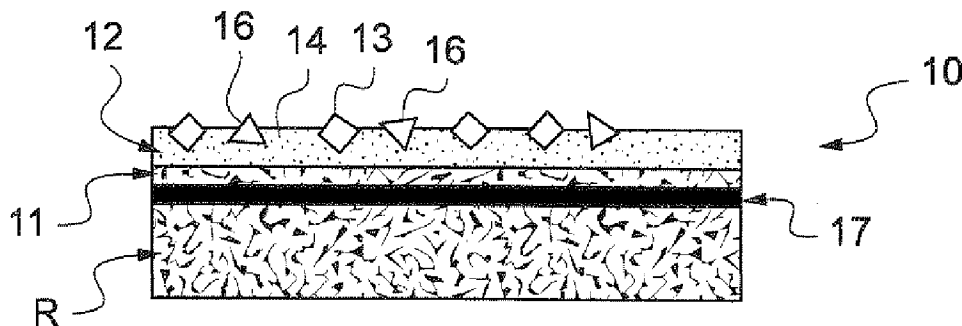




(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2014/02/11  
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2014/08/21  
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2021/12/14  
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2015/08/07  
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: IB 2014/058908  
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2014/125415  
(30) Priorité/Priority: 2013/02/12 (FR13 51191)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *H01L 31/0236* (2006.01),  
*H01L 31/042* (2014.01)  
(72) Inventeurs/Inventors:  
BARRUEL, FRANCK, FR;  
COQUELLE, ERIC, FR;  
GAUTIER, JEAN-LUC, FR;  
PILAT, ERIC, FR  
(73) Propriétaires/Owners:  
COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX  
ENERGIES ALTERNATIVES, FR;  
COLAS, FR  
(74) Agent: GOWLING WLG (CANADA) LLP

(54) Titre : STRUCTURE PHOTOVOLTAIQUE POUR CHAUSSEE  
(54) Title: PHOTOVOLTAIC STRUCTURE FOR A ROADWAY



(57) Abrégé/Abstract:

La présente invention concerne une structure photovoltaïque (10), notamment pour chaussée convenant à la circulation des piétons et des véhicules, comportant : - au moins une cellule photovoltaïque, - un revêtement non opaque (12), recouvrant au moins la face avant de ladite cellule photovoltaïque et présentant une surface extérieure qui est macrotexturée et microtexturée irrégulièrement, avec une profondeur moyenne de texture PMT mesurée selon la norme NF EN 13036-1 comprise entre 0,2 mm et 3 mm et une valeur de résistance au polissage PSV selon la norme NF EN 13043 d'au moins PSV<sub>44</sub>, mieux PSV<sub>50</sub>, encore mieux PSV<sub>53</sub>.

## (12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

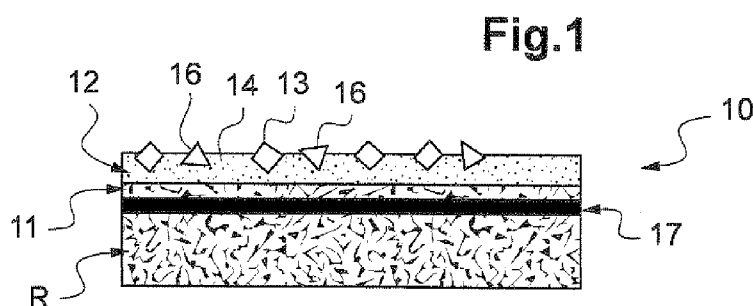
(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2014/125415 A1**(43) Date de la publication internationale  
21 août 2014 (21.08.2014)

WIPO | PCT

- (51) Classification internationale des brevets :  
H01L 31/0236 (2006.01) H01L 31/042 (2014.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/IB2014/058908
- (22) Date de dépôt international :  
11 février 2014 (11.02.2014)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
13 51191 12 février 2013 (12.02.2013) FR
- (71) Déposants : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES [FR/FR]; 25 rue Leblanc, Bâtiment Le Ponant D, F-75015 Paris (FR). COLAS [FR/FR]; 7 place René Clair, F-92100 Boulogne Billancourt (FR).
- (72) Inventeurs : BARRUEL, Franck; 33 chemin des Champs, Brédy, F-73370 Le Bourget Du Lac (FR). COQUELLE, Eric; 6 rue du Pont Colbert, F-78000 Versailles (FR). GAUTIER, Jean-Luc; 25 rue Jules Michelet, F-78280 Guyancourt (FR). PILAT, Eric; 32 chemin de la Faucille, F-73100 Brison-saint-innocent (FR).
- (74) Mandataire : TANTY, François; Nony, 3, rue de Pen-thièvre, F-75008 Paris (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Publiée :  
— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : PHOTOVOLTAIC STRUCTURE FOR A ROADWAY

(54) Titre : STRUCTURE PHOTOVOLTAIQUE POUR CHAUSSEE



(57) Abstract : The invention relates to a photovoltaic structure (10), especially for a roadway suitable for the circulation of pedestrians and vehicles, comprising: at least one photovoltaic cell; and a non-opaque coating covering at least the front face of said photovoltaic cell and having an outer surface which is macrotextured and microtextured irregularly, with a mean texture depth MTD, measured according to the norm NF EN 13036-1, of between 0.2 mm and 3 mm, and a polishing resistance value PRV, according to the norm NF EN 13043, of at least PRV<sub>44</sub>, preferably PRV<sub>50</sub>, especially preferably PRV<sub>53</sub>.

(57) Abrégé : La présente invention concerne une structure photovoltaïque (10), notamment pour chaussée convenant à la circulation des piétons et des véhicules, comportant: - au moins une cellule photovoltaïque, - un revêtement non opaque (12), recouvrant au moins la face avant de ladite cellule photovoltaïque et présentant une surface extérieure qui est macrotexturée et microtexturée irrégulièrement, avec une profondeur moyenne de texture PMT mesurée selon la norme NF EN 13036-1 comprise entre 0,2 mm et 3 mm et une valeur de résistance au polissage PSV selon la norme NF EN 13043 d'au moins PSV<sub>44</sub>, mieux PSV<sub>50</sub>, encore mieux PSV<sub>53</sub>.

## STRUCTURE PHOTOVOLTAÏQUE POUR CHAUSSEE

La présente invention concerne les structures photovoltaïques, destinées en particulier à former une chaussée convenant à la circulation des piétons et des véhicules et présentant notamment une surface extérieure reproduisant la texture d'un enduit superficiel routier et circulaire.

### État de la technique

Il existe un besoin pour utiliser les routes comme moyen de production d'énergie pendant la journée, que ce soit pour alimenter des bâtiments situés à proximité (entreprises, éco quartiers, maisons individuelles...) ou pour alimenter le réseau électrique ou des dispositifs d'aide à la circulation.

Du fait de l'importance de la superficie du réseau routier, cela pourrait permettre d'éviter les champs de modules solaires qui utilisent des terres arables pour la production d'énergie ou de démultiplier les surfaces actuellement utilisables telles que des toitures.

US 2005/0199282 A1 divulgue une chaussée incorporant une structure photovoltaïque, comportant des cellules solaires recouvertes par un revêtement non opaque devant supporter le poids des véhicules et procurer un coefficient de friction suffisant pour permettre à ceux-ci de circuler sans dérapage.

A titre d'exemples de revêtements, sont cités des matériaux tels que des matières plastiques transparentes revêtues en surface d'une couche résistant à l'abrasion, le verre trempé ou recuit, un complexe formé de billes de verre de 5 mm liées par une résine époxy sur du verre recuit, avec une préférence pour un complexe formé d'acrylique doublé de polycarbonate.

La structure peut présenter en surface des éléments de friction destinés à accroître le coefficient de friction. Ces éléments de friction peuvent être disposés selon des motifs tels que des lignes courbes ou droites, courtes ou longues, des cercles ou autres figures géométriques.

Les éléments de friction peuvent être formés par des barres ou pics ou par des rainures découpées à la surface du revêtement. Les éléments de friction, lorsque rapportés, peuvent être en acier inoxydable ou en polycarbonate.

Il existe un besoin pour perfectionner encore les structures photovoltaïques destinées à la circulation des piétons ou véhicules.

### **Résumé**

L'invention a pour objet, selon un premier de ses aspects, une structure (encore appelée complexe) photovoltaïque, notamment pour chaussée convenant à la circulation de piétons et de véhicules, comportant :

- au moins une cellule photovoltaïque,
- un revêtement non opaque, recouvrant au moins la face avant de ladite cellule photovoltaïque et présentant une surface extérieure macrotexturée et microtexturée irrégulièrement, avec une profondeur moyenne de texture PMT mesurée selon la norme NF EN 13036-1 comprise entre 0,2 mm et 3 mm et une valeur de PSV (polished stone value) selon la norme NF EN 13043 d'au moins PSV<sub>44</sub>, mieux PSV<sub>50</sub>, encore mieux PSV<sub>53</sub>, la texture de la surface extérieure étant définie au moins partiellement par des éléments texturants non opaques ayant une taille allant de 0,4 à 4 mm.

L'invention vise aussi un procédé de fabrication d'une structure photovoltaïque telle que définie ci-dessus, comportant les étapes consistant à :

- disposer une ou plusieurs cellules photovoltaïques dans un moule,
- injecter ou couler dans le moule un matériau non opaque à l'état fluide,
- avant durcissement dudit matériau, incruster à sa surface des éléments texturants

L'invention vise aussi un procédé de fabrication d'une structure photovoltaïque telle que définie ci-dessus, comportant les étapes suivantes :

- déposer un film en polymère transparent sur une ou plusieurs cellules photovoltaïques,
- déposer à la surface du film des éléments texturants pour former un ensemble, et
- soumettre l'ensemble à un laminateur à chaud et sous pression, la chaleur assurant le ramollissement du film et permettant aux éléments texturants de s'y incruster.

Elle vise aussi un procédé de fabrication d'une structure photovoltaïque comportant :

- au moins une cellule photovoltaïque,
- un revêtement non opaque, recouvrant au moins la face avant de ladite cellule photovoltaïque et présentant une surface extérieure qui est macrotexturée irrégulièrement et microtexturée irrégulièrement, avec une profondeur moyenne de texture PMT mesurée selon la norme NF EN 13036-1 comprise entre 0,2 mm et 3 mm et une valeur de résistance au polissage PSV selon la norme NF EN 13043 d'au moins PSV<sub>44</sub>, comportant les étapes consistant à :
- disposer des éléments texturants dans le fond d'un moule (M),
- disposer une ou plusieurs cellules photovoltaïques dans le moule, et

- injecter ou couler dans le moule un matériau non opaque à l'état fluide pour enrober les cellules photovoltaïques, et retenir les éléments texturants.

Elle vise aussi un procédé de fabrication d'une structure photovoltaïque comportant:

- au moins une cellule photovoltaïque,
- un revêtement non opaque, recouvrant au moins la face avant de ladite cellule photovoltaïque et présentant une surface extérieure qui est macrotexturée irrégulièrement et microtexturée irrégulièrement, avec une profondeur moyenne de texture PMT mesurée selon la norme NF EN 13036-1 comprise entre 0,2 mm et 3 mm et une valeur de résistance au polissage PSV selon la norme NF EN 13043 d'au moins  $PSV_{44}$ , comportant les étapes suivantes:
- disposer une ou plusieurs cellules photovoltaïques dans un moule dont le fond est texturé,
- injecter ou couler dans le moule un matériau non opaque à l'état fluide.

On entend par «irrégulièrement», le fait que les reliefs donnant la macrotexture et la microtexture n'ont pas tous la même forme, ni la même taille. Ces reliefs peuvent être obtenus à partir d'éléments texturants n'ayant pas la même forme ni la même taille, étant non calibrés. La nature, la taille moyenne, le rapport d'aspect moyen et la densité en surface moyenne des éléments texturants sont spécifiquement choisis de manière à obtenir les valeurs de PMT et de PSV souhaitées.

A la différence de la structure de texture régulière présentée dans la demande de brevet US2005/0199282, une structure selon la présente invention présente en surface une dispersion irrégulière, de préférence aléatoire, d'éléments de relief non-opaques de forme elle-même irrégulière et de préférence aléatoire, qui se rapproche de l'aspect de surface d'un enduit superficiel bien connu de l'industrie routière. Elle dispose de plus à la fois de topographies à l'échelle macroscopique (macrotexture) et microscopique (microtexture) propices à l'adhérence. De ce fait, les caractéristiques de surface particulières de la présente invention sont choisies pour présenter des niveaux propices de macrotexture et de microtexture répondant à des spécifications en termes de PMT et de PSV rendant le revêtement apte à la circulation.

D'autre part, la présente invention est de préférence réalisée à l'aide d'éléments texturants tels que des grains de verre qui 1) répliquent la texture d'une route et fournissent des propriétés d'adhérence mesurées conformes aux spécifications (BO 2002-10:

circulaire 2002-39 du 16 mai 2002 relative à l'adhérence des couches de roulement neuves et au contrôle de la macrotexture) et 2) sont applicables si cela est souhaité sur chantier en utilisant les engins et techniques des Travaux Publics.

5 Dans une de ses réalisations, la structure selon la présente invention se présente comme une unité photovoltaïque encapsulée circulaire.

Le revêtement d'une structure selon l'invention permet, grâce à la texture de sa surface extérieure, de présenter l'adhérence convenant à la circulation des véhicules ou piétons, tout en protégeant efficacement les cellules photovoltaïques disposées sous celui-ci.

10 L'invention permet de ne pas remplacer les chaussées existantes ; la structure selon l'invention peut s'adapter à la plupart de celles-ci sans nécessiter de décaissements ou la pose de blocs photovoltaïques épais et rigides.

De plus, l'invention permet d'utiliser le savoir-faire et les équipements habituels servant à la fabrication et à l'entretien des revêtements des routes (finisseurs, 15 épandage de liant et de gravier,...)

Ainsi, l'invention permet une implantation aisée de la structure photovoltaïque et, d'un point de vue économique, de réduire significativement les coûts de pose et d'intégration.

20 Les caractéristiques d'adhérence du revêtement selon l'invention sont de préférence proches de celles des revêtements routiers bitumineux traditionnels et les caractéristiques optiques sont compatibles avec l'obtention d'un rendement de conversion satisfaisant de l'énergie solaire en énergie électrique.

La structure photovoltaïque selon l'invention peut être réalisée selon deux modalités d'exécution notamment.

25 Selon une première modalité d'exécution, les cellules photovoltaïques sont présentes au sein d'un ou plusieurs modules recouverts par le revêtement non opaque et texturé, le ou les modules s'interposant entre ce revêtement et la route sous-jacente. En particulier, le revêtement peut selon cette première modalité d'exécution aussi s'étendre à la partie de la route supportant les modules photovoltaïques mais non recouverte par ceux-ci, ou bien se limiter à la seule surface des modules. Ces derniers peuvent être fixés à la 30 chaussée par une couche d'accroche.

Selon une deuxième modalité d'exécution, les cellules photovoltaïques sont encapsulées dans le revêtement non opaque et texturé, le revêtement s'étendant alors de préférence à la fois au-dessus et en dessous des cellules photovoltaïques. Le revêtement peut s'étendre au contact d'une couche d'accroche déposée sur la route ou directement au contact de celle-ci. Notamment, selon cette deuxième modalité d'exécution, le revêtement peut être pré-assemblé avec un ou plusieurs modules photovoltaïques, contenant les cellules photovoltaïques, de préférence en utilisant un moule.

L'invention a encore pour objet, selon un autre de ses aspects, indépendamment ou en combinaison avec ce qui précède, une structure photovoltaïque convenant à la circulation des piétons et des véhicules, comportant au moins une cellule photovoltaïque encapsulée dans un revêtement non opaque, présentant une surface extérieure texturée, irrégulière, et convenant à la circulation des véhicules et des piétons.

L'invention a encore pour objet, selon un autre de ses aspects, indépendamment ou en combinaison avec ce qui précède, une structure photovoltaïque convenant à la circulation des piétons et des véhicules, comportant au moins une cellule photovoltaïque recouverte par un revêtement présentant une surface extérieure texturée avec un relief irrégulier, défini par des granulats de forme irrégulière et/ou par une empreinte de granulats de forme irrégulière.

L'invention a encore pour objet, selon un autre de ses aspects, indépendamment ou en combinaison avec ce qui précède, une structure photovoltaïque convenant à la circulation des piétons et des véhicules, comportant un revêtement recouvrant au moins une cellule photovoltaïque, ce revêtement comportant un liant bitumineux, un liant routier clair de synthèse ou d'origine végétale, des résines, colles ou polymères, comme de l'époxy ou du polyuréthane, et éventuellement des éléments texturants tels que des granulats ou grains en verre, assurant une texturation en surface.

L'invention a encore pour objet, selon un autre de ses aspects, indépendamment ou en combinaison avec ce qui précède, une structure photovoltaïque permettant de réaliser une chaussée, sous forme de nappe flexible enroulée, à dérouler pour former la surface de roulement, comportant des cellules photovoltaïques et un revêtement les recouvrant, ce revêtement ayant une surface extérieure texturée.

Selon tous ces objets de l'invention, le revêtement peut être tel que défini par la suite, de même que les éléments texturants utilisés.

L'invention a encore pour objet un procédé de fabrication d'une structure photovoltaïque, notamment selon le premier aspect tel que défini ci-dessus, comportant les étapes consistant à :

- disposer des éléments texturants, de préférence des granulats de forme irrégulière, notamment aléatoire, dans le fond d'un moule, les éléments texturants étant de préférence disposés selon une monocouche
- disposer une ou plusieurs cellules photovoltaïques dans le moule,
- injecter ou couler dans le moule un matériau non opaque à l'état fluide pour enrober la ou les cellules photovoltaïques et retenir les éléments texturants. De préférence, les éléments texturants sont disposés avec une densité de surface donnée.

L'invention a encore pour objet un procédé de fabrication d'une structure photovoltaïque, notamment selon le premier aspect tel que défini ci-dessus, comportant les étapes consistant à :

- disposer une ou plusieurs cellules photovoltaïques dans un moule,
- injecter ou couler dans le moule un matériau non opaque à l'état fluide,
- avant durcissement dudit matériau, incruster à sa surface des éléments texturants, de préférence des granulats de forme irrégulière, notamment aléatoire, les éléments texturants étant de préférence disposés selon une monocouche.

L'invention a encore pour objet un procédé de fabrication d'une structure photovoltaïque, notamment selon le premier aspect tel que défini ci-dessus, comportant les étapes consistant à :

- disposer une ou plusieurs cellules photovoltaïques dans un moule dont le fond est texturé, de préférence avec un relief reproduisant l'empreinte de granulats de forme irrégulière, notamment aléatoire, et
- injecter ou couler dans le moule un matériau non opaque à l'état fluide destiné à durcir. De préférence, les reliefs reproduisant l'empreinte des éléments texturants sont répartis avec une densité de surface donnée.

L'invention a encore pour objet un procédé de fabrication d'une structure photovoltaïque, notamment selon le premier aspect tel que défini ci-dessus, comportant les étapes consistant à :

- disposer une ou plusieurs cellules photovoltaïques dans un moule,

- déposer sur la ou les cellules photovoltaïques un film en polymère transparent, d'épaisseur donnée,

- déposer à sa surface des éléments texturants, de préférence des granulats de forme irrégulière, notamment aléatoire, les éléments texturants étant de préférence  
5 disposés selon une monocouche,

- soumettre l'ensemble à un laminateur à chaud et sous pression, la chaleur assurant le ramollissement du film et permettant aux granulats de s'y incruster. De préférence, les éléments texturants sont disposés avec une densité de surface donnée.

Dans tous les procédés faisant intervenir des éléments texturants, ces derniers  
10 sont de préférence emprisonnés entre un quart et trois quarts de leur hauteur, de préférence à mi-hauteur environ. La réalisation d'une monocouche est préférable pour des questions de performances photovoltaïques.

Ainsi, dans un premier mode de réalisation, des éléments texturants tels que des granulats transparents sont répandus à refus, et idéalement en monocouche, sur le fond  
15 d'un moule. Une fois que le matériau transparent qui y aura été injecté ou moulé aura atteint ses propriétés mécaniques finales, les granulats seront enchâssés dans le matériau et assureront une texturation en surface.

Dans un second mode de réalisation, des granulats transparents sont insérés en surface du complexe photovoltaïque moulé, et idéalement avant que le matériau  
20 transparent injecté ou moulé n'ait totalement durci.

Dans un troisième mode de réalisation, une face du moule de coulage ou d'injection reproduit avantageusement l'empreinte d'une texture valide pour une application routière, notamment ayant les valeurs de PMT et PSV recherchées, définies plus haut. Le matériau transparent coulé ou injecté reproduit alors ladite texture.

## 25 Revêtement

Le revêtement selon l'invention est avantageusement réalisé de manière à présenter des caractéristiques techniques convenant à la fois à la circulation des piétons et des véhicules mais permettant aussi son utilisation dans le domaine photovoltaïque. En particulier, ces caractéristiques concernent la transparence et la texturation de surface dudit  
30 revêtement.

### Transparence

Afin de garantir les performances photovoltaïques recherchées, le revêtement est non opaque. Il présente avantageusement un taux de transparence entre 50 et 95%.

Pour caractériser le taux de transparence, un spectrophotomètre équipé d'une  
5 sphère dite intégrante est utilisé. Cet appareil permet de quantifier la lumière qui traverse directement l'échantillon et celle qui est diffusée par l'échantillon, pour une plage de valeurs de longueurs d'onde, par pas de 5 nm par exemple, cette plage étant de préférence située autour du pic d'efficacité des cellules photovoltaïques, plus ou moins 100 nm.

Le taux de transparence est mesuré pour l'épaisseur de revêtement traversée  
10 par la lumière incidente sur la face de roulement, avant d'atteindre les cellules photovoltaïques.

Le revêtement à caractériser est mis en œuvre sur une plaque de verre. Cette plaque est au préalable caractérisée en transparence en utilisant le même spectrophotomètre. On effectue la mesure conformément au protocole décrit ci-dessus et  
15 on soustrait les valeurs de transparence obtenues de celles de la plaque de verre.

Pour avoir une caractérisation de l'efficacité optique de la structure selon l'invention, on pondère les valeurs de transmission par la réponse spectrale (sensibilité suivant les longueurs d'onde) des cellules photovoltaïques, dont les sensibilités dans le bleu (450-520 nm) et dans le violet (380-450) peuvent être différentes selon le type de  
20 technologie employé. L'efficacité maximale des technologies actuelles étant dans le vert autour de 600 nm, le revêtement est de préférence réalisé de telle sorte que dans la plage 500 à 700 nm, son taux de transparence soit supérieur à 50%.

### Texturation de surface:

Afin de garantir les performances d'adhérence recherchées, le revêtement selon  
25 l'invention est avantageusement réalisé de manière à présenter une surface extérieure, qui soit à la fois macrotexturée et microtexturée.

### Macrotexture

La macrotexture du revêtement caractérise les irrégularités de surface dans la gamme 0,5 à 50 mm horizontalement (selon la norme NF EN ISO 13473-1); la  
30 macrotexture facilite l'évacuation de l'eau en surface de la structure selon l'invention et permet d'éviter des pertes d'adhérence pneu/chaussée par temps de pluie.

Une macrotexture présente une longueur d'onde de texture allant de 50 mm à 0,5 mm et une microtexture une longueur d'onde de texture inférieure à 0,5 mm.

La macrotexture présente de préférence un relief irrégulier, qui est avantageusement obtenu grâce à un choix bien défini d'éléments texturants, avec une taille  
5 et une densité en surface spécifiquement choisis, de forme irrégulière, notamment aléatoire, tels que des granulats, ou étant l'empreinte d'éléments texturants de forme irrégulière, inspirée de la topographie de surface des enduits superficiels routiers.

Par ailleurs, la surface extérieure du revêtement présente une profondeur de macrotexture de préférence telle que la profondeur moyenne de texture PMT mesurée  
10 selon la norme NF EN 13036-1 est au moins de 0,20 mm, et préférentiellement 0,30 mm, et idéalement 0,60 mm ou plus, étant de préférence comprise entre 0,2 mm et 3 mm.

#### Microtexture

La surface du revêtement présente aussi une microtexture, afin d'assurer la bonne adhérence des pneumatiques.

15 La microtexture caractérise les irrégularités de surface dont la dimension horizontale caractéristique est inférieure à 0,5 mm, selon la norme NF EN ISO 13473-1.

L'adhérence du revêtement de l'invention vis-à-vis de la circulation, traduisant la qualité de la microtexture, doit persister après un polissage, et peut être exprimée :

- en termes de coefficient de frottement  $\mu_{WS}$ , mesuré avec une machine  
20 Wehner und Schulze. Une telle machine procède tout d'abord jusqu'à 180 000 cycles de polissage de la surface à mesurer (disque de diamètre 225 mm), obtenus par trois cônes sous un mélange d'eau et de silice. Dans un second temps le dispositif accélère une tête supportant trois patins à base caoutchoutique d'une taille 30 mm x 14,5 mm chacun jusqu'à 3000 tours par minute, ce qui correspond à une vitesse tangentielle de 100 km/h.  
25 De l'eau à 10 °C est pulvérisée sur la surface à caractériser jusqu'à ce qu'un film d'eau d'épaisseur théorique 0,5 mm soit formé. A ce moment, les patins sont appliqués sur la surface à mesurer avec une pression de 0,2 N.mm<sup>-2</sup>, équivalent à une pression de pneumatique de 2 bars. Le coefficient de frottement  $\mu_{WS}$  est calculé à la vitesse de 60 km/h, et peut être ramené en termes de polished stone value PSV ;

30 - en termes de Polished Stone Value (PSV), en utilisant un patin de frottement tel que décrit dans la norme NF EN 1097-8. Le revêtement selon l'invention

présente avantageusement une valeur de PSV selon la norme NF EN 13043 d'au moins PSV<sub>44</sub>, préférentiellement PSV<sub>50</sub>, et idéalement PSV<sub>53</sub>.

#### Caractère irrégulier de la texture

Le revêtement selon l'invention présente une surface extérieure macrotexturée  
5 irrégulièrement et également microtexturée irrégulièrement.

Il faut comprendre que le relief de la macrotexture ou de la microtexture ne se reproduit pas à l'identique, en raison de l'emploi d'éléments texturants n'ayant pas la même forme ni la même taille, n'étant pas calibrés. Le relief peut présenter un caractère aléatoire, aussi bien au niveau de sa macrotexture que de sa microtexture. Les éléments  
10 texturants sont par exemple des éclats ou grains de verre, comme précisé plus loin.

#### Description détaillée

L'invention pourra être mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, d'exemples de mise en œuvre non limitatifs celle-ci, et à l'examen du dessin  
15 annexé, sur lequel :

- la figure 1 représente de façon schématique, en coupe prise dans l'épaisseur, un exemple de chaussée équipée d'une structure photovoltaïque selon l'invention,
- les figures 2 et 3 sont des vues analogues à la figure 1, de variantes de  
20 réalisation de la structure photovoltaïque,
- les figures 4A à 4E illustrent la réalisation d'une structure et son utilisation selon un exemple de mise en œuvre de l'invention, et
- les figures 5A à 5E et 6A à 6D sont des vues analogues aux figures 4A à 4E, de variantes de mise en œuvre de l'invention.

25 Sur le dessin, les proportions relatives des différents éléments constitutifs n'ont pas toujours été respectées, dans un souci de clarté. De même, les éléments texturants ont été représentés très schématiquement, en nombre réduit, pour simplifier le dessin. Les éléments de connexion électrique, conventionnels, n'ont pas été représentés.

Un premier exemple de structure photovoltaïque 10 selon l'invention est  
30 représenté à la figure 1. La structure 10 comporte un ou plusieurs modules 11 à cellules photovoltaïques et un revêtement transparent 12 recouvrant ce ou ces modules 11.

Le revêtement 12 protège mécaniquement les cellules photovoltaïques tout en permettant la circulation des piétons et véhicules et sa transparence permet une production d'énergie électrique par les modules 11.

La structure 10 présente une surface extérieure 13 granuleuse, irrégulière, 5 présentant de préférence un relief aléatoire.

Le revêtement 12 est par exemple formé, comme illustré, d'un liant 14, encore appelé matrice, dans lequel sont incrustés des éléments texturants 16 transparents, tels que des granulats formés d'éclats de verre ou de grains de verre, donnant son aspect granuleux à la surface extérieure 13. La texture du revêtement peut également être réalisée par 10 structuration de la surface, sans inclusion de granulats dans le liant.

Les termes « transparent », « translucide » et « non opaque » sont considérés comme synonymes dans le cadre de la présente invention.

La texture du revêtement 12 garantit une tenue de route similaire aux routes « classiques », avec de préférence des valeurs de PMT et PSV telles que définies plus haut.

15 Les modules photovoltaïques 11 peuvent être flexibles ou semi-rigides, voire rigides.

Une couche d'accroche 17 peut assurer la fixation du ou des modules 11 sur la route R, qui peut être neuve ou existante.

L'exemple de la figure 1 correspond à la première modalité d'exécution de 20 l'invention, définie plus haut, selon laquelle le revêtement 12 s'étend au-dessus du ou des modules photovoltaïques 11 et ne s'interpose pas entre ces derniers et la route sous-jacente. D'autres variantes seront décrites plus loin.

Quelles que soient les réalisations, le liant utilisé présente de préférence un taux de transparence allant de 80 à 100%.

25 De préférence, on choisit le matériau du revêtement de telle sorte que celui-ci reste transparent dans le temps, ce dont on peut s'assurer *via* des tests de vieillissement en enceinte climatique, en suivant par exemple la norme NFT 30-049. Le revêtement ne perdra pas plus de 20% après 5 jours de vieillissement au WOM (« weather o meter ») selon la norme NFT 30-049 et de préférence pas plus de 10% de sa transparence initiale.

30 La structure illustrée à la figure 1 peut être réalisée en répandant le liant à l'état fluide sur la surface des modules photovoltaïques 11, et avant que le liant ne durcisse, les

éléments texturants 16 (de préférence sous forme de granulats transparents de forme irrégulière) peuvent être répandus à refus sur la surface.

Le dosage en liant peut être réalisé selon le savoir-faire routier traditionnel afin d'emprisonner les inclusions formées par les éléments texturants, de préférence à mi-  
5 hauteur environ.

### **Exemples de réalisation du revêtement**

Selon un premier exemple de réalisation du revêtement, le liant est de type bitumineux tel que défini dans la norme NF EN 12591, clair c'est-à-dire dépigmenté, dont  
10 les classes de pénétrabilité déterminées selon la méthode EN 1426 peuvent être, sans limitation, 160/220, 100/150, 70/100, 50/70, 40/60, 35/50, 30/45 ou 20/30 (en dixième de millimètre). On citera par exemple le liant Bituclair commercialisé par la société Colas.

Selon un second exemple de réalisation du revêtement, le liant est un liant routier clair de synthèse ou d'origine végétale dont les classes de pénétrabilité déterminées  
15 selon la méthode EN 1426 peuvent être, sans limitation, 160/220, 100/150, 70/100, 50/70, 40/60, 35/50, 30/45 ou 20/30 (en dixième de millimètre). On citera par exemple les liants Végécol ou Végéclair commercialisés par la société Colas.

Selon un troisième exemple de réalisation du revêtement, le liant est de nature purement synthétique ou d'origine végétale, le liant étant de préférence de nature  
20 organique, préférentiellement de nature polymérique. On citera à titre d'exemple et sans limitation une résine acrylique, époxy ou polyuréthane, comme les vernis époxydiques dits Vernis D commercialisés par la société Résipoly, ou encore un polyuréthane Sovermol commercialisé par la société BASF.

Les liants utilisés dans l'invention peuvent comprendre des initiateurs ou des  
25 catalyseurs, notamment pour accélérer le durcissement. Ils peuvent aussi comprendre des additifs, épaississants, fluxants ou autres pour faciliter l'épandage et l'obtention d'une surface filmogène d'épaisseur contrôlée.

Les liants utilisés présentent une bonne tenue aux UV (tant en termes de transparence que de propriétés mécaniques), à l'eau, à la chaleur, au froid et au gel, ce que  
30 l'on peut vérifier en enceinte climatique en suivant par exemple la norme NFT 30-049, ainsi qu'une bonne adhérence aux éléments texturants 16 et à la surface des modules photovoltaïques 11. De plus, ces liants possèdent avantageusement une flexibilité proche

du complexe composé par la surface de roulement de la route existante et des modules photovoltaïques, à savoir idéalement un module élastique compris entre 0,1 et 10 GPa.

Les exemples de revêtements donnés ci-dessus valent pour toutes structures selon l'invention.

5

### **Exemples d'éléments texturants**

La réalisation d'une monocouche d'éléments texturants 16 est préférable pour des questions de performances photovoltaïques, car la transmission optique chute avec l'épaisseur de matériau.

10 Le choix de la nature, de la granulométrie, du facteur de forme et de la densité en surface des éléments texturants vise à obtenir :

- une bonne angularité, autorisant une bonne adhérence entre les pneumatiques et la chaussée, dans des conditions sèches ou humides : la macrotexture ainsi obtenue permet l'évacuation de l'eau sous le pneumatique, tandis que la microtexture  
15 contribue à l'adhérence ; une texture aléatoire définie par des éléments texturants de forme aléatoire ou reproduisant le relief d'éléments texturants de forme aléatoire est de ce point de vue avantageuse ;

- une résistance à l'abrasion pour conserver au fil du temps la qualité de la tenue de route recherchée ; l'utilisation en tant qu'éléments texturants de matériaux  
20 minéraux, de grande dureté, est avantageuse de ce point de vue ;

- un bon état de surface pour assurer une adhésion au liant correcte ; l'utilisation de granulats de forme irrégulière, notamment aléatoire peut contribuer au bon accrochage de ceux-ci à la matrice ;

- une bonne transparence, pour conserver les performances photovoltaïques.

25 Les éléments texturants sont avantageusement des matériaux transparents (verre, polycarbonate...), préférentiellement en verre, éclats ou grains, préférentiellement des grains de verre (verre neuf ou recyclé concassé).

La taille de ces éléments, discriminée au tamis, peut être mono ou poly disperse, et aller de 0,1 à 10 mm, mieux de 0,4 à 4 mm, et préférentiellement encore d'une  
30 taille allant de 0,9 à 1,4 mm.

Afin d'obtenir le niveau en macrotexture souhaité, la densité en surface de ces éléments texturants en surface du revêtement est comprise de préférence entre 0,1 et 5kg/m<sup>2</sup>, et avantageusement entre 0,7 et 1,5kg/m<sup>2</sup>.

Le facteur de forme de ces éléments structurants, c'est-à-dire le rapport pour un  
5 élément entre sa plus grande longueur et sa plus petite largeur, est de préférence inférieur ou égal à 8 et de préférence compris entre 1 et 3.

La profondeur moyenne de texture PMT de tels éléments avoisine de préférence 0,8 mm et répond au seuil idéal de 0,6 mm, tandis qu'en termes d'adhérence et de résistance au polissage, après 180 000 cycles de polissage à la machine Wehner und  
10 Schultze, les éléments texturants présentent de préférence un coefficient de frottement  $\mu_{ws}$  de 0,4, dépassant le seuil  $\mu_{ws}=0,30$  d'une Polished Stone Value 50.

Les exemples d'éléments texturants ci-dessus valent pour toutes les réalisations.

Les modules photovoltaïques 11 peuvent être minces, flexibles ou semi-rigides  
15 (par exemple des modules photovoltaïques de marque Unisolar) et être collés à même la surface d'une route réalisée en enrobés ou en béton de ciment. La face arrière des modules 11 est de préférence suffisamment rigide et solide pour protéger les cellules photovoltaïques contre tout poinçonnement par les aspérités de surface de la route existante (par exemple par les têtes de granulats), tout en épousant l'évolution de la topographie de  
20 surface des routes (par exemple suite à la formation d'ornières ou une fissuration). Par exemple, la face arrière des modules 11 est définie par une résine fluorée telle que de l'éthylène-tétrafluoroéthylène, par exemple celle commercialisée sous la dénomination Tefzel par la société DuPont, de préférence d'épaisseur 0,2 à 5 mm.

La chaussée peut être neuve ou existante, étant de préférence réalisée à partir  
25 de formules d'enrobés peu ornierantes, de sorte que la topographie de la surface de la route n'évolue que faiblement au fur et à mesure du passage des véhicules.

Le collage des modules 11 à la surface de la route R est réalisé avec la couche d'accroche 17, laquelle peut être formée de colles industrielles spéciales, ou encore d'un liant bitumineux, éventuellement renforcé par un ajout d'un polymère tel que du SBS, à  
30 chaud ou en émulsion.

Dans une première réalisation, la colle ou le liant bitumeux formant la couche d'accroche 17 est directement répandu sur la surface de la route R, étalé en couche mince,

puis les modules photovoltaïques 11 y sont déposés alors que la colle n'a pas durcie ou que le liant bitumineux est encore visqueux et collant.

Dans une seconde réalisation, le liant destiné à former la couche d'accroche 17 est déposé en usine sur la face inférieure des modules photovoltaïques 11, face qui peut  
5 être brute ou avoir subi un traitement plasma ou corona pour promouvoir une meilleure adhésion au liant ; le complexe ainsi obtenu est alors collé sur la route R par un réchauffage léger du liant au dos des modules 11. Le complexe correspondant à cette deuxième réalisation peut être posé sur une route neuve ou existante.

On va maintenant décrire, en se référant à la figure 2, une structure  
10 photovoltaïque 10 selon la seconde modalité d'exécution de l'invention définie plus haut, dans laquelle la ou les cellules photovoltaïques 11 sont encapsulées dans le revêtement 12. Ce dernier peut également être fixé sur la route R par une couche d'accroche 17, à l'instar de l'exemple précédemment décrit en référence à la figure 1.

L'encapsulation assure la protection (mécanique, hygrométrique, étanchéité...)  
15 des cellules photovoltaïques.

L'encapsulation est de préférence réalisée en prépositionnant la ou les cellules photovoltaïques 11 au sein d'un moule comme illustré aux figures 4A, 5A ou 6A, et détaillé ci-après. Ensuite, la structure 10 est démoulée et peut être fixée sur la route existante R grâce à la couche d'accroche 17.

Pour réaliser la texture de surface du revêtement, dans un premier mode de  
20 réalisation, illustré sur les figures 4A à 4E, des éléments texturants 16 tels que des granulats transparents sont répandus à refus sur le fond d'un moule, de préférence sous la forme d'une monocouche, dans ce qui sera ensuite la face de roulement de la structure. Un liant transparent 14 est ensuite injecté ou versé dans le moule. Une fois que ce matériau a  
25 atteint sa dureté et ses propriétés mécaniques finales, les granulats sont solidarisés au contenu du moule et assurent la texturation de surface recherchée.

Dans un second mode de réalisation, illustré sur les figures 5A à 5E, le liant transparent 14 est d'abord injecté ou versé dans le moule (figure 5B), puis les éléments texturants tels que des granulats transparents sont répandus sur la surface libre du moule  
30 (figure 5C), alors que le matériau injecté ou coulé n'a pas atteint ses propriétés finales et se présente encore comme un fluide visqueux. Les éléments texturants peuvent être enfoncés dans le liant *via* une contrainte mécanique ou s'enfoncer par le biais de leur propre poids ;

il est encore possible de chauffer les éléments texturants pour faire fondre le liant en leur voisinage immédiat. Une fois que le liant 14 a atteint sa dureté et ses propriétés mécaniques finales, les granulats sont solidarités au contenu du moule et assurent la texturation de surface recherchée (figure 5D).

5                   Ces deux premiers modes de réalisation utilisent des éléments texturants 16 ajoutés au liant 14 pour donner au revêtement 12 la texture recherchée, de préférence sous la forme d'une monocouche.

                  Dans un troisième mode de réalisation, illustré à la figure 3 et sur les figures 6A à 6D, la face inférieure 45 du moule M est texturée et la texture recherchée est donnée  
10                   par la forme de cette face inférieure. Cette face du moule peut reproduire une empreinte de texture routière irrégulière, aléatoire, par exemple celle d'un enduit superficiel présentant une bonne adhérence aux pneumatiques. Après démoulage, on obtient une surface de roulement avec des éléments de relief 36 donnant la macrotexture et la microtexture recherchées.

15                   Dans une quatrième réalisation, on :

- dépose un film en polymère transparent, d'épaisseur donnée, sur la ou les cellules photovoltaïques,

- dépose à sa surface des éléments texturants, notamment des granulats de forme irrégulière, mieux aléatoire, les éléments texturants étant de préférence disposés  
20                   selon une monocouche, et l'on soumet ces éléments à un laminateur à chaud et sous pression. La chaleur assure le ramollissement du film et permet aux granulats de s'y incruster.

                  Comme encapsulant utilisable pour réaliser l'invention selon la deuxième modalité d'exécution, on peut utiliser tout matériau transparent (taux de transparence entre  
25                   80 et 100%) capable d'être versé ou injecté dans un moule, au sein duquel ont été prépositionnées des cellules photovoltaïques.

                  Le rôle du liant est de protéger mécaniquement les cellules photovoltaïques, de permettre le maintien des éléments texturants éventuels qui vont donner à la surface sa texture, et donc permettre la tenue de route recherchée, tout en étant et en restant  
30                   transparents dans le temps (en répondant au test de vieillissement en enceinte climatique selon la norme NFT 30-049 par exemple).

Le liant peut être le même que selon la première modalité de mise en œuvre de l'invention (voir le chapitre « Exemples de réalisation du revêtement » plus haut) et présenter les mêmes caractéristiques.

Ainsi, selon un premier exemple, le liant est de type bitumineux tel que défini  
5 dans la norme NF EN 12591, clair (dépigmenté), dont les classes de pénétrabilité déterminées selon la méthode EN 1426 peuvent être, sans limitation, 160/220, 100/150, 70/100, 50/70, 40/60, 35/50, 30/45 ou 20/30 (en dixième de millimètre). On citera par exemple le liant Bituclair commercialisé par la société Colas.

Selon un second exemple, le liant est un liant routier clair de synthèse ou  
10 d'origine végétale dont les classes de pénétrabilité déterminées selon la méthode EN 1426 peuvent être, sans limitation, 160/220, 100/150, 70/100, 50/70, 40/60, 35/50, 30/45 ou 20/30 (en dixième de millimètre). On peut utiliser les liants Végécol ou Végéclair commercialisés par la société Colas.

Selon un troisième exemple, le liant est de nature purement synthétique ou  
15 d'origine végétale, de préférence de nature organique, préférentiellement de nature polymérique. On citera à titre d'exemple et sans limitation une résine acrylique, époxy ou polyuréthane, comme les vernis époxydiques dit Vernis D commercialisés par la société Résipoly, ou encore un polyuréthane Sovermol commercialisé par la société BASF.

Les éléments texturants peuvent être les mêmes que ceux listés au chapitre  
20 « Exemples d'éléments texturants ». Le choix de la nature et de la granulométrie de ces inclusions répond aux mêmes critères que ceux définis plus haut. A titre d'exemple, des granulats en verre, d'une taille comprise entre 0.9 et 1.4mm, peuvent être utilisés comme éléments texturants en combinaison avec du polyuréthane de type Sovermol comme liant. Le taux de transparence d'un tel revêtement est compris entre 60 et 95% à 600nm et  
25 idéalement à 95%. Les valeurs de PSV sont de préférence d'au moins PSV<sub>44</sub>, mieux PSV<sub>50</sub>, encore mieux PSV<sub>53</sub>, et la profondeur moyenne de texture PMT est de préférence comprise entre 0,2 et 3 mm.

En fonction des objectifs de transparence et de protection mécanique, l'épaisseur de la structure photovoltaïque 10 selon l'invention va par exemple de 0,5 à 30  
30 mm, idéalement de 0,6 à 12 mm. Il n'est pas nécessaire que les épaisseurs de liant au-dessus et en dessous des modules ou des cellules photovoltaïques 11 soient identiques.

Le collage de la structure photovoltaïque selon cette deuxième modalité d'exécution de l'invention à la surface de la route peut être réalisé avec des colles industrielles spéciales, ou encore avec un liant bitumineux, éventuellement renforcé par un ajout d'un polymère tel que du SBS, à chaud ou en émulsion.

5 Dans une première réalisation, le liant est directement répandu sur la surface de la route, étalé en couche mince, puis la structure photovoltaïque préfabriquée y est déposée alors que la colle n'a pas durcie ou que le liant bitumineux est encore visqueux et collant.

Dans une seconde réalisation, le liant est déposé en usine sur la face inférieure de la structure photovoltaïque préfabriquée, face qui peut être brute ou avoir été traitée par  
10 plasma ou effet corona pour promouvoir une meilleure adhésion du liant ; la structure photovoltaïque est alors collée sur la route par un réchauffage léger du liant présent au dos de celle-ci.

La face avant peut être réalisée lors de la fabrication de la structure photovoltaïque en usine.

15 La face de roulement peut aussi être réalisée sur le chantier routier, après avoir étalé les modules ou les cellules photovoltaïques sur les premières couches bitumineuses.

Une structure photovoltaïque selon l'invention peut encore être proposée sous la forme d'un complexe déroulable à grand rayon de courbure, texturé, que la face supérieure (après déroulement) soit déjà prétexturée ou que l'on y adjoigne une couche à  
20 base de liant transparent portant des éléments texturants tels que des granulats transparents. Le complexe peut inclure des pistes et des connectiques électriques souples. Un engin de chantier peut être utilisé pour dérouler le complexe sur une route existante.

Dans une troisième réalisation, le revêtement est avantageusement réalisé par imprégnation à l'aide d'un rouleau. La structure photovoltaïque est disposée sur la route à  
25 recouvrir, et un rouleau préalablement imprégné de liant, notamment de résine, est passé sur la structure à la façon d'une application de peinture.

### **Chaussée**

De façon générale, la chaussée peut être neuve ou existante, mais de préférence réalisée à partir de formules d'enrobés peu orniérantes, de sorte que la topographie de la  
30 surface de la route n'évolue que faiblement au fur et à mesure du passage des véhicules. La chaussée peut être une route, une autoroute, un trottoir.

**Utilisation de l'énergie électrique produite**

L'énergie électrique produite par une structure photovoltaïque selon l'invention peut être utilisée de diverses manières, par exemple dans des écoquartiers, fermes solaires, alimenter de l'éclairage public, la signalisation routière ou la recharge des voitures  
5 électriques, cette liste n'étant pas limitative.

L'invention peut également être utilisée pour tous types d'applications où la notion d'adhérence est importante ou pour des motivations esthétiques.

L'expression « comportant un » doit être comprise comme étant synonyme de « comportant au moins un ».

## REVENDECATIONS

1. Structure photovoltaïque, comprenant :

- au moins une cellule photovoltaïque, et

5        - un revêtement non opaque, recouvrant au moins la face avant de ladite cellule photovoltaïque et présentant une surface extérieure qui est macrotexturée irrégulièrement et microtexturée irrégulièrement, avec une profondeur moyenne de texture PMT mesurée selon la norme NF EN 13036-1 comprise entre 0,2 mm et 3 mm et une valeur de résistance au polissage PSV selon la norme NF EN 13043 d'au moins PSV<sub>44</sub>, la texture de la surface  
10        extérieure étant définie au moins partiellement par des éléments texturants non opaques ayant une taille allant de 0,4 à 4 mm, les éléments texturants non opaques étant de forme irrégulière ou aléatoire.

2. Structure selon la revendication 1, dans laquelle la profondeur moyenne de texture PMT est  
15        d'au moins 0,30 mm.

3. Structure selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle le revêtement a un taux de transparence supérieur à 50% dans une plage de 100 nm autour du pic d'efficacité des cellules photovoltaïques.

20        4. Structure selon la revendication 3, dans laquelle le taux de transparence supérieur à 50% est dans la plage 500-700 nm.

5. Structure selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle le revêtement  
25        comprend une matrice non opaque.

6. Structure selon la revendication 5, dans laquelle la matrice non opaque a un module élastique compris entre 0,1 et 10 GPa.

30        7. Structure selon la revendication 5 ou 6, dans laquelle la cellule photovoltaïque est enrobée par la matrice.

8. Structure selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, dans laquelle la texture de la surface extérieure est définie au moins partiellement par la matrice.

9. Structure selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, dans laquelle la matrice comprend des matériaux d'origine synthétique ou végétale, des liants bitumineux, des liants routiers clairs de synthèse ou d'origine végétale, ou des liants polymériques.

5 10. Structure selon la revendication 9, dans laquelle les liants bitumineux sont de classe de pénétrabilité selon la norme EN 1426 160/220, 100/150, 70/100, 50/70, 40/60, 35/50, 30/45 ou 20/30, en dixième de mm.

10 11. Structure selon la revendication 9, dans laquelle les liants routiers sont de classe de pénétrabilité selon la norme EN 1426 160/220, 100/150, 70/100, 50/70, 40/60, 35/50, 30/45 ou 20/30, en dixième de mm.

12. Structure selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans laquelle les éléments texturants en surface du revêtement ont une densité comprise entre 0,1 et 5 kg/m<sup>2</sup>.

15

13. Structure selon la revendication 12, dans laquelle la densité en éléments texturants est comprise entre 0,7 et 1,5 kg/m<sup>2</sup>.

20 14. Structure selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, dans laquelle les éléments texturants ont un facteur de forme inférieur à 8.

15. Structure selon la revendication 14, dans laquelle ledit facteur de forme est compris entre 1 et 3.

25 16. Structure selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, dans laquelle les éléments texturants sont disposés selon une monocouche.

30 17. Structure selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, dans laquelle les éléments texturants comprennent des granulats de matériaux transparents ou translucides, organiques ou minéraux.

18. Structure selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, dans laquelle les éléments texturants ont une taille allant de 0,9 à 1,4 mm.

19. Structure selon l'une quelconque des revendications 1 à 18, comprenant en outre une couche d'un polymère sous la cellule photovoltaïque.

20. Structure selon la revendication 19, dans laquelle ledit polymère est fluoré.

5

21. Structure selon la revendication 19 ou 20, dans laquelle la couche dudit polymère est d'une épaisseur allant de 0,2 à 5 mm.

10

22. Structure selon l'une quelconque des revendications 1 à 21, dans laquelle la valeur de résistance au polissage PSV est  $PSV_{50}$ .

23. Structure selon l'une quelconque des revendications 1 à 21, dans laquelle la valeur de résistance au polissage PSV est  $PSV_{53}$ .

15

24. Structure selon l'une quelconque des revendications 1 à 23, dans laquelle profondeur moyenne de texture PMT est d'au moins 6 mm.

25. Chaussée équipée d'une structure photovoltaïque telle que définie dans l'une quelconque des revendications 1 à 24.

20

26. Procédé de fabrication d'une structure photovoltaïque comportant:

- au moins une cellule photovoltaïque ; et
- un revêtement non opaque, recouvrant au moins la face avant de ladite cellule

25

photovoltaïque et présentant une surface extérieure qui est macrotexturée irrégulièrement et microtexturée irrégulièrement, avec une profondeur moyenne de texture PMT mesurée selon la norme NF EN 13036-1 comprise entre 0,2 mm et 3 mm et une valeur de résistance au polissage PSV selon la norme NF EN 13043 d'au moins  $PSV_{44}$ , comportant les étapes consistant à:

30

- disposer des éléments texturants dans le fond d'un moule (M),
- disposer une ou plusieurs cellules photovoltaïques dans le moule, et
- injecter ou couler dans le moule un matériau non opaque à l'état fluide pour enrober les cellules photovoltaïques, et retenir les éléments texturants.

27. Procédé de fabrication d'une structure photovoltaïque telle que définie dans l'une quelconque des revendications 1 à 24, comprenant les étapes suivantes :

- disposer une ou plusieurs cellules photovoltaïques dans un moule,
- injecter ou couler dans le moule un matériau non opaque à l'état fluide,
- 5 - avant durcissement dudit matériau pour former ledit revêtement non opaque, incruster à sa surface les éléments texturants.

28. Procédé de fabrication d'une structure photovoltaïque comportant:

- au moins une cellule photovoltaïque ; et
- 10 - un revêtement non opaque, recouvrant au moins la face avant de ladite cellule photovoltaïque et présentant une surface extérieure qui est macrotexturée irrégulièrement et microtexturée irrégulièrement, avec une profondeur moyenne de texture PMT mesurée selon la norme NF EN 13036-1 comprise entre 0,2 mm et 3 mm et une valeur de résistance au polissage PSV selon la norme NF EN 13043 d'au moins PSV<sub>44</sub>, comprenant les étapes
- 15 suivantes :
  - disposer une ou plusieurs cellules photovoltaïques dans un moule dont le fond est texturé, et
  - injecter ou couler dans le moule un matériau non opaque à l'état fluide.

20 29. Procédé de fabrication d'une structure photovoltaïque telle que définie dans l'une quelconque des revendications 1 à 18, comportant les étapes suivantes :

- déposer un film en polymère transparent sur une ou plusieurs cellules photovoltaïques,
- déposer à la surface du film les éléments texturants pour former un ensemble, et
- 25 - soumettre l'ensemble à un lamineur à chaud et sous pression, la chaleur assurant le ramollissement du film et permettant aux éléments texturants de s'y incruster.

30. Structure photovoltaïque convenant à la circulation de piétons et de véhicules, comprenant au moins une cellule photovoltaïque encapsulée dans un revêtement non opaque, présentant

30 une surface extérieure qui est macrotexturée irrégulièrement et microtexturée irrégulièrement, avec une profondeur moyenne de texture PMT mesurée selon la norme NF EN 13036-1 comprise entre 0,2 mm et 3 mm et une valeur de résistance au polissage PSV selon la norme NF EN 13043 d'au moins PSV<sub>44</sub>, la texture de la surface extérieure étant définie au moins partiellement par des éléments texturants non opaques ayant une taille allant de 0,4 à 4 mm,

les éléments texturants non opaques étant de forme irrégulière ou aléatoire, ladite surface extérieure convenant à la circulation de véhicules et de piétons.

31. Utilisation d'une structure photovoltaïque selon l'une quelconque des revendications 1 à 24, dans une chaussée pour la circulation de piétons et de véhicules.

1/4

Fig.1

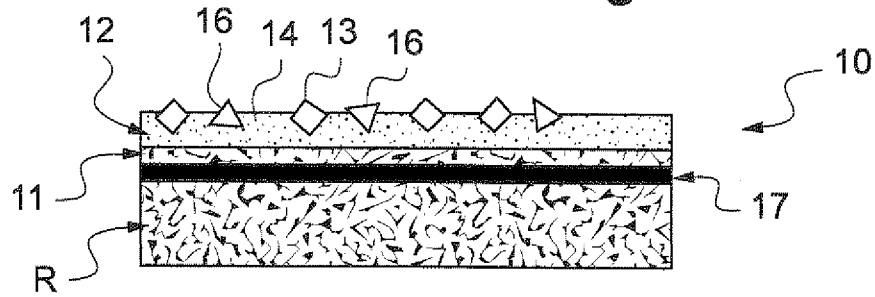


Fig.2

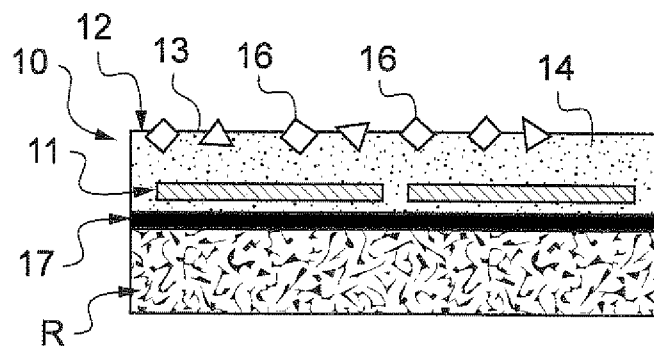
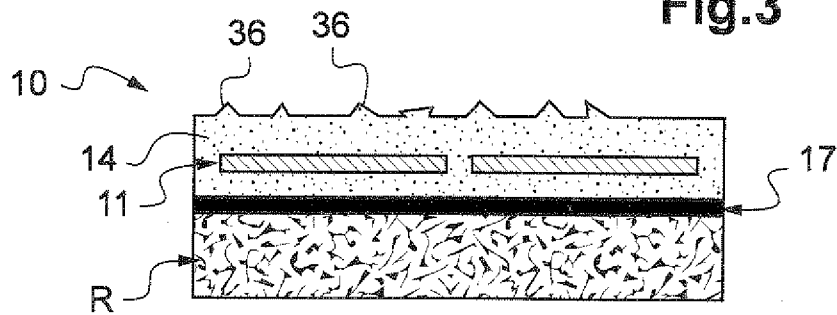


Fig.3



2/4

Fig.4A

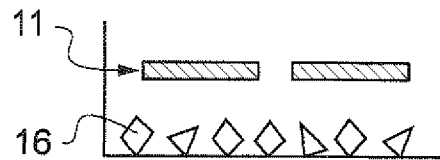
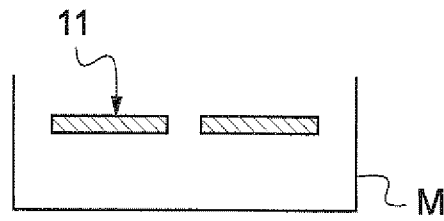


Fig.4B

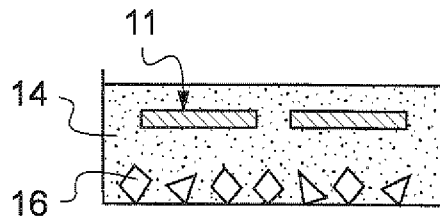


Fig.4C

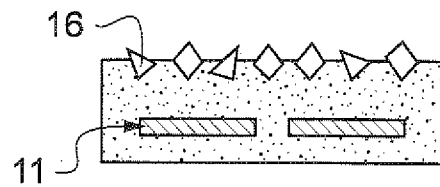


Fig.4D

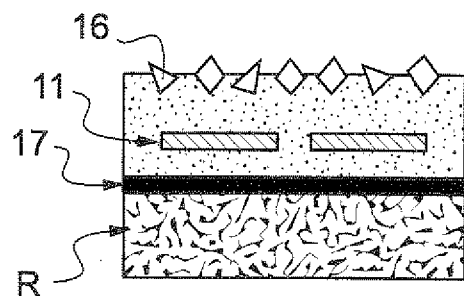
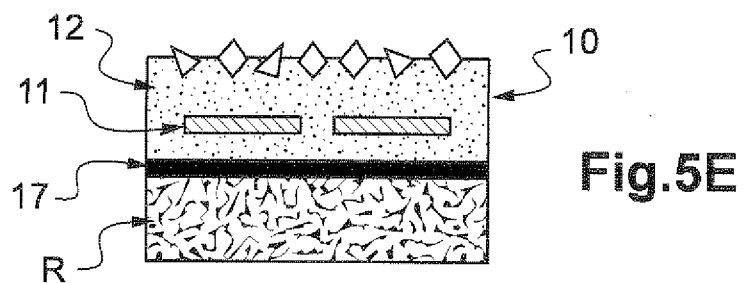
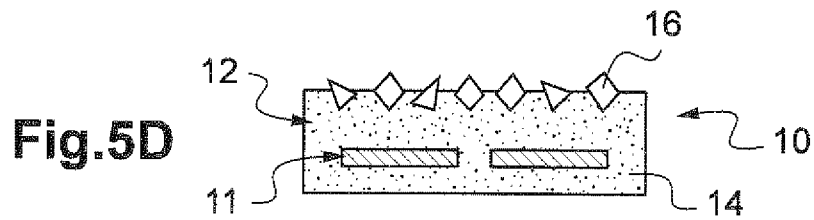
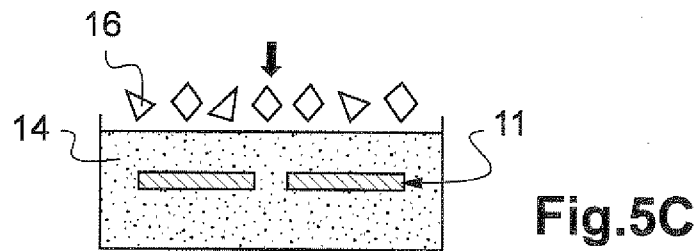
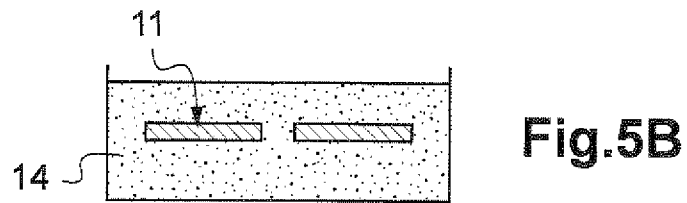
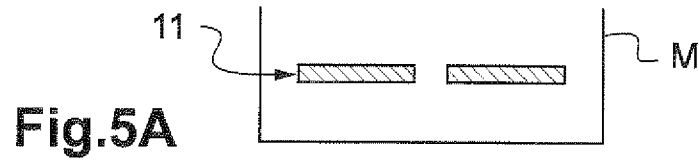
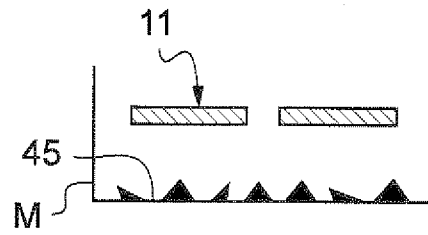
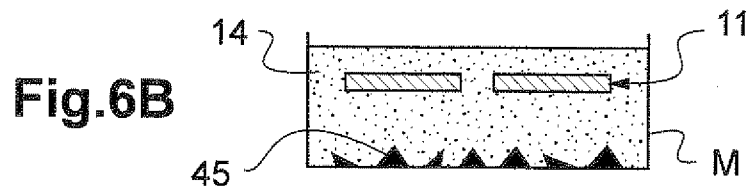
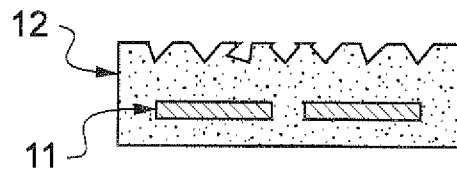
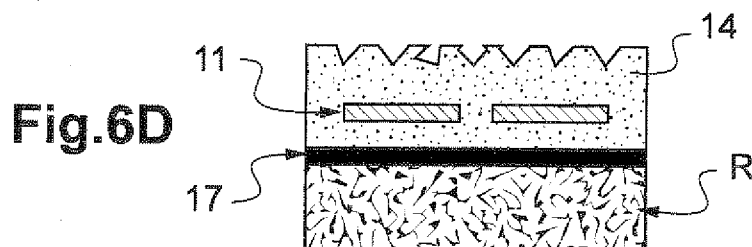


Fig.4E

3/4



**4/4****Fig. 6A****Fig. 6B****Fig. 6C****Fig. 6D**

