

**Allège****Description****5 Domaine technique**

**[0001]** La présente invention concerne des allèges, incorporant au moins un panneau vitré et destinées à être mises en place dans des zones d'une façade qui ne transmettent pas la lumière. Leur rôle est donc d'occulter certaines parties de cette façade entre les parties occupées par les fenêtres. Plus particulièrement, cette invention

10 divulgue des allèges qui s'harmonisent avec les vitrages transparents adjacents, offrant une très bonne esthétique. Les allèges de l'invention sont un assemblage d'au moins deux substrats dont l'un est transparent et l'autre est opaque. Le substrat extérieur (par rapport au bâtiment) permet une bonne transmission lumineuse, ce qui fait que l'allège de l'invention convient bien pour y insérer des cellules photovoltaïques. De telles allèges

15 sont dès lors destinées à être utilisées en façade pour constituer ce que l'on appelle BIPV (Building Integrated Photovoltaics).

**Solutions de l'art antérieur**

**[0002]** Dans de nombreuses constructions modernes, les murs vitrés comportent

20 des zones transparentes et des zones non-transparentes. Les fenêtres elles-mêmes peuvent être plus ou moins transparentes, plus ou moins réfléchissantes selon la nature des revêtements portés par le verre. Ces revêtements, quasi indispensables, confèrent des propriétés thermiques avantageuses au vitrage, comme par exemple des propriétés de contrôle solaire, de basse-émissivité. Le choix des matériaux et/ou leur épaisseur

25 permet de donner une coloration agréable en réflexion et/ou en transmission, comme par exemple une teinte bleue, verte, bronze ou neutre, généralement préférées. D'autres propriétés à donner au vitrage sont par exemple un caractère autonettoyant, un caractère antibuée, ou tout autre propriété demandée par le client ou requise par les circonstances.

**[0003]** Dans un autre aspect et pour diverses raisons, les vitrages destinés à ces bâtiments doivent être traités thermiquement notamment pour la sécurité, ce qui implique qu'ils doivent être soumis à des températures dépassant 500°C, voire dépassant 600°C pendant plusieurs minutes et selon un procédé bien connu de l'homme du métier. Cela  
5 implique que le revêtement porté par le verre doit être capable de supporter ce traitement sans être altéré, c'est-à-dire que ses propriétés optiques et énergétiques ne sont pas ou sont peu modifiées par le traitement thermique.

**[0004]** Les allèges sont intrinsèquement opaques ou sont rendues opaques par différents systèmes de couverture ou revêtement. Cependant, même si les allèges sont  
10 opaques à la lumière visible, elles doivent être en harmonie avec la teinte en réflexion des fenêtres adjacentes. L'ensemble de la façade vitrée doit être optiquement uniforme en vision extérieure quel que soit l'angle de vision et ce, aussi bien pour la réflexion de la lumière que pour ses nuances de teinte.

**[0005]** Plusieurs approches sont connues de l'art antérieur pour fournir une allège adaptée. Opacifier un substrat verrier avec un émail coloré est connu de longue date.  
15 Notamment US3951525 suggère de déposer un émail opaque sur un oxyde métallique réfléchissant, l'oxyde métallique étant le même que celui qui est utilisé pour les fenêtres de la façade. Le problème dont souffre cette solution est que l'harmonisation n'est pas optimale et que de plus, elle n'est pas stable dans le temps.

**[0006]** WO2004092522A1 suggère de faire des allèges sous forme de vitrage double dont le verre intérieur (côté bâtiment) a une transmission lumineuse très faible  
20 (inférieure à 15%) pour empêcher la vision et dont le verre extérieur est revêtu d'un empilement de contrôle solaire. Une telle construction est coûteuse et ne répond pas complètement aux exigences esthétiques des façades vitrées modernes.

**[0007]** Des couches métalliques opacifiantes ont également été suggérées comme par exemple dans EP0441011 ou EP3172175. Ces couches métalliques sont généralement incluses dans des empilements plus complexes. Les deux documents  
25 suggèrent notamment des relations particulières entre les indices de réfraction et les coefficients d'absorption. L'empilement requiert aussi la présence de diélectriques pour  
30 ajuster les propriétés optiques.

**[0008]** EP2517877 divulgue un verre feuilleté dont le substrat extérieur est rendu opaque au moyen d'un empilement absorbant qui contacte le PVB utilisé comme adhésif entre les deux substrats. La caractéristique essentielle de cette invention est que le verre revêtu de l'empilement opacifiant est un verre extra clair, contenant peu de fer et étant  
5 donc très peu absorbant lui-même. Cette caractéristique a, selon l'inventeur, l'avantage de pouvoir éviter un traitement thermique sévère. Cependant, le brevet est muet quant aux aspects d'harmonisation des teintes avec les fenêtres et de plus, ce genre de solution amène inévitablement des problèmes de coût de stockage.

**[0009]** En conclusion, les émaux et peintures sont des solutions limitées et  
10 coûteuses (étape de chauffe supplémentaire) et ne répondent pas toujours aux exigences d'esthétique. Le rendu visuel d'un panneau simplement coloré par un émail ou une peinture ne répond pas aux exigences actuelles. Toutes les solutions de l'art antérieur ne permettent pas de faire subir un traitement thermique au panneau de verre. Parfois la solution n'est pas acceptable pour une question de gestion de stock. Souvent les  
15 exigences d'harmonisation des teintes ne sont pas remplies.

**[0010]** En plus, outre ces questions d'esthétique, de coût et de durabilité, au regard des problèmes environnementaux actuels, de nouveaux défis apparaissent. Les bâtiments sont de plus en plus équipés de cellules photovoltaïques pour récupérer l'énergie du soleil et la convertir en électricité. Si les premières installations ont  
20 principalement concerné les toits, il y a désormais une demande croissante pour trouver des solutions afin de les installer sur les façades. Une première solution consiste à installer les cellules photovoltaïques dans les fenêtres en trouvant des astuces pour les camoufler ou les rendre acceptables sur le plan esthétique. Une autre possibilité est de les cacher dans des allèges mais cela exige bien évidemment de permettre à la lumière  
25 de pouvoir atteindre les cellules photovoltaïques sans trop perdre de rendement, tout en maintenant l'esthétique de l'ensemble.

**[0011]** Les architectes d'aujourd'hui veulent une solution globale qui inclut l'esthétique (couleur, réflexion, harmonie) et les performances thermiques. Aucune solution de l'art antérieur n'apporte une solution globale permettant de fournir une allège  
30 dont le coût de fabrication soit acceptable, les exigences esthétiques satisfaites et qui en plus offre la possibilité d'incorporer des cellules photovoltaïques. C'est précisément ce

que la présente invention propose avec en plus une bonne résistance chimique et mécanique.

### Objectifs de l'invention

5   **[0012]**        Les inventeurs ont découvert qu'une allège peut être avantageusement constituée en laminant un premier substrat et un second substrat au moyen d'une feuille intermédiaire en matériau polymérique pour l'adhésion. Pour l'ensemble de ce texte, le premier substrat est celui qui est le plus éloigné du bâtiment et qui est donc le plus extérieur.

10   **[0013]**        Le premier substrat est recouvert d'une couche diélectrique supérieure caractérisée d'une part par un indice de réfraction suffisamment haut et d'autre part par un coefficient d'absorption suffisamment bas. Ces caractéristiques permettent une réflexion extérieure dans une teinte agréable et une bonne transmission lumineuse. L'ajustement de la teinte en réflexion extérieure est obtenue en choisissant de façon  
15 adéquate l'épaisseur de la couche et / ou sa nature. Le choix de la nature des matériaux permet de répondre aux exigences de résistance aux traitements thermiques ainsi qu'aux exigences de durabilité.

**[0014]**        Le premier substrat est assemblé avec un second substrat au moyen d'un matériau polymérique intermédiaire pour former un feuilleté (ou laminé). La couche  
20 diélectrique supérieure est déposée sur la face du premier substrat qui est orientée du côté du matériau polymérique intermédiaire (en position P2).

**[0015]**        Selon un premier mode de réalisation, la couche diélectrique supérieure est en contact direct avec le premier substrat.

**[0016]**        Selon un second mode de réalisation, le premier substrat de l'invention est  
25 recouvert d'une sous couche disposée entre le premier substrat et la couche diélectrique supérieure. La sous couche est une couche barrière dont le rôle est de protéger la couche de l'invention lorsque sa nature n'offre pas la résistance suffisante aux traitements thermiques.

**[0017]**        Selon tous les modes de réalisation, le second substrat est opaque.

**[0018]** De préférence, la couche diélectrique supérieure et la sous couche sont les seules couches déposées sur le premier substrat.

**[0019]** Dans un mode de réalisation particulier de l'invention des cellules photovoltaïques sont disposées entre les deux substrats du feuilleté selon l'un ou l'autre  
5 des modes de réalisation ci-dessus.

### **Brève description des dessins**

**[0020]** Pour en faciliter la compréhension, les figures présentées ci-après ne sont pas à l'échelle.

10 Fig.1. Coupe d'un premier substrat destiné au premier mode de réalisation.

Fig.2. Coupe d'un premier substrat destiné au second mode de réalisation.

Fig.3. Coupe d'un laminé selon le premier mode de réalisation de l'invention.

Fig.4. Coupe d'un laminé selon le second mode de réalisation de l'invention.

Fig.5. Coupe d'un mode particulier de réalisation de l'invention avec des cellules  
15 photovoltaïques selon le premier mode.

Fig.6. Coupe d'un mode particulier de réalisation de l'invention avec des cellules photovoltaïques selon le second mode.

Fig.7. Coupe d'un laminé selon un mode alternatif de réalisation de l'invention dans lequel le deuxième substrat est un verre normal rendu opaque par un film noir de PET

20 Fig.8. Coupe d'un mode particulier de réalisation de l'invention avec des cellules photovoltaïques selon le mode alternatif présenté à la figure 7

### **Description de l'invention**

**[0021]** L'invention concerne un ensemble laminé comportant un premier substrat  
25 et un second substrat maintenus ensemble au moyen d'une feuille intermédiaire en matériau polymérique qui s'étend sur au moins une surface de chacun des deux substrats.

**[0022]** Le premier substrat est le substrat extérieur, c'est-à-dire le plus éloigné du bâtiment. De préférence, c'est un substrat en verre. Par verre, il faut comprendre un verre minéral transparent constitué principalement de silice dont notamment du verre flotté sodocalcique ordinaire dont l'épaisseur est comprise entre 0,5 et 20 mm, de préférence 5 1,5 et 10 mm et de manière plus préférée entre 2 et 6 mm. Avantageusement ce premier substrat peut être un verre sodocalcique plus clair, voire extra clair, ce qui signifie qu'il est caractérisé par une teneur totale en fer exprimé en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  inférieure, notamment qui est de maximum 0,015% en poids dans le cas du verre extra clair et de maximum 0,1 % en poids dans le verre clair. La conséquence d'une teneur en fer aussi faible est que la 10 transmission énergétique du verre est bien meilleure, notamment au-delà de 90% pour un verre extraclair contre 82% pour un verre flotté normal dont l'épaisseur est de 5 mm. L'avantage d'une transmission énergétique améliorée est d'obtenir un meilleur rendement lorsque des cellules photovoltaïques sont disposées derrière un tel verre.

**[0023]** La réflexion et la transmission lumineuses sont données conformément à 15 la norme EN 410 (2011). Elles sont mesurées avec une source conforme à l'illuminant normalisé D65, conformément à la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) à un angle solide de 2°.

**[0024]** La réflexion extérieure, et donc du côté de la face non revêtue du verre, est représentée par  $R_g$  pour un verre monolithique, c'est-à-dire non-feuilleté, et par  $R_{\text{ext}}$  dans 20 le cas du laminé.

**[0025]** Les paramètres colorimétriques sont obtenus à partir des coordonnées du système CIELAB. Par  $a^*_{Rg}$  ou  $b^*_{Rg}$ , on entend les paramètres colorimétriques  $a^*$  et  $b^*$  mesurés en réflexion extérieur (côté verre sans revêtement) sur un substrat monolithique.  $Y_{Rg}$  et  $L_{Rg}^*$  signifie respectivement la réflectance exprimée en pourcent et l'intensité 25 lumineuse exprimée en pourcent (clarté) mesurées du côté du verre non revêtu. Par  $R_{\text{ext}}$ ,  $a^*_{\text{ext}}$  et  $b^*_{\text{ext}}$ , on désigne les paramètres colorimétriques correspondants mesurés sur le laminé du côté extérieur, c'est-à-dire du côté non revêtu du premier substrat.

**[0026]** La réflexion du côté du revêtement pour un verre monolithique est représentée par  $R_c$ . Les paramètres colorimétriques correspondants sont obtenus à partir 30 des coordonnées du système CIELAB. Par  $a^*_{Rc}$  ou  $b^*_{Rc}$ , on entend les paramètres colorimétrique  $a^*$  et  $b^*$  mesurés en réflexion du côté du revêtement sur un substrat

monolithique.  $Y_{Rc}$  et  $L_{Rc}^*$  signifie respectivement la réflectance exprimée en pourcent et l'intensité lumineuse exprimée en pourcent (clarté) mesurées du côté du verre revêtu.

La transmission lumineuse dans le spectre du visible est conforme à la norme EN410 (2011). Elle est représentée par  $T_v$  et les paramètres colorimétriques correspondants sont donnés par  $a^*_{Tv}$  et  $b^*_{Tv}$ .

**[0027]** La transmission énergétique (TE) correspond à la transmission d'une plus grande partie du spectre du soleil en comparaison à la transmission de la lumière visible. Cette information est particulièrement importante lorsque l'on s'intéresse à la partie énergétique de la lumière transmise susceptible d'interagir avec des cellules photovoltaïques. Dans la présente description, la transmission énergétique est mesurée conformément à la norme EN410 (2011) pour une lumière dont la longueur d'onde est comprise entre 300 et 2500 nm. Les simulations de la transmission énergétique ont quant à elles été effectuées pour une longueur d'onde de la lumière comprise entre 390 et 2500 nm.

**[0028]** La composition des oxydes ou des nitrures mixtes est indiquée par des rapports qui représentent les pourcentages poids des deux constituants du diélectrique, le premier nombre se rapportant au premier élément renseigné. Ainsi, TZO 65/35 signifie un oxyde mixte de titane zirconium composé de 65 % poids d'oxyde de titane et de 35 % poids d'oxyde de zirconium. De la même façon, SiZrN 60/40 signifie un nitrure mixte composé de 60% poids de nitrure de silicium et de 40% poids de nitrure de zirconium. Le ZSO5 52/48 correspond à un oxyde mixte de zinc et d'étain composé de 52% poids d'oxyde de zinc et de 48% poids d'oxyde d'étain, c'est-à-dire que le ZSO5 est le stannate de zinc ( $Zn_2SnO_4$ ).

**[0029]** La couche diélectrique supérieure est caractérisée par un indice de réfraction qui est élevé et un coefficient d'absorption qui est faible. De préférence, l'indice de réfraction de la couche diélectrique supérieure est d'au moins 2,0, de préférence d'au moins 2,1. Avantageusement le coefficient d'absorption de la couche diélectrique est d'au plus 0,1 et de préférence d'au plus 0,05. L'indice de réfraction impacte l'aspect esthétique (couleur en réflexion) alors que le coefficient d'absorption faible permet une transmission énergétique plus élevée.

**[0030]**       Avantageusement, la couche diélectrique supérieure est choisie parmi les oxydes, les nitrures ou les oxynitrures mixtes, c'est-à-dire qu'ils comprennent au moins deux oxydes différents, au moins deux nitrures différents, au moins deux oxynitrures différents ou au moins un oxyde et un nitrure de deux éléments différents. Dans le cas  
5 des nitrures il est notamment possible qu'une oxydation partielle mène à la formation d'un oxynitrure mixte.

**[0031]**       De préférence, les oxydes ou les nitrures composant la couche diélectrique de l'invention sont choisis parmi les oxydes, les nitrures ou les oxynitrures des éléments choisis parmi le silicium, le titane, le zinc, l'étain, le zirconium, l'aluminium et le niobium,  
10 comme par exemple l'oxyde mixte de titane et de zirconium (TZO) ou le nitrure mixte de silicium et de zirconium (SiZrN).

**[0032]**       Dans tous les cas, chaque oxyde, nitrure ou oxynitrure entrant dans la composition de la couche supérieure est présent dans une proportion qui n'est pas inférieure à 20% poids, de préférence pas inférieure à 25% poids et de façon encore plus  
15 préférée pas inférieure à 30% poids. Plus particulièrement, lorsque la couche diélectrique est de l'oxyde de titane zirconium, le pourcentage poids de l'oxyde de titane est compris entre 62 et 68% poids. Ce choix pour des oxydes, des nitrures ou des oxynitrures mixtes permet de combiner avantageusement les propriétés optiques d'un des oxydes, nitrures ou oxynitrures du mélange avec les propriétés de durabilité d'un autre oxyde, nitrure ou  
20 oxynitrure du mélange.

**[0033]**       L'épaisseur optique de la couche diélectrique supérieure et sa composition est choisie en fonction de la teinte en réflexion que l'on souhaite. Cette épaisseur est avantageusement d'au moins 40 nm, préférablement d'au moins 50 nm.

**[0034]**       Avantageusement, cette épaisseur optique est d'au plus 110 nm, de  
25 préférence d'au plus 80 nm et de manière encore plus préférée d'au plus 70 nm.

**[0035]**       Dans le feuilleté, le revêtement est situé sur la partie intérieure du substrat extérieur, c'est-à-dire du côté de la feuille en matériau polymérique. L'homme du métier a coutume d'appeler cette face la position 2, les faces des feuilles de verre constituant un vitrage placé sur un bâtiment étant numérotées de l'extérieur vers l'intérieur.

30 **[0036]**       Conformément au second mode de réalisation de l'invention, une sous couche est déposée sur le premier substrat entre ledit substrat et la couche diélectrique

supérieure. Le rôle de la sous couche est de protéger la couche diélectrique supérieure et peut être n'importe quel oxyde, nitrure ou oxynitrure connu pour ce rôle. A titre d'exemple, on peut citer les oxydes d'un ou plusieurs éléments choisi(s) parmi le silicium, l'étain, le zinc, le titane, l'aluminium, le niobium, le zirconium. Avantageusement la nature et l'épaisseur de cette couche barrière sont choisies de manière à ne pas modifier les caractéristiques optiques conférées au premier substrat par la couche diélectrique supérieure. Plus particulièrement, une couche d'oxyde mixte de zinc et d'étain (ZSO), et plus particulièrement le stannate de zinc convient bien pour remplir ce rôle de couche barrière. Avantageusement, l'épaisseur géométrique de la sous couche est au moins égale à 5 nm, de préférence au moins égale à 10 nm et inférieure ou égale à 25 nm, de préférence inférieure ou égale à 20 nm.

**[0037]** Pour tous les modes de réalisation, la sous couche et la couche diélectrique supérieure peuvent être appliquées par une technique de pulvérisation cathodique ("sputtering", PVD) dans des conditions usuelles et bien connues de l'homme du métier pour ce type de technique. A partir de cibles métalliques, les nitrures sont déposés en atmosphère réactive d'azote et d'argon et les oxydes sont déposés en atmosphère réactive d'oxygène et d'argon. En variante, les couches diélectriques sont appliquées par la technique bien connue appelée PECVD (« Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition ») ou dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma.

**[0038]** Avantageusement, le premier substrat revêtu a une réflexion lumineuse côté verre ( $R_g$ ) ainsi qu'une teinte en réflexion côté verre qui sont caractérisées par les valeurs renseignées dans le tableau 1. Les valeurs du tableau 1 sont données pour un verre monolithique après trempe.

Tableau 1

| Paramètres   | Valeurs préférées | Valeurs plus préférées |
|--------------|-------------------|------------------------|
| $Y_{Rg}$ (%) | 18 à 30           | 21 à 27                |
| $a^*_{Rg}$   | -4 à 0            | -2 à -1                |
| $b^*_{Rg}$   | -13 à -6          | -12 à -8               |

**[0039]** Ce premier substrat revêtu et trempé est caractérisé par une transmission énergétique suffisamment élevée. Dans tous les cas, la transmission énergétique de la lumière de longueur d'onde comprise entre 300 et 2500 nm est supérieure à 0,68, de préférence supérieure à 0,70 et de manière encore plus préférée supérieure à 0,72 et de manière encore plus préférée supérieure à 0,74.

Le traitement thermique que l'on fait avantageusement subir au premier substrat consiste en un chauffage à des températures supérieures à 500°, voire supérieure à 600° pendant une durée supérieure à 4 minutes, de façon bien connue de l'homme du métier.

**[0040]** Selon les deux modes de réalisation de l'invention, le premier substrat est laminé avec un second substrat au moyen d'au moins un film intermédiaire en matériau polymérique inséré entre les deux substrats. Un des objectifs de l'invention est que l'allège ainsi formée réponde à certains critères esthétiques (voir le tableau 2 ci-après). Le second substrat de l'ensemble laminé de l'invention est opaque. Il peut être de nature organique ou minérale, voire les deux dans un composite. Avantageusement le second substrat du laminé de l'invention est un polymère opaque, comme par exemple un polyfluorure de vinyle, notamment vendu par DuPont sous le nom de « Tedlar ». Dans un autre mode de réalisation, le second substrat est un substrat verrier rendu opaque, par exemple par une peinture noire, donnant un ensemble vendu par la société AGC Glass Europe sous le nom de « Lacobel black classic ». Dans un mode alternatif, le second substrat peut aussi être composé de plusieurs éléments (organique et minéraux) qui sont déposés successivement sur le film intermédiaire en matériau polymérique. A titre d'illustration, selon un mode alternatif, on a ainsi déposé successivement un film polymérique opaque (par exemple un polyéthylène téréphthalate (PET) noir), une couche d'éthylène-acétate de vinyle (EVA) et enfin un verre flotté préalablement trempé, de telle sorte que l'on obtient un laminé qui peut être schématisé de la manière suivante (et représenté aux figures 7 et 8) :

Premier substrat revêtu / film intermédiaire / PET noir / EVA / verre ordinaire

**[0041]** Pour l'ensemble des modes de réalisation, le film intermédiaire en matériau polymérique est avantageusement choisi parmi le polybutyrale de vinyle (PVB), l'éthylène acétate de vinyle (EVA), le polychlorure de vinyle (PVC), le polyurethane (PU), les

ionomères ou tout autre polymère présentant les propriétés requises, comme par exemples les polyoléfines thermoplastiques de Dow. Le film intermédiaire en matériau polymérique a une épaisseur comprise entre 0,3 et 2 mm. Ce film intermédiaire peut être une superposition de plusieurs feuilles d'un même matériau ou de matériaux différents.

- 5 L'assemblage des deux substrats est réalisé selon un procédé bien connu de l'homme du métier par exemple décrit dans WO2003084744A1 ou BE876681A. Le premier substrat est couvert par la feuille polymérique depuis un rouleau, feuille qui est ensuite ajustée aux dimensions du premier substrat avant que le second substrat ne soit posé dessus. L'ensemble ainsi formé est calandré et autoclavé, après dégazage. Ce mode
- 10 d'assemblage est donné à titre d'illustration, mais tout autre mode d'assemblage d'un laminé peut être utilisé pour l'invention.

- [0042]** Le laminé obtenu conformément à n'importe quel mode de l'invention est caractérisé par les propriétés optiques recherchées telles qu'elles sont renseignées dans le tableau 2. Ainsi, les valeurs visées sont principalement liées au rendu esthétique en
- 15 réflexion côté extérieur (réflexion extérieure et paramètres colorimétriques en réflexion extérieure).

Tableau 2

|                       | Mode préféré | Mode plus préféré |
|-----------------------|--------------|-------------------|
| $Y_{\text{Rext}}$ (%) | 10 à 20      | 12 à 18           |
| $a^*_{\text{Rext}}$   | -4 à 0       | -2 à -1           |
| $b^*_{\text{Rext}}$   | -13 à -6     | -12 à -7          |

- 20 **[0043]** Avantageusement, comme le premier substrat possède une transmission énergétique élevée, il est possible d'ajouter des cellules photovoltaïques entre le premier et le second substrat du laminé, profitant de la feuille intermédiaire en matériau polymérique pour les fixer. Dans ce cas, après avoir couvert le premier substrat avec un premier film intermédiaire en matériau polymérique, on dispose les cellules
- 25 photovoltaïques sur ce film, on réalise les connexions électriques aux cellules et un

second film en matériau polymérique recouvre l'ensemble. Enfin, le second substrat est disposé sur le second film en matériau polymérique et l'ensemble ainsi constitué est laminé selon un procédé bien connu de l'homme du métier et déjà renseigné. Le second substrat peut être de nature minérale (verre), organique (comme du Tedlar) ou composite  
5 (film opaque et verre).

**[0044]** Dans le cas du mode alternatif dans lequel le second substrat est un verre clair, l'ensemble feuilleté peut être représenté de la manière suivante :

Substrat 1 revêtu / film polymérique / cellules photovoltaïques / film polymérique / PET  
noir / EVA / Substrat 2

10 **[0045]** Ainsi dans ce mode de réalisation particulier, l'invention propose des allèges avec une esthétique particulièrement intéressante et munie de cellules photovoltaïques qui sont quasi invisibles. De telles allèges utilisées en façade constituent ainsi les éléments de ce que l'on appelle le BIPV et offrent l'avantage de l'esthétique en même temps que l'intérêt de la récupération de l'énergie solaire.

15 **[0046]** Avantageusement l'épaisseur de chaque film intermédiaire polymérique est comprise entre 0,3 et 2 mm parce que les cellules photovoltaïques ont une épaisseur comprise entre 0,1 et 1,0 mm.

**[0047]** Pour des raisons esthétiques, il est connu de masquer les bords des cellules ou au minimum de masquer les connexions électriques ainsi que toute partie  
20 susceptible de montrer une discontinuité dans l'apparence du produit fini. Un des très gros avantages de l'invention est que, grâce au second substrat opaque, la plupart des parties des cellules restent invisibles pour un regard extérieur et seules quelques connexions particulièrement fort réfléchissantes doivent être cachées, en utilisant par exemple un fluorure de polyvinyle noir ou une peinture. La boîte de jonction, dont le rôle  
25 est de récupérer l'électricité produite par le panneau peut avantageusement être située à l'arrière ou sur le côté de l'allège.

**Description détaillée de l'invention**

**[0048]** L'invention va maintenant être décrite au moyen de figures et d'exemples. Il est cependant clair que les exemples sont donnés à titre indicatif et ne sont en aucun cas limitatifs de l'invention.

**5 Définitions**

**[0049]** Par allège, on entend ici un panneau opaque destiné à être utilisé en façade d'un bâtiment dans des zones entre les fenêtres.

Par substrat opaque, on veut signifier que la transmission lumineuse au travers du substrat est d'au plus 4%, de préférence d'au plus 1% et de manière encore plus préférée  
10 d'au plus 0,5%.

**[0050]** Par épaisseur optique on entend le produit de l'épaisseur géométrique par l'indice de réfraction du matériau. Par défaut et sans précision, il est question d'épaisseur géométrique.

**[0051]** L'indice de réfraction et le coefficient d'extinction sont des notions bien  
15 connues de l'homme du métier. Dans la présente description et sauf indication contraire, les valeurs d'indice de réfraction, de coefficient d'extinction et d'épaisseur optique sont données pour une longueur d'onde de 589 nm et sont estimées au moyen du logiciel de simulation optique CODE-Theiss.

**[0052]** A titre indicatif, le tableau 3 renseigne les valeurs d'indice de réfraction et  
20 de coefficient d'extinction pour quelques matériaux diélectriques. Sauf précision, les valeurs renseignées sont des valeurs simulées, comme indiqué plus haut. Une valeur de zéro pour le coefficient d'extinction signifie que la valeur simulée est inférieure à 0,0001. Pour les oxydes ou les nitrures mixtes renseignés dans le tableau, les rapports ajoutés signifient les pourcentages poids correspondants des composants. Par exemple, TZO  
25 65/35 signifie un oxyde mixte constitué de 65% poids d'oxyde de titane et de 35% poids d'oxyde de zirconium. Ces valeurs seront utilisées pour les matériaux impliqués dans la suite de ce texte.

Tableau 3

| Composé diélectrique | n (589 nm) | k (589 nm) |
|----------------------|------------|------------|
| TiO <sub>2</sub>     | 2,47       | 0          |
| ZrO <sub>2</sub>     | 2,21*      | 0*         |
| SiO <sub>2</sub>     | 1,47       | 0,0018     |
| SiN                  | 2,03       | 0,0099     |
| ZrN                  | 3,2*       | 0,5        |
| TZO 65/35            | 2,34       | 0,015      |
| TZO 75/25            | 2,34       | 0,0054     |
| TZO 50/50            | 2,29       | 0,0063     |
| ZSO5 52/48           | 2,02       | 0,0006     |
| SiZrN 68/32          | 2,21       | 0,015      |

\*Wood and Nassau, Applied Optics, vol.21, Issue 16, pp. 2978-2981 (1982)

### Figures

**[0053]** La figure 1 illustre en coupe le premier substrat (S1) du laminé de l'invention destiné au premier mode de réalisation. Le premier substrat possède deux faces principales (1) et (2). Une couche diélectrique supérieure L, conforme à l'invention, est déposée sur la face (2) par PVD ou PECVD.

**[0054]** La figure 2 illustre en coupe le premier substrat (S1) du laminé de l'invention destiné au second mode de réalisation. Le premier substrat possède deux faces principales (1) et (2). Une première sous couche B est déposée sur la face (2) et ensuite une couche diélectrique supérieure L, conforme à l'invention, est déposée sur la sous couche B. Les deux couches sont déposées par PVD ou PECVD.

**[0055]** La figure 3 illustre en coupe le laminé conforme au premier mode de réalisation de l'invention. Le premier substrat (représenté à la figure 1) est laminé avec le second substrat (S2) au moyen d'une feuille intermédiaire en matériau polymérique (P1)

déposée du côté de la face (2) du premier substrat, qui est la face revêtue de la couche diélectrique supérieure (L).

**[0056]** La figure 4 illustre en coupe le laminé conforme au second mode de réalisation de l'invention. Le premier substrat (représenté à la figure 2) est laminé avec le second substrat (S2) au moyen d'une feuille intermédiaire en matériau polymérique (P1) déposée du côté de la face (2) du premier substrat, qui est la face revêtue de la sous couche (B) et de la couche diélectrique supérieure (L).

**[0057]** La figure 5 illustre en coupe le mode particulier de réalisation de l'invention dans lequel au laminé illustré à la figure 3, on ajoute une seconde feuille intermédiaire en matériau polymérique (P2) et entre les deux feuilles intermédiaires (P1) et (P2), on dispose des cellules photovoltaïques (PV).

**[0058]** La figure 6 illustre en coupe le mode particulier de réalisation de l'invention dans lequel au laminé illustré à la figure 4, on ajoute une seconde feuille intermédiaire en matériau polymérique (P2) et entre les deux feuilles intermédiaires (P1) et (P2), on dispose des cellules photovoltaïques (PV).

**[0059]** La figure 7 illustre en coupe le mode alternatif où le second substrat est un verre ordinaire rendu opaque par un film polymérique noir en PET dont l'adhérence au verre est assurée par un film en EVA. Le mode alternatif présenté à la figure 7 illustre le second mode de réalisation dans lequel une sous couche (B) est disposée en dessous de la couche diélectrique supérieure (L).

**[0060]** La figure 8 illustre en coupe le mode particulier de réalisation de l'invention dans lequel au laminé illustré à la figure 7, on ajoute une seconde feuille intermédiaire en matériau polymérique (P2) et entre les deux feuilles intermédiaires (P1) et (P2), on dispose des cellules photovoltaïques (PV).

## **Exemples**

**[0061]** Conformément au premier mode de réalisation, une couche diélectrique supérieure de l'invention est déposée sur le premier substrat. Le tableau 4 indique les paramètres optiques obtenus grâce à une simulation effectuée au moyen du système CODE Theiss pour différents types de matériaux utilisés pour la couche diélectrique supérieure. Dans ces exemples, les matériaux diélectriques ont une épaisseur géométrique de 27 nm et sont déposés sur un verre clair de 3,85 mm, commercialisé par

AGC sous le nom de Clearlite. Les valeurs simulées sont données pour un substrat monolithique. La transmission énergétique est simulée sur la base d'un calcul conforme à la norme EN410 (2011) pour une gamme de longueur d'onde comprises entre 390 et 2500 nm.

5

Tableau 4

| Couche diélectrique | Paramètres optiques pour la réflexion extérieure |            |            |            | Transmission énergétique |
|---------------------|--------------------------------------------------|------------|------------|------------|--------------------------|
|                     | $Y_{Rg}$                                         | $L_{Rg}^*$ | $a_{Rg}^*$ | $b_{Rg}^*$ |                          |
| TiO <sub>2</sub>    | 25,21                                            | 57,68      | -2,1       | -11,78     | 0,7353                   |
| ZSO 52/48           | 13,87                                            | 44,27      | -1,17      | -6,54      | 0,815                    |
| SiN                 | 13,72                                            | 44,03      | -1,3       | -5,77      | 0,8126                   |
| TZO 50/50           | 19,74                                            | 51,89      | -1,89      | -9,82      | 0,7697                   |
| TZO 65/35           | 21,51                                            | 53,86      | -1,99      | -10,35     | 0,7633                   |
| TZO 75/25           | 21,37                                            | 53,72      | -1,94      | -10,69     | 0,7598                   |
| SiZrN 60/40         | 17,62                                            | 49,34      | -1,61      | -8,89      | 0,7797                   |

**[0062]** Toujours selon le premier mode de réalisation, des vitrages sont simulés en choisissant le TZO 65/35 comme couche diélectrique qui est déposée sur le premier substrat (verre flotté de 3,85 mm). Le tableau 5 renseigne les paramètres optiques obtenus pour différentes épaisseurs de TZO 65/35. Les épaisseurs sont des épaisseurs géométriques et sont données en nm. Les valeurs sont obtenues grâce à une simulation effectuée au moyen du système CODE Theiss. Les valeurs simulées sont données pour un substrat monolithique. La transmission énergétique est simulée sur la base d'un calcul conforme à la norme EN 410 (2011) pour une gamme de longueur d'onde comprise entre 390 et 2500 nm.

10

15

Tableau 5

| Couche diélectrique | Épaisseur géométrique (nm) | Paramètres optiques pour la réflexion extérieure |            |            |            | Transmission énergétique |
|---------------------|----------------------------|--------------------------------------------------|------------|------------|------------|--------------------------|
|                     |                            | $Y_{Rg}$                                         | $L_{Rg}^*$ | $a_{Rg}^*$ | $b_{Rg}^*$ |                          |
| TZO 65/35           | 7                          | 9,3                                              | 36,66      | 0,45       | -3,28      | 0,8512                   |
| TZO 65/35           | 12                         | 11,56                                            | 40,71      | 0,69       | -6,51      | 0,8343                   |
| TZO 65/35           | 17                         | 14,59                                            | 45,36      | 1,08       | -8,91      | 0,8121                   |
| TZO 65/35           | 22                         | 18,02                                            | 49,87      | 1,54       | 10,14      | 0,7877                   |
| TZO 65/35           | 27                         | 21,51                                            | 53,86      | 1,99       | 10,35      | 0,7633                   |
| TZO 65/35           | 32                         | 24,79                                            | 57,22      | 2,38       | -9,79      | 0,7405                   |
| TZO 65/35           | 37                         | 27,67                                            | 59,89      | 2,68       | -8,66      | 0,7204                   |
| TZO 65/35           | 42                         | 30,1                                             | 61,93      | -2,9       | -7,06      | 0,7037                   |
| TZO 65/35           | 47                         | 31,76                                            | 63,34      | 3,06       | -5,03      | 0,691                    |

**Exemples 1 à 4 de réalisation de l'invention selon le premier mode**

- [0063]** Un panneau de verre extra clair de 4 mm d'épaisseur est introduit dans une
- 5 chambre sous vide d'une installation de pulvérisation cathodique assistée par magnétron. La chambre sous vide est équipée d'une cathode céramique en oxyde de titane-zirconium (65/35). Par un procédé bien connu de l'homme du métier, une couche de TZO 65/35 est déposée sur le substrat verrier dans une atmosphère d'oxygène et d'argon. Les

conditions ont été réglées de manière à obtenir les 4 exemples revêtus décrit dans le tableau 6, exemples qui se différencient par l'épaisseur de la couche déposée.

Tableau 6

| Ex | Épaisseur géométrique (nm) | Transmission lumineuse monolithique après trempe |                   |                   |                   | Réflexion et paramètres colorimétriques côté verre |                   |                   |                   | Réflexion et paramètres colorimétriques côté film |                   |                   |                   |
|----|----------------------------|--------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|    |                            | Y                                                | L <sub>TV</sub> * | a <sub>TV</sub> * | b <sub>TV</sub> * | Y <sub>Rg</sub>                                    | L <sub>Rg</sub> * | a <sub>Rg</sub> * | b <sub>Rg</sub> * | Y <sub>Rc</sub>                                   | L <sub>Rc</sub> * | a <sub>Rc</sub> * | b <sub>Rc</sub> * |
| 1  | 28                         | 75,52                                            | 89,48             | -0,05             | 5,61              | 22,11                                              | 54,49             | -2,05             | -9,98             | 22,74                                             | 55,15             | -1,55             | -10,38            |
| 2  | 27                         | 76,38                                            | 89,88             | -0,1              | 5,51              | 21,42                                              | 53,76             | -1,96             | -10,12            | 21,97                                             | 54,35             | -1,48             | -10,53            |
| 3  | 30                         | 74,1                                             | 88,81             | 0,06              | 5,63              | 23,53                                              | 55,95             | -2,2              | -9,53             | 24,11                                             | 56,53             | -1,66             | -9,89             |
| 4  | 34                         | 71,13                                            | 87,38             | 0,27              | 5,59              | 25,73                                              | 58,09             | -2,45             | -8,72             | 26,33                                             | 58,67             | -1,86             | -9,12             |

5

**[0064]** Les échantillons ont été traités thermiquement (maintenu à 670°C pendant 4 minutes). Dans tous les cas, n'importe lequel des paramètres optiques (Y, L\*, a\*, b\*) en réflexion ou en transmission, mesuré avant et après traitement thermique s'est avéré stable.

- 10 **[0065]** Plusieurs échantillons ont été laminés avec un substrat en Tedlar au moyen d'un film polymère en EVA et en incorporant des cellules photovoltaïques. Les paramètres optiques de l'ensemble laminé ont été mesurés au moyen d'un spectrophotomètre Ultrascan et sont renseignés dans le tableau 7. Les paramètres colorimétriques sont donnés pour la réflexion côté extérieur, c'est-à-dire du côté non revêtu du substrat verrier du laminé.
- 15

Tableau 7

| Références | TZO (nm)<br>Épaisseurs géométriques | Y <sub>Rext</sub> | L <sub>Rext</sub> * | a <sub>Rext</sub> * | b <sub>Rext</sub> * |
|------------|-------------------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 5          | 24                                  | 12,7              | 42,6                | -1,11               | -9,37               |
| 6          | 22                                  | 11,6              | 40,9                | -0,89               | -9,48               |
| 7          | 27                                  | 13,7              | 44,2                | -1,25               | -9,98               |

**[0066]** La présence du second substrat opaque et la réflexion intéressante obtenue sont responsables de la disparition optique de tout ce qui se trouve derrière le premier substrat. Il est donc possible d'utiliser le laminé comme allège grâce à son rendu esthétique particulièrement intéressant.

5

### **Exemples 8 à 9 de réalisation de l'invention selon le second mode**

**[0067]** Dans le second mode de réalisation de l'invention, une couche barrière est déposée sur le premier substrat avant de déposer la couche diélectrique de l'invention. Un panneau de verre extra clair de 4 mm d'épaisseur est introduit dans une première

10 chambre sous vide d'une installation de coating magnétron. La chambre sous vide est équipée d'une cathode en alliage Zinc-étain (52% de Zn). Par un procédé bien connu de l'homme du métier, une couche de ZSO5 est déposée sur le substrat en verre dans une atmosphère d'oxygène et d'argon. Le substrat est ensuite conduit vers une seconde

15 chambre sous vide équipée d'une cathode en oxyde de titane-zirconium (65/35). Par un procédé bien connu de l'homme du métier, une couche de TZO 65/35 est déposée sur la première couche barrière dans une atmosphère d'oxygène et d'argon. Les échantillons obtenus sont traités thermiquement (maintenu à 670°C pendant 4 minutes).

Le tableau 8 renseignent les paramètres optiques mesurés sur le premier substrat revêtu selon le second mode de l'invention. Les paramètres optiques sont renseignés pour la

20 réflexion extérieure, c'est-à-dire la réflexion côté verre du premier substrat monolithique après trempe. La transmission énergétique est mesurée selon la norme EN 410 (2011) pour une gamme de longueur d'onde comprises entre 290 et 2500 nm.

Tableau 8

| Références | Épaisseurs géométriques (nm) |      | Paramètres optiques de la réflexion côté verre |                   |                   |                   | Transmission énergétique (TE) |
|------------|------------------------------|------|------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|
|            | ZSO5                         | TZO  | Y <sub>Rg</sub>                                | L <sub>Rg</sub> * | a <sub>Rg</sub> * | b <sub>Rg</sub> * |                               |
| 8          | 25,1                         | 22,3 | 22,64                                          | 54,92             | -2,23             | -6,23             | 0,738                         |
| 9          | 15                           | 23   | 20,46                                          | 52,35             | -2,03             | -8,15             | 0,761                         |

|    |      |      |       |       |       |       |        |
|----|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 10 | 10,1 | 25,3 | 22,61 | 54,98 | -1,94 | -8,98 | 0,7491 |
| 11 | 8,7  | 25,8 | 22,9  | 55,29 | -1,95 | -9,08 | 0,7458 |
| 12 | 13,1 | 29   | 25,43 | 57,77 | -2,22 | -8,04 | 0,7277 |
| 13 | 9,1  | 18,5 | 17,72 | 49,45 | -1,39 | -8,78 | 0,7835 |

**[0068]** Les exemples présentés ci-dessus sont ensuite laminés avec un second substrat en Tedlar au moyen d'EVA. Des cellules photovoltaïques sont insérées au niveau de l'EVA. Certains paramètres optiques de l'ensemble laminé sont ensuite mesurés au moyen d'un spectrophotomètre Ultrascan. Les valeurs mesurées concernent la réflexion extérieure, c'est-à-dire la réflexion côté verre du premier substrat et sont renseignées dans le tableau 9.

Tableau 9

| Référence | Épaisseurs géométriques (nm) |      | Paramètres optiques de la $R_{ext}$ du laminé |                 |                 |                 |
|-----------|------------------------------|------|-----------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|           | ZSO5                         | TZO  | $Y_{R_{ext}}$                                 | $L_{R_{ext}}^*$ | $a_{R_{ext}}^*$ | $b_{R_{ext}}^*$ |
| 14        | 25,1                         | 22,3 | 12,94                                         | 42,88           | -1,58           | -6,03           |
| 15        | 15                           | 23   | 11,45                                         | 40,59           | -1,16           | -7,69           |
| 16        | 10,1                         | 25,3 | 13,79                                         | 44,24           | -1,52           | -8,77           |
| 17        | 8,7                          | 25,8 | 13,82                                         | 44,28           | -1,55           | -8,91           |
| 18        | 13,1                         | 29   | 15,26                                         | 46,27           | -1,84           | -8,06           |
| 19        | 9,1                          | 18,5 | 10,14                                         | 38,36           | -0,94           | -8,02           |

#### 10 ***Insertion de cellules photovoltaïques dans le laminé de l'invention***

**[0069]** Dans un mode de réalisation avantageux, après avoir déposé de l'EVA sur le premier substrat (verre revêtu correspondant à la référence 5), des cellules photovoltaïques sont disposées, un second film d'EVA est déposé et enfin le second substrat opaque est positionné. L'efficacité de ce laminé ainsi constitué et équipé de

cellules photovoltaïques est évaluée conformément au standard de test (STC) qui implique que la cellule maintenue à une température de 25°C soit irradiée à une puissance de 1000 Watts par mètre carré en incorporant un coefficient de 1,5 pour la masse d'air (norme EN 50380, 2003). Il a ainsi été montré que lorsque la cellule

5 photovoltaïque reçoit la lumière au travers du premier substrat portant ses couches, le rendement est diminué de maximum 20%, de préférence de maximum 15 % et de manière encore plus préférée de maximum 10% par rapport à la mesure effectuée au travers d'un verre non revêtu. Le rendement est calculé en mesurant le kilowatt-crête de la cellule (wattpeak), bien connu de l'homme du métier, qui permet d'évaluer les

10 performances de panneaux photovoltaïques pour prévoir la quantité d'électricité qu'ils peuvent produire dans des conditions optimales.

**Revendications**

1. Allège comprenant un premier substrat, un film intermédiaire en matériau polymérique et un second substrat opaque, caractérisée en ce que le premier  
5 substrat est revêtu d'au plus deux couches déposées sur la surface située du côté du film intermédiaire en matériau polymérique et comprenant au moins une couche diélectrique supérieure.
2. Allège de la revendication précédente caractérisée en ce que la couche diélectrique  
10 supérieure est caractérisée par un indice de réfraction au moins égal à 2,0, de préférence au moins égal à 2,1 et par un coefficient d'absorption plus petit que 0,1, de préférence plus petit que 0,05.
3. Allège d'une des revendications précédentes caractérisée en ce que la couche  
15 diélectrique supérieure est une couche d'oxyde, une couche de nitrure ou une couche d'oxynitrure, comprenant au moins deux éléments différents choisis parmi le silicium, le titane, le zinc, l'étain, le zirconium, l'aluminium et le niobium.
4. Allège d'une des revendications précédentes caractérisée en ce que la couche  
20 diélectrique supérieure est l'oxyde mixte de titane et de zirconium ou le nitrure mixte de silicium et de zirconium.
5. Allège d'une des revendications précédentes dont la couche diélectrique supérieure  
25 a une épaisseur optique au moins égale à 40 nm, de préférence au moins égale à 50 nm et est d'au plus 110 nm, de préférence d'au plus 80 nm.
6. Allège d'une des revendications précédentes caractérisée en ce qu'une sous couche est déposée sur le premier substrat entre ledit substrat et la couche diélectrique supérieure.

7. Allège d'une des revendications précédentes caractérisée en ce que la sous couche est une couche d'oxyde, de nitrure ou d'oxynitrure comprenant au moins deux éléments différents choisis parmi le silicium, le titane, le zinc, l'étain, le zirconium, l'aluminium et le niobium.
8. Allège d'une des revendications précédentes caractérisée en ce que la sous couche est un oxyde mixte de zinc et d'étain.
9. Allège d'une des revendications précédentes caractérisée en ce que l'épaisseur géométrique de la sous couche est au moins égale à 5 nm, de préférence au moins égale à 6 nm et inférieure ou égale à 30 nm, de préférence inférieure ou égale à 25 nm.
10. Allège d'une des revendications précédentes dont le premier substrat est caractérisé par une transmission énergétique de la lumière de longueur d'onde comprise entre 300 et 2500 nm qui est supérieure à 0,68, de préférence supérieure à 0,70, de manière plus préférée supérieure à 0,72 et de manière encore plus préférée supérieure à 0,74.
11. Allège d'une des revendications précédentes caractérisée par une réflectance mesurée du côté extérieur comprise entre 10 et 20%, de préférence entre 12 et 18%.
12. Allège d'une des revendications précédentes caractérisée par une couleur en réflexion extérieure dont le paramètre  $a^*$  est compris entre -4 et 0, de préférence entre -2 et -1 et le paramètre  $b^*$  est compris entre -13 et -6 et de préférence entre -12 et -7.

- 24 -

13. Allège d'une des revendications précédentes dont le second substrat est un verre ordinaire rendu opaque au moyen d'un film polymérique ou un substrat synthétique opaque.
- 5 14. Allège d'une des revendications précédentes dans lequel le film intermédiaire en matériau polymérique a une épaisseur comprise entre 0.3 et 2 mm et est choisi parmi le polybutyrale de vinyle (PVB), l'éthylène acétate de vinyle (EVA), le polychlorure de vinyle (PVC), le polyurethane (PU) ou les ionomères.
- 10 15. Allège d'une des revendications précédentes dans lequel des cellules photovoltaïques sont insérées entre le premier et le second substrat.
- 15 16. Allège de la revendication précédente dont le rendement photovoltaïque est diminué de maximum 20%, de préférence de maximum 15 % et de manière encore plus préférée de maximum 10% par rapport à un verre clair dans les conditions de tests standards STC.