La tranche ou bord extérieur de la couche de protection optique peut être décalée du clair de vitre par exemple défini par une couche de masquage interne périphérique (formant cadre périphérique de masquage) entre la face F2 et la face F3, notamment la couche de protection optique s'étendant sous cette couche de masquage interne sur au plus 10 cm ou au plus 3 cm.

- [0025] On peut choisir pour tous les indices de réfraction selon l'invention une longueur d'onde de référence qui est 550nm et même selon la norme DIN 67507. De préférence les relations entre indices de réfraction $n_1 < n_2$ et $n_0 > n_2$ sont vraies pour toute la gamme spectrale visible de la source de lumière, pour tout le visible.
- [0026] La Demanderesse a identifié que l'absorption de la lumière visible par une couche contaminante est non négligeable. Toutefois, l'absorption de la lumière visible à incidence normale demeure faible car la lumière traverse la perpendiculairement. L'interaction entre le rayonnement et la couche contaminante se fait uniquement sur l'épaisseur e_f de la couche contaminante.
- [0027] Or la situation est différente pour la lumière du mode guidé, avec couche contaminante directement sur la face F4 du guide de lumière, la lumière guidée étant susceptible d'interagir avec la couche contaminante. Les rayons du mode guidé sont « rasants », se propageant suivant un θ d'incidence par exemple supérieur à 78° environ dans la configuration avec couche intercalaire inférieure à base de butyral de polyvinyl (PVB) et une deuxième feuille de verre minéral.
- [0028] Ainsi, une partie importante de la lumière guidée rentrant en contact avec cette couche contaminante avec un angle rasant et est donc susceptible d'être absorbée.
- [0029] Un rayon du mode guidé traverse donc la couche contaminante sur une distance correspondant à : $e_f / \cos(\theta)$. Plus l'angle est rasant, plus $\cos(\theta)$ est faible, plus les rayons du mode guidé interagissent avec la couche contaminante sur une grande distance et donc plus les proportions de rayons absorbés sont aussi importantes.
- [0030] C'est pourquoi on peut observer, en fonction de la lumière par la source injectée dans le guide, une altération, un changement chromatique, une diminution voire un effacement de la zone lumineuse issue de l'extraction au fur et à mesure que l'on s'éloigne du point d'injection de lumière due à l'absorption élevée en mode guidé aux angles rasants de la couche contaminante.
- [0031] Pour préserver la zone lumineuse, les inventeurs ont donc choisi la couche de protection optique ayant une absorption plus faible et donc une meilleure préservation du mode guidé au sens de son intensité totale.
- [0032] La couche de protection optique est efficace, de par sa transparence, son caractère diélectrique, le choix de son indice de réfraction n_2 avec une épaisseur E_1 raisonnable. En fonction des matériaux disponibles et de l'intégration de la couche de protection optique, on abaisse plus ou moins E_1 , on se rapproche plus ou moins de n_2 .
- [0033] Son indice n_2 et son épaisseur E_1 sont en particulier ajustés pour autoriser uniquement une onde évanescente aux angles d'incidence du mode guidé (au-delà de l'angle critique).
- [0034] L'épaisseur de matière teintée permet de limiter l'échauffement dans l'habitable. Une couche intermédiaire teintée (intercalaire ou d'un film teinté polymère ajouté, par

exemple première couche teintée, éventuellement unique) de préférence s'étend sur quasi tout le vitrage, notamment sur au moins 80% ou 90%. Pour la teinte d'une couche intermédiaire (notamment intercalaire ou dudit film polymère) on peut utiliser colorant moléculaire ou pigment inorganique.

- [0035] Une couche intermédiaire teintée (intercalaire, couche supérieure et/ou inférieure, ledit film teinté, par exemple première couche teintée, éventuellement unique) peut avoir une transmission lumineuse d'au plus 50% ou 40% ou 30% ou 20% et même d'au moins 5%. On peut choisir une couleur de teinte différente, identique à celle de la première feuille de verre. Par exemple la première feuille de verre teinté est verte, bleue ou grise et la première couche teintée, de préférence couche intercalaire, (par exemple PVB) est bleue ou grise. On peut ajouter au moins une autre couche intermédiaire, de préférence couche intercalaire, clair (par exemple PVB clair) plus proche de la face F2 que la première couche teintée ou plus proche de la face F3.
- [0036] L'invention tire parti de cette épaisseur de matière teintée. En effet, si les rayons les plus rasants sont guidés dans la deuxième feuille par réflexion totale interne avec l'interface avec la couche intermédiaire (couche intercalaire inférieure par exemple), d'autres rayons moins rasant se propageant dans le vitrage par réfraction, atteignent la matière teintée et sont rapidement absorbés après quelques rebonds (réfraction et réflexion). Ils donc sont rapidement absents en face F4, par exemple au bout de moins de 10cm de la zone d'injection.
- [0037] En particulier, la première feuille de verre et/ou toute couche intermédiaire teintée (intercalaire PVB ou non adhésif comme le polytéréphtalate d'éthylène PET) sont suffisamment absorbants (compte tenu de leurs coefficients d'absorption et de leurs épaisseurs) pour que sur un rebond (réfraction de face F3 à face F1, puis réflexion sur face F1, réfraction jusqu'à la face F3, l'intensité lumineuse soit diminuée d'au moins 50%. On peut mesurer l'intensité lumineuse par spectroscopie en transmission. Typiquement le coefficient d'extinction k , partie imaginaire de l'indice de réfraction complexe pour un verre dénommé VG10 de la Demanderesse de 2mm ou pour un PVB teinté de 0,76mm avec TL de 40% est de l'ordre 10^{-8} dans le visible (en particulier à la longueur d'onde de référence par exemple 550nm et même sur la gamme spectrale de la source).
- [0038] L'épaisseur teintée crée ainsi un filtrage angulaire qui permet de ne pas devoir gérer les angles moins rasants. Dans cette zone proche de l'injection, le vitrage peut être masqué (garniture) par exemple au profit d'une couche de masquage périphérique telle que décrite plus tard).
- [0039] L'intercalaire de feuillette monocouche ou multicouches est notamment d'épaisseur d'au plus 2cm ou 1,2 cm ou subcentimétrique en particulier d'au moins 0,3mm, notamment tout ou partie thermoplastique (teinté ou non), avec par exemple au moins

une partie inférieure de l'intercalaire de feuilletage (teinté ou non) dite couche inférieure intercalaire (par exemple un feuillet), d'épaisseur donnée de préférence d'au moins 100µm, en contact adhésif avec la face F3.

- [0040] Le vitrage selon l'invention est ainsi teinté (donc absorbant dans le visible en particulier dans la gamme spectrale de la source de lumière) sur une épaisseur donnée par exemple d'au moins 100µm ou 300µm :
- [0041] - la première feuille étant teintée (sur toute son épaisseur, colorée en masse)
- [0042] - et/ou sur toute ou partie de l'intercalaire de feuilletage, de préférence épaisseur teintée submillimétrique, par exemple une couche supérieure intercalaire, entre la face F2 et la couche inférieure intercalaire, étant teintée (colorée en masse) et/ou la couche inférieure intercalaire étant teintée
- [0043] - et/ou un film transparent teinté (coloré en masse), polymère (en particulier non adhésif au verre minéral et/ou organique), par exemple d'épaisseur d'au moins 30 ou 50 µm et mieux d'au plus 200µm, étant inséré entre la face F2 et la couche inférieure intercalaire, par exemple au sein de l'intercalaire de feuilletage, entre couche inférieure intercalaire et une couche supérieure intercalaire.
- [0044] Par exemple il s'agit d'un film thermoplastique (flexible, courbé suivant la courbure du vitrage), qui est : polyester, notamment polytéréphtalate d'éthylène (PET), poly(téréphtalate de butylène) PBT, poly(naphtalate d'éthylène) (PEN), , polyimide (PI), polyuréthane (PU) ou triacétate de cellulose (TAC), acrylique, polyoléfine notamment polypropylène (PP) polycarbonate (PC) ou PMMA, film (coextrudé) en PET-PMMA poly(chlorure de vinyle) PVC.
- [0045] Avec un film polymère en PC ou PMMA, on préfère (pour davantage de compatibilité chimique) comme couche intercalaire thermoplastique le polyuréthane thermoplastique (TPU). Il en est de même si on choisit une deuxième feuille de verre organique PC ou PMMA, on préfère couche intercalaire thermoplastique (notamment inférieure) le polyuréthane thermoplastique (TPU).
- [0046] L'intercalaire de feuilletage (une couche supérieure intercalaire en particulier) peut avoir une face principale FA en contact adhésif avec la face F2 nue ou avec un revêtement fonctionnel sur la face F2. L'intercalaire (la couche inférieure intercalaire) peut avoir une face principale FB en contact adhésif avec la face F3 nue (FB face de la couche inférieure intercalaire).
- [0047] Avantageusement, la différence $n_2 - n_1$ est supérieure à 0,02 ou même à 0,05 et/ou la différence $n_2 - n_1$ de préférence est inférieure à 0,3 et même à 0,15 ou 0,1 (par exemple à 550nm).
- [0048] De manière inattendu, compte tenu du filtrage angulaire, il n'est pas nécessaire d'abaisser n_1 jusqu'à 1 ou au plus proche de 1, ce qui restreindrait drastiquement le choix du matériau. L'indice n_1 peut être légèrement inférieur à n_2 (notamment celui

d'une couche intercalaire) pour isoler toute la lumière qui se propage dans la deuxième feuille.

- [0049] Si n_1 est trop proche de n_2 on doit davantage augmenter l'épaisseur E_1 , ce qui peut parfois être nuisible pour la tenue mécanique, la couche de protection optique (apparition de microfissures etc).
- [0050] On peut souhaiter avoir un n_1 un peu plus éloigné de n_2 et augmenter l'épaisseur E_1 par exemple pour une couche de protection optique qui un revêtement organique par voie liquide. En outre pour une couche poreuse, notamment silice, le degré de porosité nécessaire est alors diminué.
- [0051] De préférence, par exemple à 550nm, n_1 est supérieur ou égal à 1,3 ou même à 1,35 ou 1,4, (n_2 est notamment d'au moins 1,45 ou 1,48) et n_0 est d'au moins 1,5. E_1 est de préférence d'au moins 250nm. En particulier, à 550nm, $n_2=1,485$ environ (et même la couche inférieure intercalaire est de préférence à base de PVB), et n_0 est d'au plus 1,53.
- [0052] Pour caractériser l'absorption par la couche contaminante de la lumière en mode guidé, il n'est pas possible de déterminer expérimentalement des paramètres puisque le mode guidé existe seulement dans la deuxième feuille.
- [0053] Par ailleurs on ne peut préjuger à l'avance de la nature de la couche contaminante, on fait l'hypothèse pessimiste d'une couche absorbant 100% de la lumière. Avec ce système, la Demanderesse a déterminé un modèle optique spécifique permettant d'évaluer par simulation la réflexion en mode guidé, en particulier le paramètre en mode guidé appelé R_{gm} qui est la quantité totale de lumière réfléchie à chaque réflexion sur l'interface à couches. Cette réflexion correspond à un angle d'incidence donnée (par exemple de 80° au-delà de l'angle critique de 78° si deuxième feuille de verre minéral et couche inférieure PVB, selon la loi de Snell-Descartes donc avec $n_0=1,52 \pm 0,01$, $n_2=1,485 \pm 0,05$ à 550nm). Une forte absorption en mode guidé se traduit par des valeurs limitées de R_{gm} .
- [0054] Les inventeurs ont alors déterminé une couche de protection optique telle que même en présence d'une couche absorbant 100% de la lumière derrière celle-ci présente un paramètre R_{gm} plus élevé, de préférence d'au moins 95% ou même 97% ou encore 99% dénotant une très faible absorption et donc une meilleure préservation du mode guidé au sens de son intensité totale.
- [0055] Ainsi, E_1 et n_1 sont choisis tels que la couche de protection optique présente un paramètre R_{gm} qui est la réflexion en mode guidé à l'interface deuxième feuille/ couche de protection optique d'au moins 95%, de préférence d'au moins 97% et même d'au moins 99%.
- [0056] Dans une réalisation, des simulations de ce système avec une couche absorbant à 100% ont été faites et validées avec $n_0=1,52$, $n_2=1,485$ à 550nm.

- [0057] Notamment pour Rgm de 95%, l'épaisseur E1, en nm, est dans une première région délimitée d'un graphique de l'épaisseur E1 en fonction de n1, avec une première limite inférieure incluse E1a définie par une première courbe C1 de l'épaisseur en fonction de n1 d'équation suivante :
- [0058] $E1a(n1)=b1-a_{11}*(n1-n_{r1})-a_{31}*(n1-n_{r1})^3-a_{51}*(n1-n_{r1})^5$
- [0059] avec $n_{r1}=1,499$; $b1=122\text{nm}$; $a_{11}=30,1\text{nm}$; $a_{31}=-9,44*10^{-3}\text{nm}$; $a_{51}=5,69*10^{-6}\text{nm}$
- [0060] Cette courbe présente une asymptote verticale proche de n2.
- [0061] Et de préférence, notamment pour Rgm de 97%, l'épaisseur E1, en nm, est dans une deuxième région délimitée dudit graphique (plus restreinte que la première région), avec une deuxième limite inférieure incluse E1b, définie par une deuxième courbe C2 (au-dessus de C1) de l'épaisseur en fonction de n1 d'équation suivante :
- [0062] $E1b(n1)=b2-a_{12}*(n1-n_{r2})-a_{32}*(n1-n_{r2})^3-a_{52}*(n1-n_{r2})^5$
- [0063] avec $n_{r2}=1,495$, $b2=154\text{nm}$, $a_{12}=30,5\text{nm}$, $a_{32}=-7,51*10^{-3}\text{nm}$; $a_{52}=3,05*10^{-6}\text{nm}$
- [0064] Et même encore plus préférentiellement, notamment pour Rgm de 99%, l'épaisseur E1, en nm, est dans une troisième région délimitée dudit graphique (plus restreinte que la première ou deuxième région), avec une troisième limite inférieure incluse E1c, définie par une troisième courbe C3 (au-dessus de C1 et C2) de l'épaisseur en fonction de n1 d'équation suivante :
- [0065] $E1c(n1)=b3-a_{13}*(n1-n_{r3})-a_{33}*(n1-n_{r3})^3-a_{53}*(n1-n_{r3})^5$
- [0066] Avec $n_{r3}=1,492$, $b3=211\text{nm}$; $a_{13}=34,4\text{nm}$; $a_{33}=-6,43*10^{-3}\text{nm}$; $a_{53}=1,99*10^{-6}\text{nm}$.
- [0067] Et E1 est de préférence d'au plus $3\mu\text{m}$ ou même d'au plus $1,5\mu\text{m}$.
- [0068] Si on préfère E1 d'au plus $1\mu\text{m}$, il faut n1 respectivement d'au moins 1,466, 1,4685, 1,453. Si on préfère E1 d'au plus 800nm, il faut n1 respectivement d'au moins 1,461, 1,453, 1,438. Si on préfère E1 d'au plus 600nm, il faut n1 respectivement d'au moins 1,442, 1,43, 1,40. Si l'épaisseur E1 peut être d'au moins $1,2\mu\text{m}$ (film autoportant, revêtement par voie liquide) on peut avoir n1 d'au moins 1,472, 1,470, 1,461.
- [0069] Au-delà respectivement $1,3\mu\text{m}$, $1,6\mu\text{m}$, $2,2\mu\text{m}$ n1 est dans une gamme la plus large possible tant que $n1 < n2$.
- [0070] La couche de protection optique peut comporter, être, un revêtement dit protecteur, de préférence monocouche, sur la face F4 (de préférence en contact direct).
- [0071] E1 minimum dépend du type de matériau et du procédé de dépôt.
- [0072] Par exemple on prévoit l'épaisseur E1 d'au moins 300nm, 400nm, 500nm, 800nm et de préférence d'au plus $5\mu\text{m}$ ou $3\mu\text{m}$ ou même d'au plus $1,5\mu\text{m}$.
- [0073] Le revêtement protecteur peut être déposé sur la deuxième feuille de verre plane avant l'opération de bombage trempe (et donc doit être trempable). Sinon le revêtement protecteur optique peut être déposé (par voie liquide de préférence) sur la deuxième feuille de verre bombée en particulier si revêtement protecteur organique. Typiquement, l'opération de bombage trempe est à une température d'au moins 600°C .

- [0074] Le revêtement protecteur peut être déposé après le feuilletage en particulier si revêtement protecteur adhésif avec un élément porteur par exemple une un verre trempé.
- [0075] Le revêtement protecteur peut être minéral, et sur la deuxième feuille de verre de préférence minéral de préférence revêtement à base de silice (dense ou de préférence poreuse) en particulier sol-gel avec E1 au plus 1,5 ou 1,1 μ m ou 1 μ m. De préférence la deuxième feuille de verre est alors minérale dans le cas d'un dépôt sol gel impliquant une élimination d'agent porogène par traitement thermique (par exemple lors du bombage-trempe).
- [0076] Le revêtement protecteur comporte (notamment est constitué de) de préférence :
- [0077] - couche sol-gel à base de silice poreuse et E1 est d'au plus 1 μ m mieux d'au plus 800 nm et même 700 nm, pour éviter le risque de fissures, n1 peut aller aisément jusqu'à 1,3
- [0078] - ou couche à base d'oxyde (à base de silice etc) déposée par voie physique en phase vapeur (PVD) tel que la pulvérisation magnétron et E1 est d'au plus 1 μ m mieux d'au plus 700 nm et même 400 nm car le dépôt est très lent,
- [0079] - ou une couche à base de silice poreuse obtenue à partir d'une couche SiO_xCyHz déposée par une combinaison entre voie chimique assisté par plasma (PECVD) et pulvérisation magnétron, avec E1 d'au plus 500nm de préférence, et après (bombage)-trempe devenant de la silice (plus) poreuse, par exemple procédé de dépôt d'une telle couche décrit dans la demande de brevet WO2012172266.
- [0080] En pulvérisation magnétron la couche de silice peut contenir un ou d'autres éléments comme de l'aluminium et l'indice de réfraction peut être de 1,48.
- [0081] La proportion en volume de pores peut être limitée et contrôlée en particulier par voie sol gel.
- [0082] Le revêtement protecteur peut comporter (être constitué de) une couche à base de silice poreuse, notamment sol-gel, en particulier n1 est d'au plus 1,44, éventuellement avec une sous-couche de silice dense notamment sol-gel d'indice de réfraction supérieur à n1 (par exemple d'au moins 0,02 ou 0.05), de 1,45. Cette sous-couche a de préférence une épaisseur d'au moins 5 nm, notamment d'au plus 120 nm, par exemple entre 50nm ou 80nm et 120nm.
- [0083] Le revêtement protecteur peut comporter (être constitué de) une couche à base de silice poreuse notamment sol-gel de porosité inférieure à 20% ou à 10% en volume, en particulier n1 est d'au moins 1,4 ou 1,42 ou 1,44.
- [0084] La structuration de la couche sol gel en pores est liée à la technique de synthèse de type sol-gel, qui permet de condenser la matière essentiellement minérale (c'est-à-dire minérale ou hybride organique minérale) avec un agent porogène convenablement choisi en particulier de taille(s) et/ou de forme(s) bien définie(s) (allongé, sphérique, ovale etc). Les pores peuvent être de préférence vides ou éventuellement être remplis.

- [0085] On peut ainsi choisir de la silice élaborée à partir de tétraéthoxysilane (TEOS),
- [0086] On peut ajuster à façon l'indice de réfraction en fonction du volume de pores. On peut utiliser en première approximation la relation suivante pour le calcul de l'indice n_1 :
- [0087] $n_1 = f \cdot n_a + (1-f) \cdot n_{\text{pores}}$ où f est la fraction volumique du matériau constitutif de la couche (ici la silice) et n_a son indice de réfraction (ici de la silice) et n_{pores} est l'indice des pores généralement égal à 1 s'ils sont vides.
- [0088] On peut aussi ajuster à façon l'épaisseur de la couche de protection optique en choisissant le taux de solvant adéquat.
- [0089] Les pores peuvent être fermés, fait par élimination d'un agent porogène particulaire.
- [0090] La plus petite dimension caractéristique des pores notamment fermés (et de préférence la plus grande dimension également) peut être supérieure ou égale à 30 nm et de préférence inférieure à 200 ou 100 nm voire à 80 nm, et inférieure à E1. La porosité peut être en outre monodisperse en taille.
- [0091] La couche de protection optique, notamment revêtement, de préférence monocouche, peut comporter (être constituée de) une couche organique ou hybride inorganique organique, notamment une couche acrylate, polyméthacrylate (vernis etc).
- [0092] Elle est éventuellement en contact avec un film, par exemple verre, d'épaisseur d'au plus 600µm alors lié à la face F4.
- [0093] E1 est par exemple au plus 50µm ou 10µm ou 5µm micronique ou même d'au plus 800nm ou 700nm. La limite haute et/ou basse peut dépendre du procédé de dépôt.
- [0094] On préfère que la couche de protection optique (le revêtement protecteur) soit monocouche et sur la face F4, par simplicité.
- [0095] Comme couche sol-gel hybride organique inorganique, on peut choisir une couche à base de méthyltriéthoxysilane (MTEOS), un organosilane à groupement organique non réactif. Le MTEOS est un organosilane qui possède trois groupements hydrolysables et dont la partie organique est un méthyle, non réactif.
- [0096] Même si l'on préfère (pour sa simplicité, sa compacité) une couche de protection optique sous forme d'un revêtement sur la face F4, on peut envisager d'autres modes de réalisation de l'invention.
- [0097] On peut alternativement choisir de coller un film protecteur optique fluoropolymère (thermoplastique) sur la face F4 et le lier à un film transparent (polymère ou de préférence verre clair ou extraclair notamment ultramine ou 'UTG' d'au plus 600µm 300µm. Le film en fluoropolymère peut être à base voire en l'une des matières suivantes :
- [0098] - le perfluoroalkoxy PFA, notamment de n_1 d'environ 1,3
- [0099] - le poly(vinylidène fluoride) PVDF, notamment de n_1 d'environ 1,4
- [0100] - l'éthylène Chlorotrifluoroéthylène l'ECTFE

- l'éthylène tétrafluoroéthylène l'ETFE , plus précisément poly(éthylène-co- tétrafluoroéthylène, notamment de n1 d'environ 1,4
- le copolymère éthylène propylène perfluoré FEP ou (Fluorinated Ethylene Propylene en anglais) notamment de n1 d'environ 1,3
- le polytétrafluoroéthylène PTFE notamment de n1 d'environ 1,3, le fluorure de polyvinyle (Polyvinyl Fluoride ou PVF).

[0101] Dans une configuration, la couche de protection optique, de préférence monocouche, peut comporter une couche adhésive, en matière polymère réticulé (film ou revêtement) sur la face F4 (en contact direct de préférence) et en contact avec une face principale interne Fi d'un film (polymère ou de préférence verre clair ou extraclair notamment ultramine ou 'UTG' d'au plus 600µm ou 300µm) transparent. On préfère le verre pour la durabilité mécanique.

[0102] La couche de protection optique est une colle optique (OCA pour optically clear adhesive en anglais, LOCA si liquide).

[0103] Pour la fabrication de la couche de protection optique, on peut utiliser des adhésifs réticulables qui durcissent lorsque leurs composants réagissent (photoréticulable notamment sous ultraviolet, thermoréticulable etc) ou lorsqu'un solvant s'évapore. Dans tous les cas il y a réaction chimique afin de créer des liaisons chimiques pour la réticulation, polymère réticulé défini alors par la formation d'un réseau 3D de chaînes polymériques liées par des liaisons chimiques.

[0104] Ainsi la manière dont l'adhésif réticulable durcit dépend de sa nature, certains (photo)réticulant notamment par apport d'énergie du type ultraviolets (UVA) ou visible (400-405nm) d'autres réticulant à température ambiante avec l'ajout d'un durcisseur par réaction chimique. D'autres adhésifs réticulables sont réticulés par réaction chimique initiée et favorisée grâce à l'apport d'énergie thermique.

[0105] Un dépôt par voie liquide de l'adhésif réticulable peut se faire par pulvérisation (spray coating), par application au rideau (curtain coating), par aspersion (flow coating), par application au rouleau (roller coating), par écoulement laminaire à travers une fente (slot die), par trempage ou par coulée (dip coating), à la lame (blade coating), par sérigraphie (screen printing) ou par jet d'encre (inkjet) ou par coulée (drop casting) ou par remplissage d'une cavité avec une seringue notamment.

[0106] De préférence, la couche protecteur optique peut être de préférence photo-réticulée par ultraviolet, par exemple comporte une matrice polymère photo-réticulée par ultraviolet.

[0107] Dans une configuration, la couche de protection optique, de préférence monocouche, comporte (est) en particulier :

[0108] - un film adhésif de préférence d'épaisseur d'au moins 30µm (davantage manipulable, moins de risque de plis) et mieux d'au plus 100µm ou 50µm de préférence

film sensible à la pression, de préférence choisi parmi les polymères à base d'acrylate, d'uréthane acrylate ou en fluoro uréthane acrylate ou de silicone

[0109] - ou un revêtement adhésif de préférence d'épaisseur d'au moins 800nm ou 1µm, ou même d'au moins 10µm.

[0110] Dans une configuration, la couche de protection optique, est un film adhésif à base de polymère réticulé, notamment d'au moins 30µm, de préférence film sensible à la pression, de préférence choisi parmi les polymères à base d'acrylate, d'uréthane acrylate ou en fluoro uréthane acrylate ou de silicone.

[0111] La matière polymère réticulé de la couche de protection optique adhésive est par exemple choisie parmi les polymères à base de polyacrylate, notamment d'uréthane acrylate ou de fluoro uréthane acrylate ou de fluoro-silicone acrylate, de polysiloxanes, de silicone, notamment de polydiméthylsiloxane, de polymère époxy ou de poly-époxydes, de polyuréthane, d'acétate de polyvinyle, de polyester. En particulier, la matière polymère réticulé de la couche de protection optique adhésive est de préférence est choisie parmi un polymère à base d'acrylate, notamment d'uréthane acrylate ou de silicone acrylate ou à base de silicone, et le polymère ayant en outre une fonction fluorée

[0112] On peut citer comme adhésif liquide (UV) réticulable pour un dépôt par voie liquide:

[0113] - adhésif à base d'uréthane acrylate par exemple de la société Norland, notamment le produit dénommé LOCA Norland NOA 1315 ($n_1 = 1,315$) qui est un uréthane acrylate aliphatique,

[0114] - adhésif à base de fluoro uréthane acrylate par exemple de la société Shin-A, notamment le produit dénommé SFA 335 ($n_1 = 1,335-1,339$) ou SFA 387 ($n_1 = 1,385-1,389$),

[0115] - adhésif à base d'acrylate par exemple notamment le produit dénommé UZ181A ($n_1 = 1,47$) de la société AKChemTeck, ou encore le produit dénommé UVEKOL S15 ($n_1 = 1,44$) de la société Allnex.

[0116] On peut citer les adhésifs liquides à base de fluoro uréthane acrylate par exemple de la société Shin-A, notamment le produit dénommé LOCA Shin-A 335 ($n_1 = 1,335-1,339$) ou 387 ($n_1 = 1,385-1,389$).

[0117] En particulier le film sensible à la pression (PSA en anglais pour pressure sensitive adhesive) colle par contact après application d'une pression mécanique.

[0118] Comme film bas indice PSA à base d'acrylate, on peut citer le produit dénommé CS986 ($n_1 = 1,47$) de la société Nitto.

[0119] Comme film bas indice PSA à base de silicone, on peut citer le produit dénommé Opt Alpha Gel de la société Taica ($n_1 = 1,41$).

[0120] Concernant le silicone on préfère le polydiméthylsiloxane, PDMS ou diméthicone, qui est un polymère organominéral de la famille des siloxanes.

- [0121] Un adhésif sensible à la pression, abrégé PSA et communément appelé auto-adhésif, est un adhésif qui forme une liaison lorsqu'une pression lui est appliquée de manière à solidariser l'adhésif avec la surface à coller. Aucun solvant, ni d'eau, ou de chaleur n'est nécessaire pour activer l'adhésif.
- [0122] Comme son nom l'indique "sensible à la pression", le degré de liaison entre une surface donnée et le liant autoadhésif est influencée par la quantité de pression utilisée pour appliquer l'adhésif sur la surface cible et la nature et la densité des liaisons physiques formées entre l'adhésif et le substrat (feuille de verre minéral ou organique).
- [0123] Les PSA sont généralement conçus pour former une liaison et maintenir celle-ci à la température ambiante.
- [0124] Les PSA peuvent être en caoutchouc, en polyuréthane, en polymère d'ester acrylique, en polysiloxane.
- [0125] Les PSA sont généralement à base d'élastomère couplé avec un agent adhésif supplémentaire approprié ou agent « tackifiant » (par exemple, une résine ester). Les élastomères peuvent être de préférence à base:
- [0126] - d'acrylates, qui peuvent être suffisamment collant pour ne pas exiger un agent tackifiant supplémentaire.
- [0127] - de silicone, requérant des agents tackifiants spéciaux telles que des résines de silicate de type « MQ », composées de triméthyle silane monofonctionnel ("M") qui a réagi avec tétrachlorure de silicium quadrifonctionnel ("Q"), les PSA à base de silicone sont par exemple des gommes et résines de polydiméthylsiloxane dispersées dans du xylène ou un mélange de xylène et toluène
- [0128] ou éventuellement :
- [0129] - des copolymères blocs à base de styrène tel que des copolymères blocs Styrène butadiène-styrène (SBS), styrène-éthylène / butylène-styrène (SEBS), styrène-éthylène / propylène (SEP), styrène isoprène -styrène (SIS),
- [0130] - les éthers vinyliques.
- [0131] - de nitriles.
- [0132] Des adhésifs PSA sont commercialisés sous forme de rouleaux d'adhésifs double face avec un liner sur chaque face pour protéger le film PSA.
- [0133] On peut citer comme PSA à base de silicone les adhésifs de Dow Corning® tel que le 2013 Adhesive, 7657 Adhesive, Q2-7735 Adhesive, Q2-7406 Adhesive, Q2-7566 Adhesive, 7355 Adhesive, 7358 Adhesive, 280A Adhesive, 282 Adhesive, 7651 Adhesive, 7652 Adhesive, 7356 Adhesive ou les adhésifs de Taica tel que l'OPT alpha GEL® tel que le K120E, K90E ou les adhésifs de MRK tel que le MR3050, MR3080.
- [0134] On peut citer comme PSA à base d'acrylate les adhésifs de Nitto tel que le CS98210U, CS98210UK ou les adhésifs de Tesa® tel que le OCA 69206, OCA 69208, OCA 69405.

- [0135] Le vitrage selon l'invention, en particulier le toit, peut comporter entre la face F2 et la face F3 un dispositif électrocommandable avec un empilement (support diélectrique)/électrode/couche active/électrode/(support diélectrique) par exemple entre deux feuillets de l'intercalaire de feuillement (PVB etc). On peut choisir comme dispositif électrocommandable :
- [0136] - dispositif à flou variable: un dispositif à valve optique (SPD pour suspended particle device en anglais) à cristaux liquides, avec un empilement (support diélectrique)/électrode/couche active/électrode/(support diélectrique) par exemple entre deux feuillets de l'intercalaire de feuillement (PVB etc),
- [0137] - dispositif à teinte variable: un dispositif électrochrome par exemple.
- [0138] Ce dispositif est par exemple, tout ou partie en vis-à-vis ou décalé des moyens d'extraction de lumière guidée, et de préférence entre la face F2 et la première couche teintée (couche supérieure intercalaire teintée par exemple).
- [0139] En effet, entre la face F3 et la première couche teintée, on préfère éviter toute couche (électrode etc) métallique (pur ou nitruré par exemple) ou encore d'oxyde conducteur transparent ou même toute couche avec un coefficient d'extinction k , partie imaginaire de l'indice de réfraction complexe, d'au moins 10^{-5} dans le visible (en particulier à la longueur d'onde de référence par exemple 550nm et même sur la gamme spectrale de la source).
- [0140] Le vitrage feuillementé selon l'invention peut comporter également une couche réfléchissante ou absorbant les infrarouges, en face F2 ou sur un film polymère transparent (PET etc) entre deux couches intercalaires, en particulier un empilement de couches minces dit bas émissif comprenant au moins une couche métallique telle que l'argent (et même 2 ou 3 ou 4), la ou chaque couche d'argent étant disposée entre des couches diélectriques. Dans cette configuration, la première couche teintée (intercalaire de préférence) est plus proche de la face F3 que cet empilement bas émissif et la première feuille de verre est claire et même toute couche (intercalaire etc) entre la face F3 et l'empilement bas émissif.
- [0141] Plus largement, entre la première couche teintée et la face F3, on préfère éviter toute couche métallique (pur ou nitruré par exemple) ou encore d'oxyde conducteur transparent, ayant un coefficient d'extinction k partie imaginaire de l'indice de réfraction complexe, d'au moins 10^{-5} dans le visible (en particulier à la longueur d'onde de référence par exemple 550nm et même sur la gamme spectrale de la source),
- [0142] L'intercalaire de feuillement peut être monocouche ou multicouches (notamment multicouches, deux, trois ou quatre couches adhésives, notamment films adhésifs ou feuillets. Les interfaces entre couches (feuille) ne sont pas forcément discernables. L'intercalaire de feuillement peut incorporer des éléments (non adhésifs au verre) tels que des films polymères fonctionnels ou des éléments électro optiques, des capteurs,

de diverses étendues (tout ou partie du vitrage). Par exemple deux feuillets de PVB dans un empilement PVB/film polymère non adhésif avec le verre/PVB etc.

[0143] On préfère également choisir un intercalaire de feuilletage le moins flou possible c'est-à-dire d'au plus 1,5% et même d'au plus 1%.

[0144] De préférence, l'intercalaire de feuilletage comprend une ou plusieurs feuilles polymère (couche inférieure intercalaire, couche supérieure intercalaire etc). Les polymères sont choisis parmi le butyral de polyvinyl (PVB), les polyuréthanes (PU), les polyurées, l'éthylène acétate de vinyle (EVA), les polyoléfine (dont polyéthylène (PE), polypropylène (PP) ou polyisobutylène (P-IB)), le polychlorure de vinyle et ses dérivés (par exemple poly(dichlorure de vinyle) (PVDC)), les polymères styréniques (par exemple polystyrène (PS), acrylostyrène butadiène (ABS), styrène acrylonitrile (SAN)), les polyacryliques (dont polyacrylonitrile (PAN) et le poly(méthacrylate de méthyle) (PMMA)), les polyester (dont poly(téréphtalate d'éthylène) (PET) et poly(téréphtalate de butylène) (PBT)), le polyoxyméthylène (POM), les polyamides (PA), les polymères fluorés tel que polychlorotrifluoroéthylène (PCTFE), les polycarbonates (PC), les polysulfones aromatiques dont polysulfone (PSU), les polyphénylène éther (PPE), les époxy (EP) seuls ou en mélange et/ou copolymère de plusieurs d'entre eux.

[0145] L'intercalaire de feuilletage peut être au moins une feuille à base de PVB ou PU (souple) ou thermoplastique sans plastifiant (copolymère éthylène/acétate de vinyle (EVA), etc.), chaque feuille ayant par exemple une épaisseur entre 0,2 mm et 1,1mm, notamment 0,38 et 0,76mm.

[0146] De préférence, toute couche intercalaire (en feuillet) à base de PVB comprend de 70% à 75% de PVB, 25 à 30% de plastifiant et moins de 1% d'adjuvants. Il existe aussi des feuillets PVB avec peu ou sans plastifiant comme le film « MOWITAL LP BF » de la société KURARAY. Aussi l'intercalaire de feuilletage peut être ou comprendre une feuille à base (en) poly(vinyl butyral) (PVB) contenant moins de 15% en poids de plastifiants, de préférence moins de 10% en poids et encore mieux moins de 5% en poids et en particulier sans plastifiant et notamment d'épaisseur d'au plus 0,15mm en particulier de 25 à 100µm, 40 à 70µm et même de 50µm, par exemple le produit Kuraray Mowital®.

[0147] L'intercalaire de feuilletage peut être acoustique en particulier comprendre ou être constitué d'une PVB acoustique (tricouche, quadricouche ..). Ainsi, l'intercalaire de feuilletage peut comprendre au moins une couche dite de milieu en matériau plastique viscoélastique aux propriétés d'amortissement vibro-acoustique notamment à base de polyvinylbutyral et de plastifiant, et l'intercalaire, et comprenant en outre deux couches externes en PVB standard, la couche de milieu étant entre les deux couches externes. On peut citer les PVB acoustiques décrits dans les demandes de brevet

WO2012/025685, WO2013/175101, notamment teinté comme dans le WO2015079159.

- [0148] La première feuille de verre et la deuxième feuille de verre (minéral) peuvent être de préférence bombées (par les procédés de bombage connus de l'homme du métier). Le vitrage bombé est courbé généralement suivant dans deux directions.
- [0149] La feuille de verre minérale, peut être produite par le procédé « float » permettant d'obtenir une feuille parfaitement plane et lisse, ou par des procédés d'étirage ou de laminage.
- [0150] La face étain de la deuxième feuille de verre minéral peut être la face F3 ou la face F4. La face étain de la première feuille de verre peut être la face F1 ou la face F2.
- [0151] A titre d'exemples de verre, on peut citer le verre float (ou verre flotté) de composition sodo-calcique classique, éventuellement durci ou trempé par voie thermique ou chimique, un borosilicate d'aluminium ou de sodium ou toute autre composition.
- [0152] Dans une réalisation, le vitrage comprend une couche de masquage interne, périphérique, opaque, entre la face F3 et la face F2, et même couvrant le pourtour de la couche de protection optique, notamment couche de masquage interne en contact avec la face F2 revêtement sur face F2 ou sur une couche intercalaire en contact avec face F2), notamment définissant le clair de vitre. Et/ou le vitrage peut comprendre une couche de masquage intérieure, périphérique, opaque, sur la face F4, notamment congruente ou de largeur inférieure à la largeur de la couche de masquage interne.
- [0153] La couche de masquage périphérique opaque, interne, est notamment un émail (noir etc) sur la face F2. Ce peut être un revêtement opaque sur une couche adhésive thermoplastique, notamment couche supérieure intercalaire, en particulier PVB, par exemple revêtement opaque à base de PVB et avec agent colorant sur une face principale d'une couche PVB face orientée face F2 ou face F3.
- [0154] La couche de masquage interne peut être à 2mm ou 3mm (moins de 1cm ou 5 mm) de la tranche du vitrage ou même jusqu'à la tranche. La couche de masquage interne peut être un bandeau encadrant le vitrage (pare-brise, toit, etc) notamment noir. On opacifie sur toute la périphérie pour cacher des éléments de carrosserie ou joints ou protéger une colle pour le montage sur le véhicule. Cette couche de masquage interne peut délimiter le clair de vitre. Il peut être avantageux que le bord externe de la couche de protection optique soit masquée par la couche de masquage interne, ne soit pas dans le clair de vitre.
- [0155] La largeur de la couche de masquage interne le long des côtés d'un toit de véhicule automobile est généralement inférieure à celle à l'avant ou même à l'arrière.
- [0156] En particulier pour un toit automobile :
- [0157] - la largeur de la couche de masquage interne (et même intérieure) le long des bords longitudinaux peut être d'au plus 30cm notamment de 10 à 20cm,

- [0158] - la largeur de la couche de masquage interne (et même intérieure) le long du bord latéral arrière peut être d'au plus 30cm notamment d'au moins 1 ou 5cm et le long du bord latéral avant d'au plus 60cm notamment d'au moins 1 ou 5cm.
- [0159] La largeur de la couche de masquage interne est de préférence plus grande que celle de la couche de masquage intérieure.
- [0160] La couche de masquage intérieure, périphérique, peut être en face F4 notamment faisant face à la couche de masquage interne (et même de nature identique par exemple un émail notamment noir sur deuxième feuille en verre minéral). La couche de masquage intérieure peut être à 2mm ou 3mm (moins de 1cm ou 5 mm) de la tranche du vitrage ou même jusqu'à la tranche. La couche de masquage intérieure, notamment noire, peut être un bandeau et même un cadre.
- [0161] La couche de masquage interne et/ou intérieure peut être un liant organique ou minéral (fritte de verre fondue) avec un agent colorant organique ou inorganique notamment colorant moléculaire ou pigment inorganique.
- [0162] La couche de masquage interne et/ou intérieure est de préférence une couche continue (aplat avec un bord plein ou en variante un bord en dégradé (ensemble de motifs).
- [0163] L'épaisseur de couche(s) intermédiaire(s) entre face F2 et face F3 est de préférence d'au plus 1,5mm ou 1,1mm ou 0,9mm et en particulier l'épaisseur de couche(s) intercalaire de feuillement étant d'au plus 1,1mm ou 0,9mm. L'épaisseur entre face F1 et face F4 est de préférence d'au plus 9mm ou 7mm, notamment pour un véhicule routier.
- [0164] La première feuille est de préférence en verre minéral éventuellement trempé notamment si destinée à être la feuille extérieure et si la deuxième feuille est en verre organique. En particulier pour un vitrage routier la première feuille (extérieure) est d'épaisseur de préférence d'au plus 2,5mm, même d'au plus 2,2mm - notamment 1,9mm, 1,8mm, 1,6mm et 1,4mm- et même d'épaisseur d'au moins 0,7mm/
- [0165] La deuxième feuille peut être d'épaisseur d'au moins 0,7mm, éventuellement inférieure à celle de la première feuille de verre extérieure, même d'au plus 2,2mm - notamment 1,9mm, 1,8mm, 1,6mm et 1,4mm- ou même d'au plus 1,3mm ou d'au plus 1mm.
- [0166] L'épaisseur totale des première et deuxième feuilles de verre est de préférence strictement inférieure à 5 ou 4mm, même à 3,7mm.
- [0167] Les première et deuxième feuilles de verre peuvent être de taille notamment sensiblement identiques, par exemple forme générale rectangulaire. La première feuille (si extérieure) peut avoir une taille plus importante que la deuxième feuille (si intérieure), dépassant ainsi cette deuxième feuille sur au moins une partie de son pourtour, éventuellement deuxième feuille (côté habitacle) plus petite avec une tranche en retrait notamment d'au plus 10 ou 5cm de la tranche de la première feuille de verre, sur un

bord ou plusieurs bords (longitudinaux et/ou latéraux) notamment ou sur tout le pourtour.

- [0168] La première feuille peut être un verre clair avec un revêtement fonctionnel athermique ou même chauffant sur la face F2.
- [0169] La première feuille en verre minéral peut être à base de silice, sodocalcique, de préférence silicosodocalcique, voire aluminosilicate, ou encore borosilicate. Elle peut présenter une teneur pondérale en oxyde de fer total (exprimé sous la forme Fe_2O_3) d'au moins 0,4% et de préférence d'au plus 1,5 %.
- [0170] La deuxième feuille en verre minéral peut être notamment à base de silice, sodocalcique, silicosodocalcique, ou aluminosilicate, ou borosilicate. Pour limiter l'absorption présente une teneur pondérale en oxyde de fer total (exprimé sous la forme Fe_2O_3) d'au plus 0,05% (500ppm), de préférence d'au plus 0,03% (300ppm) et d'au plus 0,015% (150ppm) et notamment supérieure ou égale à 0,005%. Le rédox de la deuxième feuille de verre est de préférence supérieur ou égal à 0,15.
- [0171] Dans le présent texte, la transmission lumineuse est calculée à partir du spectre en transmission entre 380 et 780 nm en prenant en compte l'illuminant A et l'observateur de référence CIE 1964 (10°).
- [0172] La transmission lumineuse et la teinte de chacune des feuilles de verre sont ajustées grâce à la composition chimique du verre et l'épaisseur de la feuille de verre. La composition chimique du verre comprend une base incolore, de préférence silico-sodo-calcique (mais d'autres verres peuvent être utilisés, notamment des verres borosilicates ou aluminosilicates), ainsi qu'une partie colorante. La partie colorante comprend notamment un ou plusieurs colorants choisis parmi les oxydes de métaux de transition – notamment les oxydes de fer (ferreux et ferrique), l'oxyde de cobalt, l'oxyde de chrome, l'oxyde de nickel, les oxydes de terres rares, notamment l'oxyde d'erbium, et le sélénium.
- [0173] La première feuille de verre teinté est une feuille de verre ayant par exemple une transmission lumineuse entre 50 et 80%, notamment entre 60 et 75%. Elle comprend une partie colorante par exemple constituée d'oxydes de fer, en une teneur totale comprise entre 0,4 et 1,2% en poids, notamment entre 0,6 et 1,1% en poids. Les verres obtenus sont alors verts, éventuellement vers-jaunes ou verts-bleus selon la proportion de fer ferreux. Selon d'autres exemples, de l'oxyde de cobalt, du sélénium et/ou de l'oxyde d'erbium sont ajoutés afin de conférer une teinte, par exemple bleue ou grise.
- [0174] Mieux encore, la première feuille de verre teinté est une feuille de verre ayant par exemple une transmission lumineuse entre 5 et 50%, notamment entre 8 et 40% et même d'au plus 20%. Elle comprend une partie colorante par exemple constituée d'oxydes de fer, en une teneur totale comprise entre 1,0 et 2,3 en poids, notamment entre 1,1 et 2,0% en poids, ainsi que des oxydes de cobalt et de chrome et/ou du

sélénium. La partie colorante comprend par exemple les colorants suivants, dans les teneurs pondérales ci-après définies : Fe_2O_3 (fer total) de 1,2 à 2,3%, notamment de 1,5 à 2,2%, CoO de 50 à 400 ppm, notamment de 200 à 350 ppm, Se de 0 à 35 ppm, notamment de 10 à 30 ppm. Le rédox est de préférence compris entre 0,1 et 0,4, notamment entre 0,2 et 0,3. On entend par rédox le rapport pondéral entre la teneur en fer ferreux (exprimée en FeO) et la teneur en fer total (exprimée en Fe_2O_3). Les verres obtenus sont notamment verts ou gris.

- [0175] La deuxième feuille peut être en verre organique en particulier à base de polyuréthane (PU), de polycarbonate (PC), de poly(méthacrylate de méthyle) (PMMA), de poly(chlorure de vinyle) (PVC).
- [0176] La deuxième feuille en verre organique peut être flexible pour suivre la courbure de la première feuille bombée ou la deuxième feuille verre organique peut être préformée.
- [0177] Avec un verre organique comme le PC ou le PMMA, on préfère (pour davantage de compatibilité chimique) au PVB comme couche intercalaire inférieure le polyuréthane thermoplastique (TPU) ou encore une matière polymère réticulé. On peut choisir aussi un EVA thermoplastique ou thermodurci.
- [0178] Dans la présente invention, l'expression verre trempé signifie verre trempé thermiquement en l'absence de toute précision, et de préférence verre trempé pendant une opération de bombage du verre.
- [0179] La deuxième feuille de verre est une feuille claire (ou extraclaire) ayant par exemple une transmission lumineuse d'au moins 85%, voire d'au moins 90%. Elle ne comprend généralement pas de partie colorante à l'exception d'impuretés inévitables, en particulier les oxydes de fer, en une teneur totale comprise entre 0,005 et 0,200% en poids, notamment entre 0,010 et 0,150% en poids, voire entre 0,030 et 0,120% en poids.
- [0180] La deuxième feuille de verre peut (selon le rendu esthétique, l'effet optique souhaité, la destination du vitrage, etc.) être un verre clair (par exemple transmission lumineuse T_L supérieure ou égale à 90% pour une épaisseur de 4 mm), par exemple un verre de composition standard sodocalcique comme le Planilux® de la société Saint-Gobain Glass, et même extra-clair (par exemple T_L supérieure ou égale à 91,5% pour une épaisseur de 4 mm), par exemple un verre silico-sodo-calcique avec moins de 0,05% de Fe III ou de Fe_2O_3 comme le verre Diamant® de Saint-Gobain Glass, ou Optiwhite® de Pilkington, ou B270® de Schott, ou d'autre composition décrite dans le document WO04/025334.
- [0181] Le verre de la première feuille de verre peut avoir subi un traitement chimique ou thermique du type durcissement, recuit ou trempé (pour une meilleure résistance mécanique notamment) ou bombage, et est généralement obtenu par procédé float.
- [0182] Le vitrage lumineux peut présenter une transmission lumineuse TL non nulle dans

tout ou partie du clair de vitre (généralement encadré par couche de masquage). Pour un vitrage qui est un toit, on préfère une transmission lumineuse TL non nulle et même d'au moins 0,5% ou d'au moins 2% et d'au plus 10% et même d'au plus 8%.

- [0183] La deuxième feuille de verre peut être alternativement en verre organique (de préférence rigide, semi rigide) comme un polyméthacrylate de méthyle (PMMA)- de préférence avec intercalaire de feuilleteage (PU)-, un polycarbonate (PC)-de préférence avec intercalaire de feuilleteage PVB-.
- [0184] On peut notamment choisir comme première feuille de verre / intercalaire de feuilleteage/ deuxième feuille de verre :
 - verre minéral / PVB (acoustique etc)/ verre minéral,
 - voire verre minéral / intercalaire de feuilleteage/ polycarbonate,
- [0185] Pour le guidage, la deuxième feuille de verre minérale est de préférence claire et même extraclaire ou en verre organique clair et même extraclair.
- [0186] Pour la thermique la première feuille de verre (ou autre couche) est teinté et de préférence surteinté.
- [0187] On préfère que la première couche teintée et la ou les couches intermédiaires sous la première couche teintée présentent un coefficient d'extinction k , partie imaginaire de l'indice de réfraction complexe d'au plus 10^{-6} ou 10^{-7} dans le visible (en particulier à la longueur d'onde de référence par exemple 550nm et même sur la gamme spectrale de la source).
- [0188] La source de lumière (visible) est de préférence :
- [0189] - un ensemble de diodes électroluminescentes (sur un premier support à circuit imprimé comme un PCB pour « printed circuit board » en anglais), notamment une barrette,
- [0190] - ou encore source de lumière qui comprend une fibre optique extractrice couplée avec source primaire de lumière (diode(s) électroluminescentes) etc),
- [0191] Les diodes peuvent être (pré)assemblées sur une ou des supports PCB (PCB pour Printed Circuit Board en anglais) ou supports avec des pistes d'alimentation électrique, ces supports PCB pouvant être fixées à d'autres supports (profilés, etc.). Le support PCB est généralement mince, notamment d'épaisseur inférieure ou égale à 3 mm, voire 1 mm, voire 0,1 mm ou inférieur le cas échéant à l'épaisseur d'un intercalaire de feuilleteage. Plusieurs supports PCB peuvent être prévus, notamment si les zones à éclairer sont très distantes entre elles. Le support PCB peut être en matériau souple, diélectrique ou électroconducteur (métallique tel qu'aluminium etc), être composite, plastique, etc.
- [0192] De préférence, la source de lumière est située sur une partie du vitrage située à l'intérieur de la garniture du véhicule, ce qui a pour fonction essentielle de la soustraire aux yeux des passagers du véhicule ainsi que de la protéger des poussières et

agressions externes.

- [0193] La source de lumière (diodes etc) peut être espacée de la deuxième feuille de verre ou collée par exemple sur la tranche.
- [0194] On souhaite voir la zone lumineuse à l'intérieur de l'habitacle (cas d'un toit en particulier ou signalisation, information pour le conducteur ou au tout autre passager).
- [0195] Le vitrage peut comprendre plusieurs sources de lumière, notamment à diodes électroluminescentes. Naturellement on peut avoir plusieurs sources de lumière (une ou plusieurs séries de diodes) couplées à la deuxième feuille.
- [0196] L'injection de lumière issue de la source de lumière en couplage optique avec la deuxième feuille, de préférence un ensemble de diodes électroluminescentes, est par exemple:
 - [0197] - par une tranche de la deuxième feuille de verre, éventuellement avec une encoche
 - [0198] - ou par une paroi délimitant un trou fermé de la deuxième feuille de verre, notamment trou décalé d'un clair de vitre, faisant face à une couche de masquage interne,
 - [0199] - ou par un élément de redirection de lumière, local comme un film optique re-directeur, coté face F3 ou face F4, la source de lumière étant alors en regard ou décalée de la face F4, notamment couplage optique direct ou par l'intermédiaire d'une optique, notamment source de lumière et élément de redirection de lumière décalés d'un clair de vitre, faisant face à une couche de masquage interne.
- [0200] La zone d'extraction (diffusante) est par exemple de largeur d'au moins 0,5mm, ou moins 1mm, ou même au moins 1cm, et même d'au moins 5cm (largeur naturellement à distinguer de l'épaisseur), zone pleine et/ou comportant un ensemble de motifs discontinus (discrets, ponctuels (3D), par exemple géométriques, linéaires (2D) notamment distincts ou identiques par exemple espacés d'au moins 0,5mm), la zone diffusante pouvant occuper une surface de longueur de préférence supérieure à 5cm et même à 10cm.
- [0201] La zone diffusante peut occuper au moins 60%, 70%, 80%, 90% de la face principale du vitrage de préférence être espacé du couplage optique d'au moins 20mm.
- [0202] Le vitrage lumineux peut comprendre une pluralité de zones diffusantes de taille et/ou formes identiques ou distinctes. La zone d'extraction peut donc couvrir une partie ou la totalité du vitrage feuilleté selon l'éclairage ou l'effet recherché (sous forme de bandes disposées en périphérie d'une des faces pour former un cadre lumineux, des logos ou de motifs, etc.).
- [0203] La zone diffusante peut être en plusieurs zones, par exemple chacune avec des motifs, identiques ou distincts, continus ou discontinus, et peut être de toute forme géométrique (rectangulaire, carré, en triangle, circulaire, ovale, etc.), et peut former un dessin, un signalétique (flèche, lettre...).

- [0204] Le vitrage lumineux peut comprendre plusieurs zones d'extraction de lumière (couches diffusantes) pour former plusieurs zones lumineuses sur le vitrage.
- [0205] Par exemple les moyens d'extraction de lumière comprennent :
- [0206] - une texturation de la deuxième feuille, face F3 ou face F4 et même en contact avec la couche de protection optique sus jacente
- [0207] - ou encore un film extracteur sur la deuxième feuille, face F3 ou en face F4 et en contact avec la couche de protection optique sus jacente
- [0208] - ou une couche diffusante comportant un liant et des particules diffusantes et/ou des pores, sur la deuxième feuille, face F3 ou face F4 et en contact avec la couche de protection optique sus jacente
- [0209] - ou une zone locale diffusante dans la deuxième feuille, comportant des particules diffusantes et/ou des pores, ou une gravure laser.
- [0210] En particulier, les moyens d'extraction de la lumière guidée comportent (voire constitués de) une couche diffusante comprenant des éléments diffusants dans une matrice. (organique ou minéral par exemple un émail) pour former une zone diffusante (lumineuse à l'état on).
- [0211] Les éléments diffusants comprennent de préférence et même sont constitués essentiellement des particules (diélectriques, organiques ou minérales par exemple oxydes métalliques) dispersées et liées par la matrice, particules de taille d'au plus 30µm ou d'au plus 10µm. Les particules sont par exemple choisies parmi des particules de TiO₂, SiO₂, CaCO₃, ZnO, Al₂O₃, ZrO₂.
- [0212] La couche diffusante peut être sur la face principale FB de l'intercalaire de feuillette directement. L'autre face principale de l'intercalaire de feuillette (en contact adhésif avec une feuille de verre) peut être nue ou revêtue notamment en périphérie d'une couche de masquage (encre noir etc).
- [0213] L'épaisseur de la couche diffusante peut être d'au plus 20µm et même d'au plus 10µm et même d'au moins 1µm.
- [0214] La couche diffusante est par exemple un revêtement transparent, la matrice étant organique et transparente. La matrice transparente, notamment déposée par voie liquide, peut être en matériau choisi parmi un liant polymérique comme une peinture notamment une laque, une résine. En particulier, la matrice transparente peut être constituée essentiellement de résine notamment résine PVB. En particulier, le revêtement transparent peut comporter et même est constitué essentiellement de résine, notamment résine PVB, et d'éléments diffusants, notamment des particules diffusantes notamment d'au moins 50nm, 80nm ou 100nm et de préférence d'au plus 30µm ou 10µm ou 1µm. Le revêtement diffusant transparent peut être constitué essentiellement de la résine et desdits éléments diffusants (particules et/ou pores etc) en particulier des particules. La résine peut être compatible chimiquement avec l'intercalaire de

feuilletage qui est par exemple un PVB. La résine peut être une résine PVB avec l'intercalaire de feuilletage qui est un PVB.

[0215] Le vitrage est de préférence un toit, qui peut être ouvrant ou fixe.

[0216] L'invention porte aussi sur un véhicule routier incorporant le vitrage défini précédemment.

[0217] Dans la présente demande on entend par véhicule routier, une voiture, notamment un utilitaire (camionnette, fourgonnette, estafette) inférieur à 3,5 tonnes (utilitaire léger) ou encore un camion ou encore une navette, petit véhicule de transport en commun, privé ou public. Les vitrages latéraux peuvent être dans des portières coulissantes. Le vitrage lumineux peut être dans une porte arrière.

[0218] La présente invention sera mieux comprise et d'autres détails et caractéristiques avantageuses de l'invention apparaîtront à la lecture des exemples de vitrages lumineux de véhicule selon l'invention illustrés.

[0219] [Fig.1] - la [Fig.1] représente une vue schématique en coupe d'un toit feuilleté lumineux de véhicule automobile selon l'invention dans un premier mode de réalisation

[0220] [Fig.1'] - la [Fig.1]' représente une vue schématique de face du toit de la [Fig.1]

[0221] [Fig.1''] - la [Fig.1]'' montre un graphe avec trois courbes C1, C2, C3 indiquant l'épaisseur minimale E_{lmin} en fonction de n_l

[0222] [Fig.2] - la [Fig.2] représente une vue schématique en coupe d'un vitrage feuilleté lumineux de véhicule automobile dans un deuxième mode de réalisation par injection de lumière périphérique

[0223] [Fig.2'] - la [Fig.2]' représente une vue schématique en coupe d'un vitrage feuilleté lumineux de véhicule automobile qui est un toit monté dans un véhicule

[0224] [Fig.3] - la [Fig.3] représente une vue schématique en coupe d'un vitrage feuilleté lumineux de véhicule automobile dans un troisième mode de réalisation par injection de lumière périphérique

[0225] [Fig.4] - la [Fig.4] représente une vue schématique en coupe d'un vitrage feuilleté lumineux de véhicule automobile dans un quatrième mode de réalisation par injection de lumière périphérique

[0226] [Fig.4'] - la [Fig.4]' représente une vue schématique de face du vitrage de la [Fig.4]

[0227] [Fig.5] - la [Fig.5] représente une vue schématique en coupe d'un vitrage feuilleté lumineux de véhicule automobile dans un cinquième mode de réalisation par injection de lumière via une paroi interne de verre

[0228] [Fig.5'] - la [Fig.5]' représente une vue schématique de face du vitrage de la [Fig.5].

[0229] [Fig.6] - la [Fig.6] représente une vue schématique en coupe d'un vitrage feuilleté lumineux de véhicule automobile dans un sixième mode de réalisation par injection de lumière traversant un verre

- [0230] [Fig.6'] - la [Fig.6]' représente une vue schématique de face du vitrage de la [Fig.6].
- [0231] On précise que par un souci de clarté les différents éléments des objets représentés ne sont pas nécessairement reproduits à l'échelle
- [0232] La [Fig.1] représente une vue schématique en coupe ici latérale d'un toit feuilleté lumineux de véhicule 100 selon l'invention dans un premier mode de réalisation par éclairage périphérique. La [Fig.1]' représente une vue schématique de face du toit de la [Fig.1].
- [0233] Il s'agit ici d'un toit feuilleté de voiture, 100 rectangulaire et bombé, qui comporte :
- [0234] - une première feuille de verre 1, par exemple rectangulaire (de dimensions 300X300 mm par exemple), avec une composition teintée (verre venus VG10 ou TSA 4+ commercialisée par la société Saint-Gobain Glass) par exemple d'épaisseur égale à 2,1 mm, avec une première face principale 11 correspondant à la face F1 une deuxième face principale 12 côté intérieure dite F2 et un chant (tranches longitudinales 10 et 10'), la face F2 étant revêtue éventuellement d'un revêtement athermique à l'argent 16' ou encore chauffant etc,
- [0235] - une deuxième feuille de verre, minéral de préférence, 2, de même dimensions que la première feuille 1, formant vitrage interne, côté habitacle, en verre minéral, présentant une troisième face principale 11 correspondant à la face F3 et une quatrième face principale 12 qui est la face F4, et un chant (tranches longitudinales 21 et 22 - par exemple une feuille de verre silicosodocalcique, extraclair comme verre Diamant commercialisée par la société Saint-Gobain Glass, d'épaisseur égale par exemple à 2,1 mm, verre d'indice de réfraction n_0 de l'ordre de 1,52 à 550nm ou le verre Optiwhite de 1,95mm,
- [0236] - entre la face F2 et la face F3 une couche intermédiaire comportant au moins une couche intercalaire de feuilletage 3, avec une tranche 30 ici longitudinale éventuellement décalée des tranches longitudinales 10, 10' vers le centre du verre (donc en retrait), ici une seule couche (un seul feuillet) 31 de PVB clair ou teinté de 0,76mm en contact adhésif avec le revêtement athermique 16' (ou avec la face F2 en son absence) et en contact adhésif avec la face F3 et d'indice de réfraction n_2 dans le visible avec $n_2 < n_0$.
- [0237] La deuxième face F2 comporte une couche de masquage interne 7 formant un cadre de masquage par exemple un émail noir, délimitant un clair de vitre 16 (clair de jour) ici rectangulaire (cf [Fig.1]').
- [0238] Des diodes électroluminescentes 4 s'étendent le long du bord longitudinal de couplage 21 de la deuxième feuille de verre 2. Il s'agit ici de diodes à émission frontale. Ainsi ces diodes 4 sont alignées sur un support PCB 5, par exemple une barrette en parallélépipède. Le support PCB 5 est fixé par exemple par de la colle 7 (ou un adhésif double face) sur le bord de la face.

- [0239] Alternativement la source de lumière peut être une ou des sources primaires (diodes etc) couplé directement à un guide, le long de tranche de couplage, par exemple fibre optique extractrice avec zone de sortie de lumière.
- [0240] Le vitrage lumineux 100 peut avoir une pluralité de zones d'extraction 6 de la lumière guidée dans la deuxième feuille, notamment de géométrie donnée (rectangulaire, carré, rond ...). Par exemple il s'agit d'une couche diffusante 6 (émail, encre, sérigraphié etc) qui est un revêtement sur la troisième face F3 et même alternativement ou cumulativement sur la quatrième face F4, couche diffusante de préférence dans le clair de vitre 16. Alternativement ce peut être un film extracteur local posé ou collé localement sur la troisième face F3 voire quatrième face F4 (à reliefs ou avec couche diffusante ou diffusant en masse).
- [0241] Par exemple la distance entre l'extraction 6 et les diodes est d'au moins 10 ou 40mm. Par exemple l'extraction occupe de 10 à 100% du clair de vitre,
- [0242] On peut prévoir plusieurs séries de diodes 4 (un bord, deux bords, trois bords, sur toute la périphérie) pilotées indépendamment et même de couleur différente. On peut choisir des diodes émettant en lumière blanche ou colorée pour un éclairage d'ambiance, de lecture... On peut choisir une lumière rouge pour de la signalisation éventuellement en alternance avec de la lumière verte. Le support de diodes 5 peut être collé à la tranche 21.
- [0243] Le rayon lumineux (après réfraction sur la tranche 21) se propage par réflexion totale interne (au niveau de la face F3 et de la face F4) dans la deuxième feuille 1 formant un guide de lumière.
- [0244] Selon l'invention, la face F4 comporte une couche de protection optique 151, d'indice de réfraction n_1 dans le visible avec $n_1 < n_2$. C'est ici un revêtement, le dépôt est par tout moyen (liquide, physique en phase vapeur (magnétron etc), chimique en phase vapeur etc) et d'épaisseur E_1 .
- [0245] La [Fig.1]'' montre un graphe avec trois courbes C1, C2, C3 indiquant l'épaisseur minimale E_{1min} en fonction de n_1 .
- [0246] Pour une couche de contamination absorbant 100% de la lumière, les inventeurs ont alors déterminé comment atteindre avec la couche de protection optique un paramètre R_{gm} plus élevé, de préférence d'au moins 95% ou même 97% ou encore 99% dénotant une très faible absorption et donc une meilleure préservation du mode guidé au sens de son intensité totale.
- [0247] Ainsi, E_1 et n_1 sont choisis tels que la couche de protection optique présente un paramètre R_{gm} qui est la réflexion en mode guidé à l'interface deuxième feuille/ couche de protection optique d'au moins 95%, de préférence d'au moins 97% et même d'au moins 99%.
- [0248] Dans une réalisation, des simulations ont été faites et validées avec $n_0=1,52$,

$n_2=1,485$.

[0249] Pour Rgm de 95%, l'épaisseur E1, en nm, est dans une première région délimitée d'un graphique de l'épaisseur E1 en fonction de n1, avec une première limite inférieure incluse E1a définie par une première courbe C1 de l'épaisseur en fonction de n1 d'équation suivante :

[0250] $E1a(n_1)=b_1-a_{11}*(n_1-n_{r1})-a_{31}*(n_1-n_{r1})^3-a_{51}*(n_1-n_{r1})^5$

[0251] avec $n_{r1}=1,499$; $b_1=122\text{nm}$; $a_{11}=30,1\text{nm}$; $a_{31}=-9,44*10^{-3}\text{nm}$; $a_{51}=5,69*10^{-6}\text{nm}$

[0252] Et de préférence, pour Rgm de 97%, l'épaisseur E1 en nm, est dans une deuxième région délimitée dudit graphique (plus restreinte que la première région), avec une deuxième limite inférieure incluse E1b, définie par une deuxième courbe C2 (au-dessus de C1) de l'épaisseur en fonction de n1 d'équation suivante

[0253] $E1b(n_1)=b_2-a_{12}*(n_1-n_{r2})-a_{32}*(n_1-n_{r2})^3-a_{52}*(n_1-n_{r2})^5$

[0254] avec $n_{r2}=1,495$, $b_2=154\text{nm}$; $a_{12}=30,5\text{nm}$; $a_{32}=-7,51*10^{-3}\text{nm}$; $a_{52}=3,05*10^{-6}\text{nm}$

[0255] Et même encore plus préférentiellement, pour Rgm de 99%, l'épaisseur E1 en nm, est dans une troisième région délimitée dudit graphique (plus restreinte que la première ou deuxième région), avec une troisième limite inférieure incluse E1c, définie par une troisième courbe C3 (au-dessus de C1 et C2) de l'épaisseur en fonction de n1 d'équation suivante :

[0256] $E1c(n_1)=b_3-a_{13}*(n_1-n_{r3})-a_{33}*(n_1-n_{r3})^3-a_{53}*(n_1-n_{r3})^5$

[0257] Avec $n_{r3}=1,492$ $b_3=211\text{nm}$; $a_{13}=34,4\text{nm}$; $a_{33}=-6,43*10^{-3}\text{nm}$; $a_{53}=1,99*10^{-6}\text{nm}$

[0258] Et E1 est de préférence d'au plus $3\mu\text{m}$ ou même d'au plus $1,5\mu\text{m}$.

[0259] Si on préfère E1 d'au plus $1\mu\text{m}$, il faut n1 respectivement d'au moins 1,466, 1,4685, 1,453. Si on préfère E1 d'au plus 800nm, il faut n1 respectivement d'au moins 1,461, 1,453, 1,438. Si on préfère E1 d'au plus 600nm, il faut n1 respectivement d'au moins 1,442, 1,43, 1,40.

[0260] Si l'épaisseur peut être d'au moins $1,2\mu\text{m}$ (film autoportant, revêtement par voie liquide) on peut avoir n1 d'au moins 1,472, 1,470, 1,461.

[0261] Au-delà respectivement $1,3\mu\text{m}$, $1,6\mu\text{m}$, $2,2\mu\text{m}$ n1 est dans une gamme la plus large possible tant que $n_1 < n_2$.

[0262] Par exemple si on veut une couche de protection optique très fine, on choisit $n_1=1,35$ et $E1 = 500\text{nm}$.

[0263] Par exemple si on peut réaliser une couche de protection optique plus épaisse, on choisit n1 très proche de n2 (au maximum 1,46 environ) et $E1 = 1\mu\text{m}$ par exemple une couche sol-gel de silice poreuse avec au plus 10% en volume de pores.

[0264] En variante on choisit une couche de protection optique acrylate par exemple avec $n_1=1,4$ avec E1 à partir de 600nm ou même 1 ou $2\mu\text{m}$ si cela facilite le dépôt. On peut choisir de coller un verre clair ultra mince pour une protection mécanique.

[0265] On peut choisir aussi comme couche de protection optique 151 une couche adhésive

en particulier revêtement adhésif (LOCA) notamment UV réticulé ou film PSA, couche adhésive est alors en contact avec un verre clair ultra mince.

- [0266] Par ailleurs, en variante la deuxième feuille est en verre organique en particulier à base de polyuréthane (PU), de polycarbonate (PC), de poly(chlorure de vinyle) (PVC), de poly(méthacrylate de méthyle) (PMMA). Avec un verre organique comme le PC ou le PMMA, on préfère (pour davantage de compatibilité chimique) au PVB comme couche intercalaire le polyuréthane thermoplastique (TPU) ou encore un EVA thermoplastique ou thermodurci. On ajuste n_1 et E_1 en fonction de n_2 .
- [0267] Dans tous ces exemples la fonction anti-salissures, empreintes digitales, poussières est remplie par la couche de protection optique. Toute poussière ou empreinte digitale n'interagira pas avec la lumière et ne s'allumera donc pas lorsque la source de lumière est allumée. Même, si la couche de protection optique est en contact avec l'air, il n'est pas cela nécessaire que n_1 soit très faible, proche de 1, ce qui est bien sûr plus difficile à obtenir.
- [0268] Ce vitrage lumineux feuilleté 100 peut former alternativement un pare-brise avant à signalisation interne. La couche diffusante forme par exemple un signal anti collisions notamment formant une bande le long du bord longitudinal inférieur. Par exemple, la lumière s'allume (rouge) lorsqu'un véhicule de devant est trop proche.
- [0269] Ce vitrage lumineux feuilleté 100 peut former alternativement une custode avant ou arrière. La couche diffusante 6 forme par exemple une signalisation intérieure ou un motif décoratif etc.
- [0270] La [Fig.2] représente une vue schématique en coupe d'un vitrage feuilleté lumineux de véhicule automobile 200 dans un deuxième mode de réalisation par injection de lumière périphérique
- [0271] Ce deuxième mode de réalisation diffère du premier mode d'abord en ce que des diodes à émission latérale 4 sont logées dans un évidement (encoche périphérique) de la tranche 21. Ainsi ces diodes 4 sont alignées sur un support PCB 5, par exemple une barrette en parallélépipède, de préférence le plus opaque possible (non transparent) et leurs faces émettrices sont parallèles au support PCB et en regard de la tranche 21 dans la partie de tranche évidée. Le support PCB est fixé par exemple par de la colle 5' (ou un adhésif double face) sur le bord 121 de la face F2 12, et ici est engagé dans une gorge entre les faces F2 et F3 rendu possible par le retrait suffisant de la tranche 30 de l'intercalaire 3. La bande périphérique de masquage 7 en émail opaque (noir) peut masquer le support PCB 5 et même de la lumière sortante dans cette zone.
- [0272] On réduit au maximum la distance des diodes et la tranche 10, par exemple de 1 à 2mm L'espace entre chaque puce et la tranche 10 couplée optiquement peut être protégé de toute pollution : eau, chimique etc, ceci à long terme comme pendant la fabrication du vitrage lumineux 100.

- [0273] Le vitrage lumineux 200 a en outre une encapsulation polymérique 8 par exemple en polyuréthane noir, notamment en PU-rim (réaction in mold en anglais). Elle est biface en bordure du vitrage. Cette encapsulation, assure une étanchéité à long terme (eau, produit de nettoyage...). L'encapsulation apporte aussi une bonne finition esthétique et permet d'intégrer d'autres éléments ou fonctions (inserts de renforcement...). Comme décrit dans le document WO2011092419 ou le document WO2013017790, l'encapsulation polymérique peut avoir un évidement traversant fermé par un couvercle amovible pour placer ou remplacer les diodes.
- [0274] Le toit 200 peut former par exemple un toit panoramique lumineux fixe de véhicule automobile comme une voiture, monté par l'extérieur sur la carrosserie 8' via un adhésif 61' comme montré en [Fig.2]'.
- [0275] La [Fig.3] représente une vue schématique en coupe d'un vitrage feuilleté lumineux 300 de véhicule automobile dans un troisième mode de réalisation par injection de lumière périphérique.
- [0276] Une couche de masquage intérieure 7' périphérique est sur la quatrième face F4 14 notamment de largeur inférieure à la largeur de la couche de masquage interne 7. Par exemple un émail noir ou une encre noire sur une couche intermédiaire (couche intercalaire PVB etc).
- [0277] En outre, le support de diodes 5 est en L avec une partie en regard de la quatrième face F4 14. Par exemple la deuxième feuille 2 est plus petite que la première feuille 1 donc les diodes sont sous la partie dépassante de la deuxième face 121. Les diodes sont à émission latérale ou frontale.
- [0278] La couche de protection optique 151 est adjacente à la couche de masquage intérieure 7' et éventuellement espacé ou en contact avec la couche de masquage intérieure 7'.
- [0279] La [Fig.4] représente une vue schématique en coupe d'un vitrage feuilleté lumineux 400 de véhicule automobile dans un quatrième mode de réalisation par injection de lumière périphérique. La [Fig.4]' représente une vue schématique de face du vitrage de la [Fig.4].
- [0280] Ce mode de réalisation diffère du premier mode en qu'on ajoute un deuxième module de diodes 4', 5' le long du bord opposé longitudinal 22.
- [0281] La [Fig.5] représente une vue schématique en coupe d'un vitrage feuilleté lumineux de véhicule automobile 500 dans un cinquième mode de réalisation par injection de lumière via une paroi interne de verre. La [Fig.5]' représente une vue schématique de face du vitrage de la [Fig.5].
- [0282] Ce mode de réalisation diffère du premier mode 100 par l'injection de lumière et la localisation de la source de lumière 4.
- [0283] Des diodes 4 sur un support 5 sont dans un trou traversant 18 (décalé du clair de vitre 16), de forme circulaire, de la deuxième feuille de verre 2 délimité par une paroi

interne 17 et fermé par un capot 50 comme une feuille métallique ou tout autre obturateur optique côté troisième face F3 13. Le support de diodes 5 forme un couvercle collé par une colle 61 à la quatrième face F4 14.

- [0284] Et comme montré en [Fig.5]' on a dédoublé les moyens en rajoutant d'autres diodes 4 dans un autre trou traversant 18 (décalé du clair de vitre 16), de forme circulaire fermé par un autre capot 50. Les trous sont ici coté bord avant latéral du toit 20.
- [0285] La couche de masquage interne 7 est souvent plus large à l'avant que du côté du bord arrière 20'.
- [0286] La [Fig.6] représente une vue schématique en coupe d'un vitrage feuilleté lumineux de véhicule automobile 600 dans un sixième mode de réalisation par injection de lumière traversant un verre. La [Fig.6]' représente une vue schématique de face du vitrage de la [Fig.6].
- [0287] Ce mode de réalisation diffère du premier mode 100 par l'injection de lumière et la localisation de la source de lumière 4.
- [0288] Des diodes 4 (ici à émission frontale) sur un support 5 sont en regard (ou décalés) de la quatrième face principale 14 et le couplage optique avec la deuxième feuille 2 se fait via un élément de redirection de lumière pour le guidage, local comme un film optique redirecteur 9, réflecteur, coté troisième face principale F3 (ou quatrième face principale F4) par exemple faisant face à la couche de masquage interne 7.
- [0289] Par exemple c'est un film prismatique polymère avec des prismes 93 et une partie plane 94 collée ou fixée par succion à la troisième face F3 13 et d'épaisseur entre 100 et 300µm couvert par la couche intercalaire 31. Le film forme une bande longitudinale comme la source de lumière de type linéaire 4 le long d'un bord longitudinal du toit par exemple.
- [0290] On peut doubler les moyens donc en ajoutant une autre source lumineuse, un autre film redirecteur le long de l'autre bord longitudinal 10'.

Revendications

- [Revendication 1] Vitrage feuilleté de véhicule (100 à 600) comprenant :
- une première feuille (1), transparente, en verre minéral, avec une première face principale extérieure dite face F1 (11) et une deuxième face principale intérieure dite face F2 (12),
 - une deuxième feuille (2), transparente, en verre organique ou minéral, avec une troisième face principale dite face F3 (13) et une quatrième face principale dite face F4 (14), deuxième feuille d'indice de réfraction n_0 dans le visible,
 - entre la face F2 et la face F3, une ou plusieurs couches intermédiaires, diélectriques, transparentes, d'indices de réfraction donnés dans le visible, comportant une couche intercalaire de feuilletage polymère (3), la première feuille étant teintée et/ou parmi la ou les couches intermédiaires une première couche étant teintée, lorsque plusieurs couches intermédiaires sont teintées, la première couche teintée est la couche teintée la plus proche de la face F3, n_2 étant l'indice de réfraction le plus bas parmi les indices de réfraction des couches intermédiaires entre la face F3 et jusqu'à la première couche teintée incluse ou jusqu'à la face F2 en l'absence de couche intermédiaire teintée, avec $n_2 < n_0$
 - de préférence une source de lumière en couplage optique avec la deuxième feuille formant un guide de lumière,
 - des moyens d'extraction de lumière guidée (6, 6') dans la deuxième feuille,
- caractérisé en ce qu'il comporte sur la face F4 une couche de protection optique (151), transparente, diélectrique, et d'indice de réfraction n_1 dans le visible avec $n_1 < n_2$ et d'épaisseur E_1 d'au moins 100nm et sub-millimétrique.
- [Revendication 2] Vitrage de véhicule selon la revendication précédente caractérisé en ce que la différence $n_2 - n_1$ est supérieure à 0,02 et de préférence inférieure à 0,3.
- [Revendication 3] Vitrage de véhicule selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que $n_2 - n_1$ est inférieure à 0,15.
- [Revendication 4] Vitrage de véhicule selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que n_1 est supérieur ou égal à 1,3 ou à 1,4, et n_0 est d'au moins 1,5 et E_1 est d'au moins 250nm.
- [Revendication 5] Vitrage de véhicule selon l'une des revendications précédentes ca-

ractérisé en ce que l'épaisseur E1 est dans une première région délimitée d'un graphique de l'épaisseur E1, en nm, en fonction de n1, avec une première limite inférieure incluse E1a définie par une première courbe C1 de l'épaisseur en fonction de n1 d'équation suivante :

$$E1a(n1)=b1-a_{11}*(n1-n_{r1})-a_{31}*(n1-n_{r1})^3-a_{51}*(n1-n_{r1})^5$$

avec

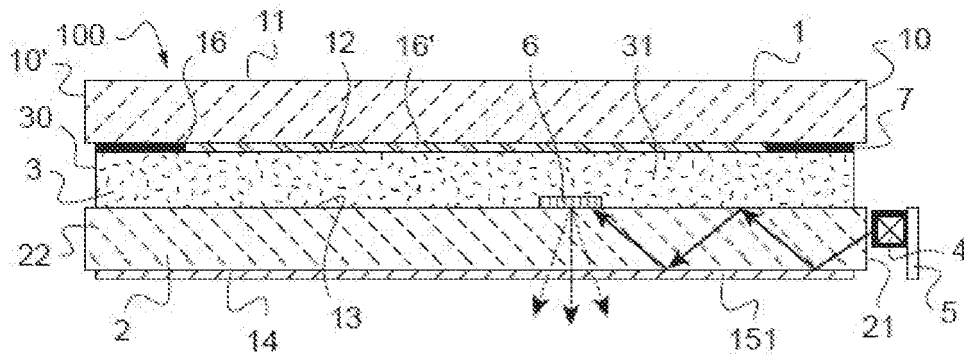
$$n_{r1}=1,499; b1=122\text{nm}; a_{11}=30,1\text{nm}; a_{31}=-9,44*10^{-3}\text{nm}; a_{51}=5,69*10^{-6}\text{nm}$$

et de préférence E1 est d'au plus 3µm.

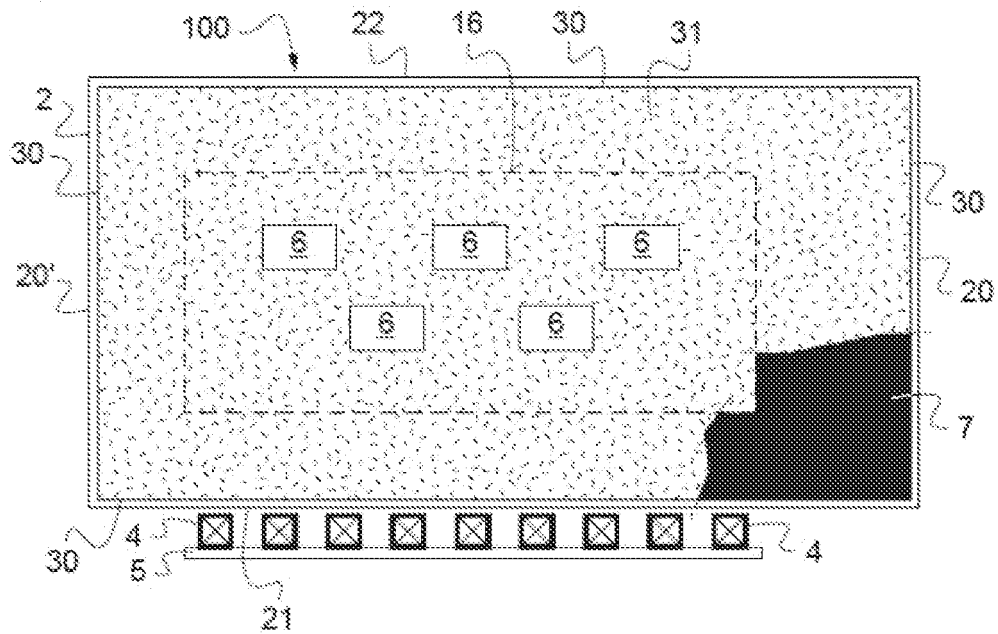
- [Revendication 6] Vitrage de véhicule selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que la couche de protection optique comporte un revêtement dit protecteur, de préférence monocouche, sur la face F4.
- [Revendication 7] Vitrage de véhicule selon la revendication 6 caractérisé en ce que le revêtement protecteur est minéral, et sur la deuxième feuille de verre minéral, de préférence revêtement protecteur à base de silice, en particulier sol-gel, avec E1 au plus 1,5µm ou même 1,1µm.
- [Revendication 8] Vitrage de véhicule selon l'une des revendications 6 ou 7 caractérisé en ce que le revêtement protecteur comporte une couche à base de silice poreuse, notamment sol-gel, éventuellement avec une sous-couche de silice dense notamment sol-gel.
- [Revendication 9] Vitrage de véhicule selon l'une des revendications 6 à 8 caractérisé en ce que le revêtement protecteur comporte une couche à base de silice poreuse, notamment sol-gel, de porosité inférieure à 20% ou à 10% en volume.
- [Revendication 10] Vitrage de véhicule selon l'une des revendications 1 à 7 caractérisé en ce que la couche de protection optique comporte une couche organique ou hybride organique minéral, notamment une couche acrylate, polyméthacrylate.
- [Revendication 11] Vitrage de véhicule selon l'une des revendications 1 à 5 caractérisé en ce que la couche de protection optique comporte une couche adhésive, en matière polymère réticulé, sur la face F4, en contact avec une face principale interne Fi d'un film transparent de préférence un verre d'épaisseur au plus 600µm.
- [Revendication 12] Vitrage de véhicule selon la revendication précédente caractérisé en ce que la couche de protection optique comporte un film adhésif de préférence d'épaisseur d'au moins 30µm et mieux d'au plus 100µm, de préférence film sensible à la pression, de préférence choisi parmi les polymères à base d'acrylate, d'uréthane acrylate ou en fluoro uréthane acrylate ou de silicone.

- [Revendication 13] Vitrage de véhicule selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que les moyens d'extraction de lumière (6,6') comprennent :
- une texturation de la deuxième feuille, face F3 ou face F4 et en contact avec la couche de protection optique sus jacente
 - ou encore un film extracteur sur la deuxième feuille, face F3 ou en face F4 et en contact avec la couche de protection optique sus jacente
 - ou une couche diffusante comportant un liant et des particules diffusantes et/ou des pores, sur la deuxième feuille, face F3 ou face F4 et même en contact avec la couche de protection optique sus jacente
 - ou une zone locale diffusante dans la deuxième feuille, comportant des particules diffusantes et/ou des pores, ou une gravure laser.
- [Revendication 14] Vitrage de véhicule selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que le vitrage est un toit, la deuxième feuille de verre est en verre minéral extraclair.
- [Revendication 15] Véhicule notamment routier incorporant au moins un vitrage selon l'une des revendications précédentes.

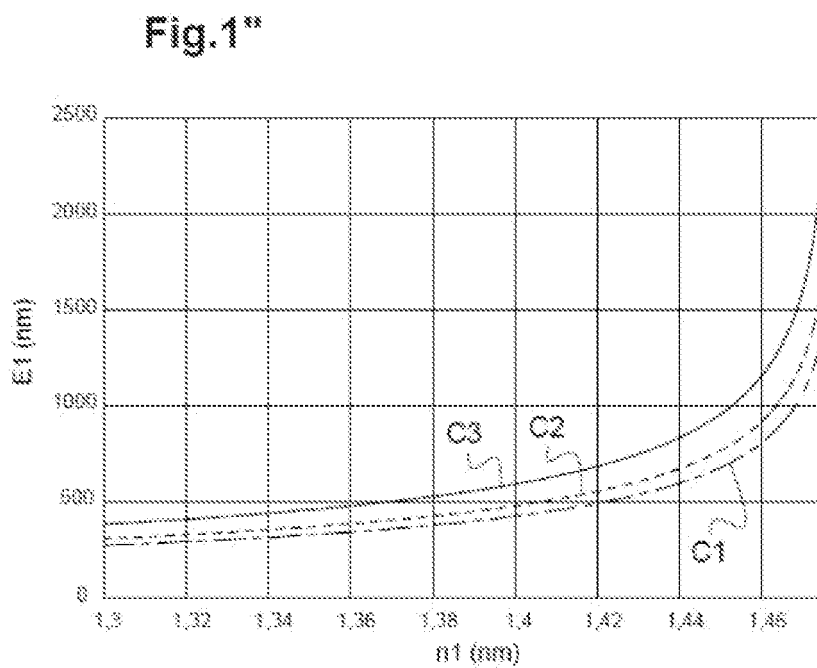
[Fig. 1]

Fig.1

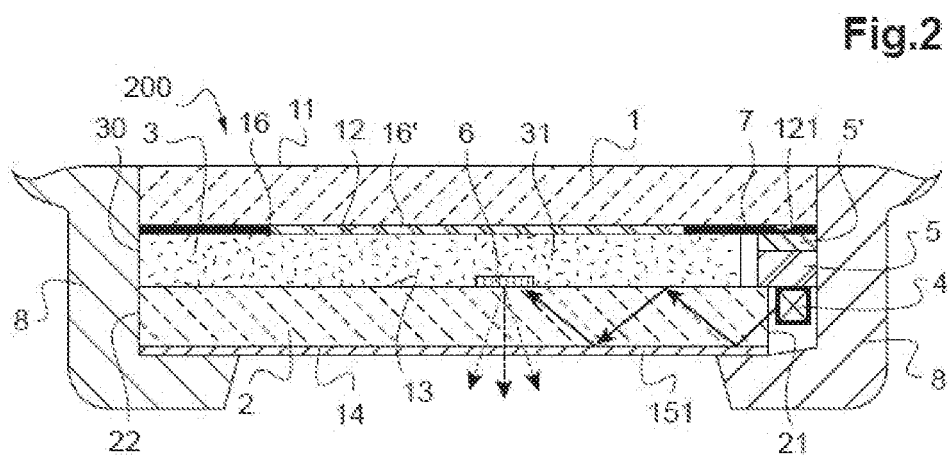
[Fig. 1']

Fig.1'

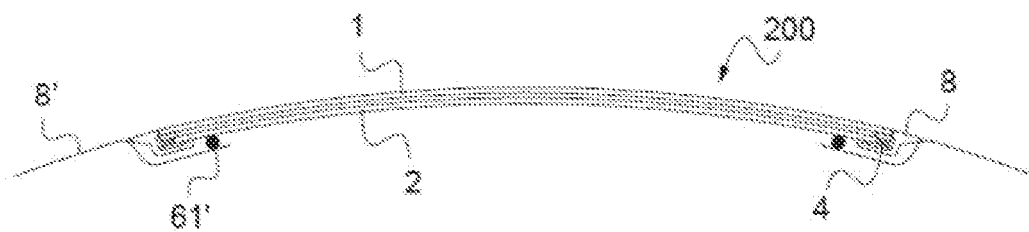
[Fig. 1'']



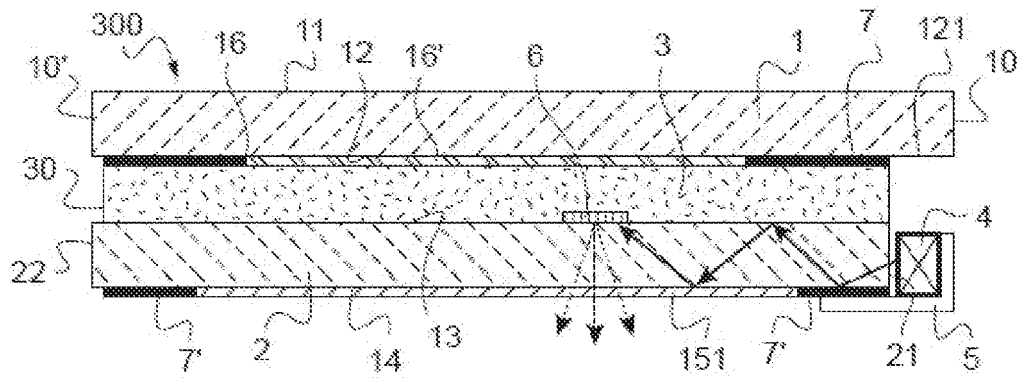
[Fig. 2]



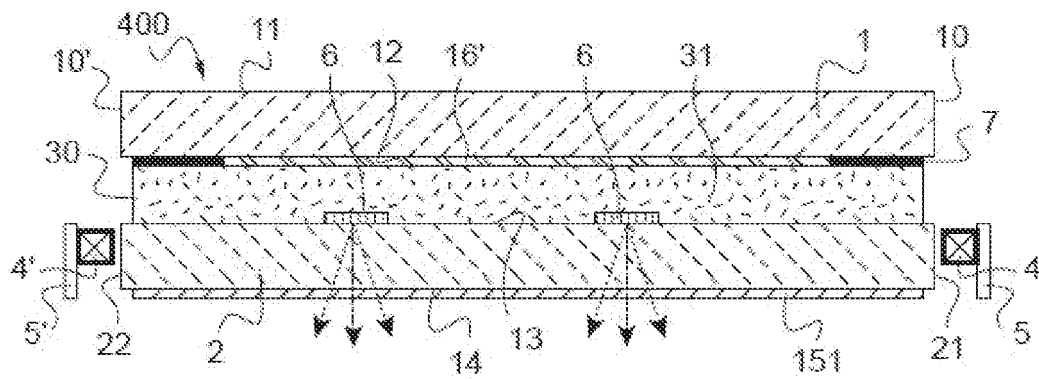
[Fig. 2']



[Fig. 3]

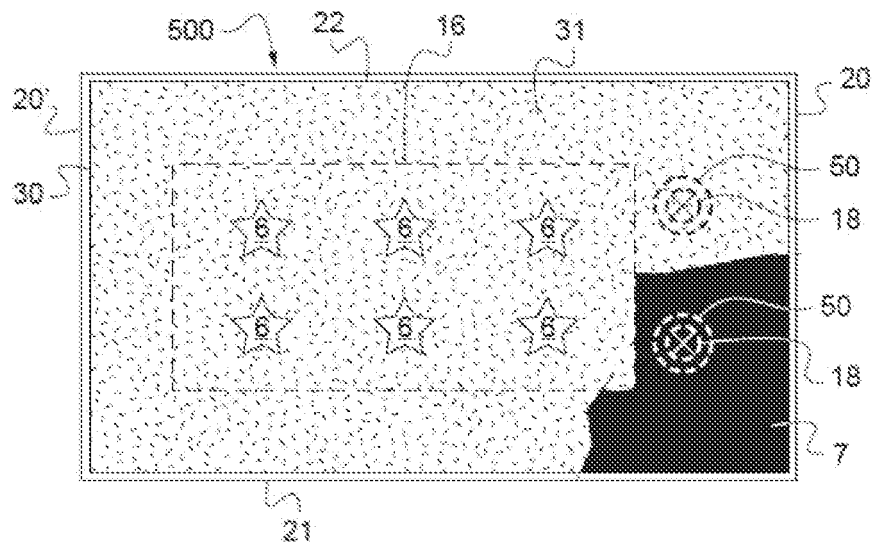
Fig.3

[Fig. 4]

Fig.4

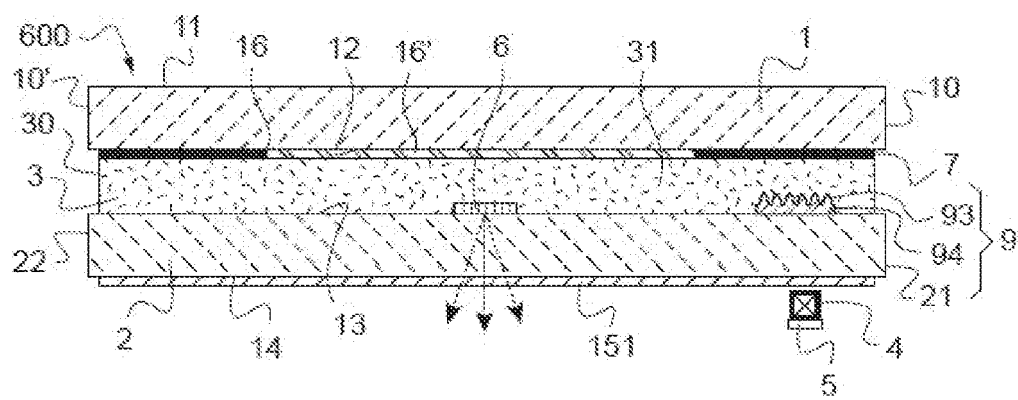
[Fig. 5']

Fig. 5:



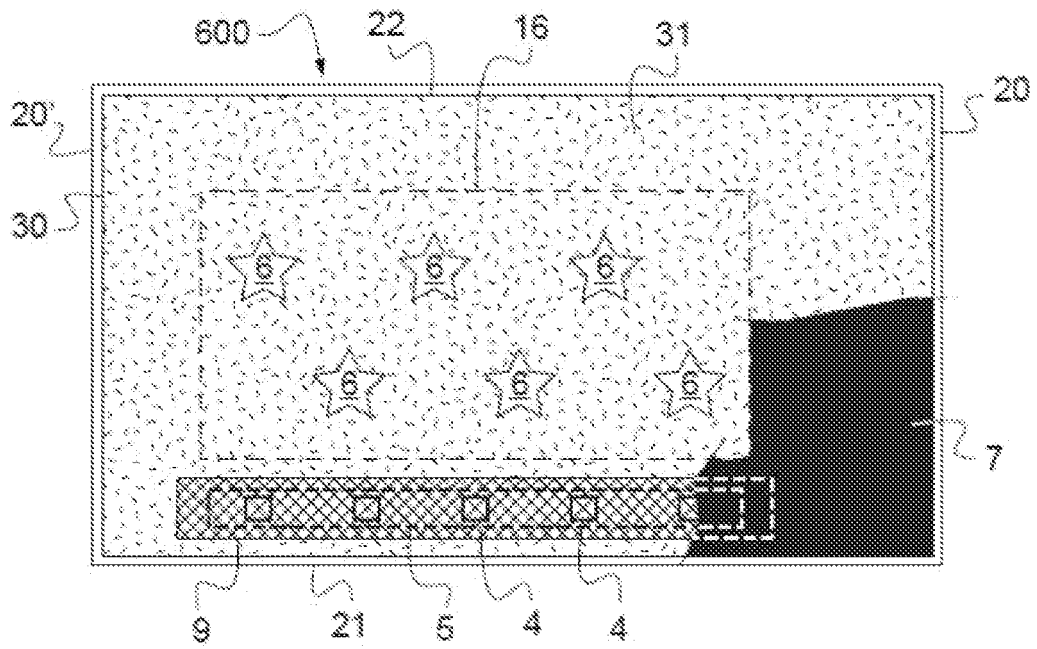
[Fig. 6]

Fig. 6



[Fig. 6']

Fig.6'



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 (nouveau) 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

☐ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☒ 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.

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

☒ 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**

NEANT

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

FR 3 015 926 A1 (SAINT GOBAIN [FR])
3 juillet 2015 (2015-07-03)

WO 2016/156721 A1 (SAINT GOBAIN [FR])
6 octobre 2016 (2016-10-06)

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

NEANT