

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 118 636

②1 N° d'enregistrement national : **21 00107**

⑤1 Int Cl⁸ : *E 04 B 1/66 (2020.12), B 32 B 27/08, 7/02*

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 07.01.21.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 08.07.22 Bulletin 22/27.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : SAINT-GOBAIN ISOVER Société anonyme — FR.

⑦2 Inventeur(s) : CHENAL Marion et AZEVEDO Joël.

⑦3 Titulaire(s) : SAINT-GOBAIN ISOVER Société anonyme.

⑦4 Mandataire(s) : SAINT-GOBAIN RECHERCHE.

⑤4 Procédé d'amélioration de l'étanchéité à l'air de bâtiments utilisant une membrane à base de biopolymères.

⑤7 L'invention concerne un procédé d'amélioration de l'étanchéité à l'air d'un bâtiment ou d'une pièce d'un bâtiment comprenant l'application d'une membrane pare-vapeur sur la face interne des murs dudit bâtiment ou de ladite pièce d'un bâtiment, caractérisé par le fait que la membrane pare-vapeur est une membrane hygro-régulante comprenant une partie active tricouche constituée de - une couche médiane d'une épaisseur comprise entre 2 µm et 200 µm, de préférence entre 4 µm et 100 µm, constituée d'un biopolymère ayant un coefficient de perméabilité à la vapeur d'eau P1 qui augmente avec l'humidité relative moyenne et qui, lorsqu'il est déterminé à 23 °C et à une humidité relative moyenne de 25,5%, est au moins égal à 300 Barrers, et, de part et d'autre de la couche médiane et en contact avec celle-ci, - deux couches externes d'une épaisseur comprise entre 100 nm et 20 µm, de préférence entre 200 nm et 2,5 µm, constituées indépendamment l'une de l'autre d'un polymère organique présentant un coefficient de perméabilité à la vapeur d'eau P2, déterminé à 23 °C et à une humidité relative moyenne de 25,5 %, au plus égal à 250 Barrers, de préférence compris entre 0,05 et 100 Barrers, en particulier entre 1,0 et 20 Barrers.

FR 3 118 636 - A1



Description

Titre de l'invention : Procédé d'amélioration de l'étanchéité à l'air de bâtiments utilisant une membrane à base de biopolymères

- [0001] La présente invention concerne un procédé d'amélioration de l'étanchéité à l'air de bâtiments ou de pièces de bâtiments utilisant une membrane pare-vapeur tri-couche, comportant une couche médiane hydrophile à base de biopolymère et deux couches extérieures relativement plus hydrophobes que la couche médiane.
- [0002] On connaît depuis de nombreuses années des membranes pare-vapeur hygrorégulatrices, ou hygrorégulantes, dont la perméabilité à la vapeur d'eau varie en fonction de l'humidité de l'air. Pour les raisons expliquées par exemple dans la demande WO96/33321, on cherche à obtenir des membranes qui laissent passer facilement la vapeur d'eau lorsque l'humidité relative (HR) est élevée (70% à 100 % de HR) et qui la bloquent efficacement à faible humidité relative (50 % de HR et moins).
- [0003] De telles membranes, lorsqu'elles sont disposées sur la face interne d'un matériau d'isolation thermique (face tournée vers l'intérieur d'un bâtiment ou d'une pièce), empêchent le plus possible pendant la saison froide et sèche la vapeur d'eau de pénétrer depuis l'intérieur du bâtiment dans l'espace entre la membrane et le mur et de se condenser sur ce dernier (paroi froide). A l'inverse, à la saison chaude, la perméabilité élevée de la membrane permet à l'humidité éventuellement présente dans les éléments structurels du bâti de s'évacuer vers l'intérieur du bâtiment. Cette propriété est particulièrement importante dans le cas des constructions neuves où, lors de l'installation, certains éléments peuvent avoir une teneur en eau très élevée due aux conditions de stockage, mais également dans le cas d'infiltrations d'eau dans des structures existantes. Dans les deux cas, il est important de pouvoir laisser l'ensemble de la structure sécher de manière efficace en été, vers l'extérieur et l'intérieur du bâtiment. Ce besoin est crucial notamment si les éléments composant le système sont propices à la prolifération de microorganismes.
- [0004] De telles membranes pare-vapeur ayant un comportement différencié en fonction des conditions d'humidité relative qui l'entourent sont fréquemment qualifiées d'« intelligentes » (en anglais *smart vapor retarder* (SVR)). Dans la présente demande les adjectifs « hygrorégulateur », « hygrorégulant » et « intelligent » sont utilisés comme des synonymes lorsqu'ils décrivent la variation de la perméabilité à la vapeur d'eau des membranes pare-vapeur.
- [0005] Il est courant d'exprimer la perméabilité à la vapeur d'eau d'une membrane en termes d'« épaisseur d'air équivalente » pour la diffusion de vapeur d'eau (S_d). Cette épaisseur est exprimée en mètres et correspond à l'épaisseur de la couche d'air qui op-

poserait une résistance équivalente à la diffusion de la vapeur d'eau. Par conséquent, plus l'épaisseur d'air équivalente est importante, moins la membrane est perméable à la vapeur d'eau. L'épaisseur d'air équivalente (S_d) peut être déterminée conformément aux normes EN1931 et EN ISO12572.

- [0006] Une membrane pare-vapeur hygrorégulante est généralement considérée comme étant d'autant plus intéressante et performante que son épaisseur d'air équivalente est élevée à faible humidité relative et faible à forte humidité relative.
- [0007] Les membranes pare-vapeur hygrorégulantes disponibles sur le marché et décrites dans l'état de la technique sont généralement à base de polymères organiques synthétiques fabriqués à partir de monomères pétrosourcés.
- [0008] Les polymères les plus fréquemment décrits et utilisés sont les polyamides, notamment le polycaprolactame, le poly(alcool vinylique) (PVOH), les copolymères d'éthylène et d'acétate de vinyle et/ou d'alcool vinylique (EVA et EVOH). Les polymères les plus hydrophiles (PVOH, EVOH) peuvent être associés, dans des structures multi-couches, à de minces couches plus hydrophobes, notamment à base de polyoléfinés, tels que le polyéthylène, le polypropylène et des copolymères d'éthylène et de propylène.
- [0009] On peut citer à titre d'exemples de documents décrivant de telles membranes pare-vapeur « intelligentes » les documents WO2007/010388, WO2006/034381, WO2005/110892, US7008890, US 6808772 et US 6878455.
- [0010] Les recherches qui ont abouti à la présente invention avaient pour but de remplacer les membranes pare-vapeur hygrorégulantes de l'état de la technique à base de polymères pétrosourcés, généralement non biodégradables, par des membranes pare-vapeur hygrorégulantes à base de polymères biosourcés et/ou biodégradables. Ces polymères biosourcés et/ou biodégradables seront appelés ci-après « biopolymères ». Les biopolymères sont de préférence biosourcés, c'est-à-dire à base de matériaux d'origine biologique renouvelables à court terme. Dans un mode de réalisation particulièrement préféré, les biopolymères utilisés dans les membranes de la présente demande sont à la fois biosourcés et biodégradables.
- [0011] Les biopolymères biosourcés englobent à la fois les polymères organiques naturels, présents en tant que tels dans la biomasse, les polymères organiques obtenus par modification physique et/ou chimique de ces polymères naturels, et les polymères organiques synthétiques obtenus par polymérisation d'ingrédients biosourcés.
- [0012] Des membranes à base de tels biopolymères, par exemple à base de cellulose, de chitosane ou encore à base de poly(3-hydroxybutyrate) (PHB) sont connues et ont été utilisées, en remplacement de films à base de polymères synthétiques pétrosourcés, notamment dans le domaine de l'emballage alimentaire où l'on demande généralement aux membranes une perméabilité à la vapeur d'eau relativement indépendante des

conditions d'humidité et de température. Par ailleurs, dans le domaine de l'emballage alimentaire, la durée de vie des films d'emballage est assez limitée et va généralement de quelques jours à quelques semaines, tout au plus à quelques mois. Dans le domaine des membranes pare-vapeur, au contraire, on recherche une durée de vie longue d'au moins plusieurs années, voire de plusieurs dizaines d'années.

- [0013] Les membranes à base de biopolymères sont le plus souvent assez hydrophiles et leur perméabilité à la vapeur d'eau est élevée. L'épaisseur d'air équivalente de ces membranes est généralement inférieure à 1m et sa valeur absolue ne varie que peu avec l'humidité relative de l'atmosphère qui les entoure. Ces membranes restent donc extrêmement perméables à la vapeur d'eau quelles que soient les conditions environnantes.
- [0014] Sans vouloir être lié par une quelconque théorie, on pense que la faible variation de la perméabilité à la vapeur d'eau de ces membranes assez hydrophiles peut être attribuée à l'effet plastifiant de l'eau qui se « dissout » dans la membrane, même à faible humidité. Plus l'humidité ambiante est élevée, plus le matériau de la membrane est plastifié par l'eau et plus la diffusion des molécules d'eau au sein de la membrane est aisée.
- [0015] Le principal inconvénient de ces membranes constituées de biopolymères, en vue d'une possible utilisation en tant que pare-vapeurs hygrorégulants, réside donc dans le fait que leur perméabilité à la vapeur d'eau reste globalement trop élevée à faible humidité relative pour qu'elles puissent fonctionner de manière satisfaisante pendant la saison froide et sèche. Une membrane constituée uniquement de cellulose ne formerait ainsi pas une barrière suffisante à la vapeur d'eau provenant de l'intérieur du bâtiment et n'empêcherait pas assez efficacement la vapeur d'eau de pénétrer dans l'espace entre la membrane et le mur et de se condenser dans le matériau isolant et sur la face interne du mur extérieur.
- [0016] En résumé, les membranes hydrophiles à base de biopolymères utilisées dans le domaine de l'emballage alimentaire restent trop perméables à la vapeur d'eau dans des conditions de faible humidité relative (saison froide). Elles ne sont donc pas assez « intelligentes » pour pouvoir fonctionner correctement en tant que pare-vapeur dans le domaine de l'isolation thermique des bâtiments, en particulier dans l'amélioration de l'étanchéité à l'air et la gestion des flux de vapeur d'eau dans les bâtiments.
- [0017] La présente invention est basée sur la découverte surprenante qu'il est possible d'accroître très significativement « l'intelligence » de membranes à base de biopolymères et de les rendre ainsi compatibles avec une utilisation en tant que membrane pare-vapeur dans le domaine du bâtiment, en appliquant sur chacune de leurs deux faces une très mince couche de polymère hydrophobe, très peu perméable à la vapeur d'eau.

[0018] Cette découverte était d'autant plus surprenante que les polymères hydrophobes déposés sur les deux faces de la membrane en biopolymère, ont une perméabilité à la vapeur d'eau qui est *indépendante* de l'humidité relative ambiante. Autrement dit des membranes constituées uniquement de ces polymères hydrophobes n'auraient aucun caractère hygrorégulant. Il était donc impossible de prévoir que le dépôt de ces mêmes polymères hydrophobes sur les faces d'une membrane en biopolymère(s) hydrophile(s) accroîtrait de manière spectaculaire l'intelligence de cette dernière en lui permettant d'être extrêmement peu perméable à la vapeur d'eau pendant la saison sèche et très perméable à la vapeur d'eau pendant la saison humide.

[0019] La présente demande a ainsi pour objet un procédé d'amélioration de l'étanchéité à l'air d'un bâtiment ou d'une pièce d'un bâtiment comprenant l'application d'une membrane pare-vapeur sur la face interne des parois ou murs dudit bâtiment ou de ladite pièce d'un bâtiment, caractérisé par le fait que la membrane pare-vapeur est une membrane pare-vapeur hygrorégulante comprenant une partie active tricouche constituée de

- une couche médiane d'une épaisseur comprise entre 2 µm et 200 µm, de préférence entre 4 µm et 100 µm, en particulier entre 5 et 50 µm, constituée d'un biopolymère ayant un coefficient de perméabilité à la vapeur d'eau P_1 qui augmente avec l'humidité relative moyenne et qui, lorsqu'il est déterminé à 23 °C et à une humidité relative moyenne de 25,5%, est au moins égal à 300 Barrers,

- et, de part et d'autre de la couche médiane et en contact avec celle-ci,

- deux couches externes d'une épaisseur comprise entre 100 nm et 20 µm, de préférence entre 200 nm et 2,5 µm, constituées indépendamment l'une de l'autre d'un polymère organique présentant un coefficient de perméabilité à la vapeur d'eau P_2 , déterminé à 23 °C et à une humidité relative moyenne de 25,5 %, au plus égal à 250 Barrers, de préférence compris entre 0,05 et 100 Barrers, en particulier entre 1,0 et 20 Barrers.

[0020] Les coefficients de perméabilités P_1 et P_2 sont ceux des polymères formant respectivement la couche médiane et les couches externes. Ils correspondent au rapport du flux massique de vapeur d'eau (Q) qui traverse une zone (A) d'une membrane du polymère à tester ayant une épaisseur (E) donnée, sous l'effet d'une différence de pression de vapeur d'eau (dP) existant de part et d'autre de la membrane.

$$P = (Q \times E)/(A \times dP)$$

[0021] Ils sont déterminés selon le protocole expérimental décrit en détail ci-dessous et sont exprimés en « Barrer », c'est-à-dire que le flux massique Q est exprimé en cm³ (pression et température normales) par seconde, l'épaisseur E est exprimée en cm, l'aire A de la zone traversée est exprimée en cm², et la différence de pression de vapeur d'eau (dP) est exprimée en cm Hg (voir notamment S.A. Stern, *Journal of Polymer*

Science : Part A-2, vol. 6 (1968), pages 1933-1934).

- [0022] La membrane tricouche de la présente invention comporte donc une couche, relativement épaisse, à base d'un biopolymère hydrophile (couche médiane), revêtue sur ses deux faces d'une couche continue d'un polymère hydrophobe (couches externes).
- [0023] Les deux couches externes ont généralement une épaisseur inférieure à celle de la couche médiane. Le rapport de l'épaisseur de la couche médiane à l'épaisseur de chacune des couches externes est avantageusement compris entre 1,5/1 et 1000/1, de préférence entre 2/1 et 500/1, en particulier entre 3/1 et 200/1.
- [0024] Les deux couches externes sont de préférence directement en contact avec la couche médiane, c'est-à-dire l'interface entre les couches est de préférence exempte d'adhésif.
- [0025] Dans le cas, moins préféré, où les couches externes seraient fixées sur la couche médiane au moyen d'un adhésif, ce dernier aurait de préférence un coefficient de perméabilité P_3 supérieur à P_1 et P_2 . Autrement dit, l'adhésif ne devrait pas opposer à la diffusion de la vapeur d'eau une résistance supérieure à celle de chacune des couches constituant la membrane.
- [0026] Les trois couches définies ci-dessus forment la « partie active » des membranes de la présente invention. Cette partie à triple couche est de préférence une membrane obtenue de manière connue par co-extrusion de polymères thermoplastiques formant les trois couches, par thermocollage de films (couches externes) sur la couche médiane, ou par dépôt d'un revêtement sur les deux faces de la couche médiane.
- [0027] Bien que la partie active présente en principe une tenue mécanique lui permettant d'être utilisée seule, c'est-à-dire sans couche de support, il peut être intéressant, en particulier pour des couches actives de faible épaisseur (inférieure à 50 μm), de la renforcer par une structure mécanique perméable à l'air et dont la résistance à la diffusion de la vapeur d'eau est donc négligeable par rapport à celle de la couche active, imperméable à l'air.
- [0028] Dans un mode de réalisation avantageux, la membrane pare-vapeur comprend donc en outre une couche renfort ou de protection perméable à l'air, directement en contact avec la partie active, c'est-à-dire avec l'une des couches externes. Cette couche support peut être une grille, une plaque perforée, une mousse à porosité ouverte ou un textile tissé ou non tissé, perméable à l'air. Il s'agit de préférence d'un textile perméable à l'air, de préférence d'un non-tissé. On peut citer à titre d'exemples de couches de support particulièrement préférées les non-tissés en fibres de polypropylène ou de polyester ou en fibres de verre. La ou les couches de support sont de préférence fixées sur la membrane active, ou couche active, par collage au moyen d'une colle polyuréthane. La présente invention englobe également des membranes où une structure de renfort, telle qu'une grille ou un non-tissé, est incorporée *dans* la partie active de la membrane et plus particulièrement dans la couche médiane.

- [0029] Le coefficient de perméabilité à la vapeur d'eau P_2 du polymère organique constituant les couches externes ne varie pas significativement avec l'humidité relative moyenne. Le rapport $P_{2\text{humide}}/P_{2\text{sec}}$ est généralement compris entre 1,0 et 1,10, de préférence entre 1,0 et 1,05.
- [0030] Comme expliqué en introduction, les biopolymères formant la couche médiane sont des polymères organiques biosourcés et/ou biodégradables. Ils sont de préférence biosourcés.
- [0031] Les biopolymères biosourcés sont de préférence choisis dans le groupe constitué
- des osides,
 - des protéines et
 - des polymères synthétiques obtenus à partir de monomères biosourcés.
- [0032] Les osides englobent les hétérosides dont l'hydrolyse produit des oses et des composés non glucidiques et les holosides qui sont des polymères exclusivement d'oses.
- [0033] On peut citer à titre d'exemples d'osides utilisables pour former la couche médiane de la membrane pare-vapeur de la présente invention ceux choisis dans le groupe constitué d'alginate, carraghénane, cellulose, en particulier cellulose régénérée (hydrate de cellulose), chitine, chitosane, pectine, dextrine, amidon, curdlane, FucoPol, gomme gellane, pullulane et xanthane.
- [0034] Les protéines sont choisies avantagement dans le groupe constitué de gluten, isolat de protéine de soja, zéine, protéines du lactosérum, caséine, collagène et gélatine.
- [0035] La plupart de ces polymères biosourcés, extraits de la biomasse, ont une grande affinité pour l'eau et se dissolvent ou gonflent dans l'eau pour former des hydrogels.
- [0036] Il peut par conséquent être intéressant, voire nécessaire, de les modifier chimiquement afin de réduire leur caractère hydrophile, en particulier de les réticuler afin de les rendre insolubles dans l'eau.
- [0037] On peut citer à titre d'exemples de biopolymères biosourcés modifiés chimiquement les esters de cellulose, en particulier l'acétate de cellulose, les éthers de cellulose (en particulier l'éthylcellulose, hydroxyéthylcellulose), la nitrocellulose, les esters et éthers d'amidon.
- [0038] La troisième catégorie de biopolymères biosourcés est formée par les polymères synthétisés à partir de monomères biosourcés.
- [0039] Ces polymères peuvent être linéaires ou ramifiés, et donc thermoplastiques, ou thermodurcis.
- [0040] On peut citer à titre d'exemples de polymères synthétiques obtenus à partir de monomères biosourcés ceux choisis dans le groupe constitué par les polyhydroxyalkanoates (PHA), en particulier le polyhydroxybutyrate (PHB) et le

poly(hydroxybutyrate-co-hydroxyvalerate) (PHBV), le poly(acide lactique) (PLA), le poly(acide glycolique) (PGA), les poly(lactide-co-glycolide) (PLGA), les polymères obtenus par polymérisation de monomères lipidiques, et les polymères thermodurcis obtenus par réaction de monosaccharides, disaccharides, oligosaccharides et/ou alditols avec un acide polycarboxylique et/ou un polyaldéhyde.

- [0041] Les polymères thermodurcis obtenus par réaction de monosaccharides, disaccharides, oligosaccharides et/ou alditols avec un acide polycarboxylique et/ou un polyaldéhyde sont bien connus dans le domaine des liants pour laines minérales et sont décrits en détail par exemple dans les demandes internationales WO2009/080938, WO2010/029266, WO2013/014399, WO2013/021112 et WO2015/132518 au nom de la Demanderesse.
- [0042] Comme expliqué en introduction, il est également possible d'utiliser des polymères d'origine pétrochimique pour former la couche médiane des membranes de la présente invention du moment où ils sont biodégradables au sens de la norme NF EN 13432.
- [0043] Les biopolymères biodégradables peuvent être choisis avantageusement dans le groupe constitué des polyesters aliphatiques homopolymères tels que la poly(caprolactone) (PCL) et le poly(butylène succinate) (PBS), des copolyesters aliphatiques tels que et le poly(butylène succinate-co-adipate), des copolyesters aromatiques tels que le poly(butylène adipate-co-téréphtalate) (PBAT) et des polyestéramides.
- [0044] Tous les biopolymères constituant la couche médiane présentent un coefficient de perméabilité P_1 , déterminé à 23 °C dans des conditions sèches (environ 25 % d'humidité relative moyenne), supérieur ou égal à 300 Barrers, de préférence compris entre 300 et 50 000 Barrers, en particulier compris entre 400 et 30 000 Barrers, et idéalement entre 500 et 20 000 Barrers.
- [0045] Ce coefficient de perméabilité est déterminé de la manière suivante :
Cinq échantillons d'une même membrane d'épaisseur (E) sont scellés au moyen d'un produit de jointement au-dessus de coupelles d'essai contenant un dessicant (poudre de CaCl_2 imposant une humidité relative dans la coupelle d'environ 1 %). Un gabarit est disposé sur la surface des films préalablement à l'application du produit de jointement, afin de créer une zone d'échange, libre de tout produit de jointement et d'une aire définie (A). Différents produits de jointement peuvent être utilisés. Le produit de jointement est par exemple un mélange de 60 % de cire microcristalline et de 40 % de paraffine cristalline raffinée.
- [0046] Les coupelles ainsi réalisées sont placées dans une chambre d'essai régulée en température (23 °C) et en humidité relative (50 %), également appelée enceinte climatique.
- [0047] Du fait de la différence de pression partielle de vapeur (dP) régnant à l'intérieur des coupelles d'essai et dans la chambre, de la vapeur d'eau migre à travers la zone

d'échange des membranes. Des pesées périodiques des coupelles sont effectuées afin de déterminer les débits de transmission de vapeur d'eau (Q) en régime stationnaire, puis, par calcul, le coefficient de perméabilité à la vapeur d'eau des films considérés, exprimé en Barrer. La moyenne des perméabilités mesurées sur les différents assemblages est alors calculée et correspond au coefficient de perméabilité P_1 sus-mentionné.

- [0048] La couche médiane hydrophile de la membrane pare-vapeur de la présente invention est couverte sur ses deux faces d'une couche continue d'un polymère organique plus hydrophobe et moins perméable à la vapeur d'eau que la couche médiane. Le terme « continu » signifie ici que chacune des couches externes couvre totalement l'une des faces de la membrane médiane de manière à ce que cette dernière ne soit pas en contact avec l'atmosphère. Les deux couches continues peuvent être de même nature chimique et de même épaisseur, ou bien de nature chimique et/ou d'épaisseur différentes l'une de l'autre. Chacune d'elles est directement en contact avec la couche médiane.
- [0049] Le coefficient de perméabilité P_2 de chacune des couches externes est au plus égal à 250 Barrers, de préférence compris entre 0,05 et 100 Barrers, en particulier entre 1,0 et 20 Barrers. Le coefficient de perméabilité est déterminé de la même manière que le coefficient P_1 .
- [0050] Le polymère organique constituant les couches externes est choisi avantageusement dans le groupe constitué de polypropylène, polyéthylène, poly(éthylène-co-propylène), homopolymères et copolymères de monomères vinyliques choisis parmi le chlorure de vinyle, chlorure de vinylidène, fluorure de vinyle, fluorure de vinylidène, tétrafluoroéthylène et acrylonitrile.
- [0051] Une membrane pare-vapeur avec une couche médiane constituée de cellulose, en particulier de cellulose régénérée, et deux couches externes constituées de polyéthylène, de polypropylène, d'un copolymère éthylène-propylène ou de poly(chlorure de vinylidène), de préférence de poly(chlorure de vinylidène), est un mode de réalisation particulièrement préféré de la membrane pare-vapeur utilisée dans le procédé de la présente invention.
- [0052] La partie active de la membrane pare-vapeur utilisée dans le procédé de la présente invention a avantageusement une épaisseur comprise entre 5,0 μm et 240 μm , de préférence entre 10 μm et 120 μm , en particulier entre 15 et 80 μm , ces valeurs correspondant à la partie active (tricouche) de la membrane mais n'englobent pas une éventuelle structure de renfort et/ou de protection.
- [0053] De préférence, le mur ou la paroi de la pièce ou le mur du bâtiment dont il s'agit d'améliorer l'étanchéité à l'air sont isolés, c'est-à-dire recouverts, par un matériau isolant thermique et la membrane pare-vapeur est fixée sur le matériau isolant thermique ou incorporée dans le matériau isolant thermique. Dans un mode de réa-

lisation du procédé d'amélioration de l'étanchéité à l'air d'un bâtiment ou d'une pièce d'un bâtiment, on applique par conséquent la membrane pare-vapeur de la présente invention en une position interne par rapport au matériau d'isolation thermique, de préférence en contact direct avec celui-ci. La fixation peut se faire par n'importe quel moyen approprié n'entamant pas significativement l'étanchéité à l'air de la membrane. Elle peut se faire par exemple par collage, agrafage ou au moyen d'un système de fixation mécanique par crochets et boucles textiles (en anglais *hook and loop fastener*) de type scratch/Velcro®.

[0054] Dans un autre mode de réalisation du procédé de la présente invention, la membrane pare-vapeur est intégrée dans le matériau isolant et fixée au mur de la pièce ou du bâtiment en même temps que celui-ci. La membrane est alors orientée parallèlement aux deux surfaces principales du matériau d'isolation et est située de préférence plus proche de la surface principale tournée vers l'intérieur de la pièce ou du bâtiment que de la surface principale tournée vers le mur.

[0055] Le matériau isolant thermique peut être n'importe quel matériau isolant perméable à la vapeur d'eau et englobe notamment les mousses et les matériaux à base de fibres. Il est de préférence en fibres minérales (laine minérale) ou en fibres organiques naturelles (fibres lignocellulosiques, ouate de cellulose, laine animale), synthétiques (fibres de polyester) ou artificiels. Il est de préférence en laine minérale.

Exemples

[0056] Cinq membranes pare-vapeur ont été soumises à une évaluation de leur perméabilité à la vapeur d'eau dans des conditions humides et sèches.

[0057] Pour cela, chaque membrane a été positionnée de manière à fermer une coupelle en aluminium en utilisant en tant que produit de jointement de la cire de paraffine fondue (mélange de 60 % de cire microcristalline et de 40 % de paraffine cristalline raffinée) pour assurer l'étanchéité. Pour mesurer la perméabilité à la vapeur d'eau en condition sèche, du chlorure de calcium est introduit dans la coupelle avant de la sceller avec la membrane afin d'imposer une humidité relative d'environ 1% à l'intérieur. L'assemblage coupelle/membrane est ensuite introduit dans une enceinte climatique dans laquelle l'humidité relative est fixée à 50% et la température à 23°C, de manière à créer une différence de pression de vapeur d'eau (dP) de part et d'autre de la membrane. On détermine par pesée des coupelles au cours du temps le flux de vapeur d'eau (Q) qui passe au travers de la zone (A) de la membrane d'épaisseur (E) et on calcule le coefficient de perméabilité (exprimé en Barrers) selon la formule

$$P = (Q \times E) / (A \times dP)$$

Le coefficient de perméabilité P_1 ainsi calculé correspond à une humidité relative moyenne de 25,5% ((1%+50%)/2).

[0058] Pour mesurer la perméabilité à la vapeur d'eau en condition humide (90% d'humidité

relative moyenne), on procède de manière analogue, à ceci près que de l'eau liquide est introduite dans la coupelle afin de fixer l'humidité relative à 100%, et l'humidité relative dans l'enceinte climatique est fixée à 80%.

[0059] On détermine également pour chaque membrane l'épaisseur équivalente d'air (S_d) conformément à la norme EN ISO12572.

[0060] La première membrane est une membrane pare-vapeur selon l'invention. Elle est constituée d'une couche médiane en cellulose d'une épaisseur de 17,5 μm prise en sandwich entre deux couches de poly(chlorure de vinylidène) (PVDC) d'une épaisseur de 750 nm chacune. Le coefficient de perméabilité P_1 de la couche médiane en cellulose est de 5600 Barrers à une humidité relative de 25,5% (23 °C) et de 34600 Barrers à une humidité relative de 90 % (23 °C); le coefficient de perméabilité P_2 des couches de PVDC est de 5 Barrers (23 °C). Il ne varie pas en fonction de l'humidité relative.

[0061] Les deuxième et troisième membranes sont constituées uniquement de cellulose et présentent les mêmes coefficients de perméabilité P_1 que la couche médiane de la première membrane.

[0062] La quatrième membrane est une membrane constituée d'une seule couche active de polyamide 6 d'une épaisseur de 40 μm fixée sur un non-tissé en polypropylène. Elle est disponible sur le marché sous la dénomination Vario KM Duplex® (Saint-Gobain Isover)

[0063] La cinquième membrane est une membrane tricouche selon l'état de la technique, avec une partie active constituée d'une couche médiane en copolymère d'éthylène et d'alcool vinylique (EVOH) pris en sandwich entre deux couches de polyamide 6, fixée sur un non-tissé de polypropylène. Cette membrane est disponible sur le marché sous la dénomination Vario Xtra® (Saint-Gobain Isover).

[0064] Les caractéristiques techniques des membranes (composition des couches, épaisseur, épaisseur d'air équivalente dans les conditions sèches et humides) sont rassemblées dans le Tableau 1 ci-dessous.

[0065] [Tableaux1]

| Membrane | | Epaisseur totale | S_d (25,5 % RH) | S_d (90 % RH) |
|----------------|---------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| 1 (invention) | PVDC-cellulose-PVDC | 19 μm | 48 m | 0,12 m |
| 2 (comparatif) | cellulose | 23 μm | 0,35 m | 0,04 m |
| 3 (comparatif) | cellulose | 45 μm | 0,52 m | 0,05 m |
| 4 (comparatif) | Polyamide (PA6) | 40 μm | 4 m | 0,14 m |
| 5 (comparatif) | PA6-EVOH-PA6 | 30 μm | 24 m | 0,22 m |

- [0066] On peut constater que la différence entre l'épaisseur d'air équivalente dans les conditions sèches et humides de la membrane pare-vapeur tricouche selon l'invention (membrane 1) est significativement plus forte que celle de toutes les membranes comparatives (membranes 2 à 5).
- [0067] Les deux membranes de cellulose (membranes 2 et 3), ont une épaisseur d'air équivalente (S_a) inférieure à 1 m, que ce soit dans les conditions humides ou sèches. Elles ne sont pas appropriées en tant que membranes pare-vapeur car leur pouvoir hygro-régulant est insuffisant. Pendant la saison sèche et froide ces membranes laisseraient passer trop d'eau dans l'espace situé entre la membrane et le mur du bâtiment. Ce comportement insuffisamment intelligent est corrigé de manière spectaculairement efficace par la présence des deux minces couches de PVDC.
- [0068] On peut également noter que la membrane selon l'invention (membrane 1) présente une épaisseur totale (19 μm) bien inférieure à celles des parties actives des deux membranes commercialisées par la Demanderesse qui sont respectivement égales à 40 μm (Vario KM Duplex®) et 30 μm (Vario Xtra®). L'excellente performance de la membrane selon l'invention permet par conséquent une réduction des matières premières et par conséquent des coûts.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé d'amélioration de l'étanchéité à l'air d'un bâtiment ou d'une pièce d'un bâtiment comprenant l'application d'une membrane pare-vapeur sur la face interne des murs dudit bâtiment ou de ladite pièce d'un bâtiment, caractérisé par le fait que la membrane pare-vapeur est une membrane hygrorégulante comprenant une partie active tricouche constituée de
- une couche médiane d'une épaisseur comprise entre 2 μm et 200 μm , de préférence entre 4 μm et 100 μm , constituée d'un biopolymère ayant un coefficient de perméabilité à la vapeur d'eau P_1 qui augmente avec l'humidité relative moyenne et qui, lorsqu'il est déterminé à 23 °C et à une humidité relative moyenne de 25,5%, est au moins égal à 300 Barrers,
- et, de part et d'autre de la couche médiane et en contact avec celle-ci, deux couches externes d'une épaisseur comprise entre 100 nm et 20 μm , de préférence entre 200 nm et 2,5 μm , constituées indépendamment l'une de l'autre d'un polymère organique présentant un coefficient de perméabilité à la vapeur d'eau P_2 , déterminé à 23 °C et à une humidité relative moyenne de 25,5 %, au plus égal à 250 Barrers, de préférence compris entre 0,05 et 100 Barrers, en particulier entre 1,0 et 20 Barrers.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le coefficient de perméabilité à la vapeur d'eau P_2 du polymère organique constituant les couches externes ne varie pas significativement avec l'humidité relative moyenne.
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait que le biopolymère formant la couche médiane est un biopolymère biosourcé choisi dans le groupe constitué des osides, des protéines et des polymères synthétiques obtenus à partir de monomères biosourcés.
- [Revendication 4] Procédé selon la revendication 3, caractérisé par le fait que les osides sont choisis dans le groupe constitué d'alginate, carraghénane, cellulose, en particulier cellulose régénérée, chitine, chitosane, pectine, dextrine, amidon, curdlane, FucoPol, gomme gellane, pullulane et xanthane.
- [Revendication 5] Procédé selon la revendication 3, caractérisé par le fait que les protéines sont choisies dans le groupe constitué de gluten, isolat de protéine de soja, zéine, protéines du lactosérum, caséine, collagène et gélatine.
- [Revendication 6] Procédé selon la revendication 4 ou 5, caractérisé par le fait que les osides et protéines sont chimiquement modifiés.

- [Revendication 7] Procédé selon la revendication 3, caractérisé par le fait que les polymères synthétiques obtenus à partir de monomères biosourcés sont choisis dans le groupe constitué par les polyhydroxyalkanoates (PHA), le poly(acide lactique) (PLA), le poly(acide glycolique) (PGA), les poly(lactide-co-glycolide) (PLGA), les polymères obtenus par polymérisation de monomères lipidiques, les polymères thermodurcis obtenus par réaction de monosaccharides, disaccharides, oligosaccharides et/ou alditols avec un acide polycarboxylique et/ou un polyaldéhyde.
- [Revendication 8] Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait que les biopolymères sont des polymères biodégradables choisis dans le groupe constitué des polyesters aliphatiques, copolyesters aliphatiques, copolyesters aromatiques et polyesteramides.
- [Revendication 9] Procédé selon la revendication 8, caractérisé par le fait que les biopolymères biodégradables sont choisis dans le groupe constitué de poly(caprolactone) (PCL), poly(butylène succinate) (PBS), poly(butylène succinate-co-adipate) et poly(butylène adipate-co-téréphtalate) (PBAT).
- [Revendication 10] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le polymère organique constituant les couches externes est choisi dans le groupe constitué de polypropylène, polyéthylène, poly(éthylène-co-propylène), homopolymères et copolymères de monomères vinyliques choisis parmi le chlorure de vinyle, chlorure de vinylidène, fluorure de vinyle, fluorure de vinylidène, tétrafluoroéthylène et acrylonitrile.
- [Revendication 11] Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que la couche médiane est constituée de cellulose et que les deux couches externes sont constituées de polyéthylène, de polypropylène, d'un copolymère éthylène-propylène ou de poly(chlorure de vinylidène), de préférence de poly(chlorure de vinylidène).
- [Revendication 12] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que la partie active de la membrane a une épaisseur comprise entre 5,0 μm et 240 μm , de préférence entre 10 μm et 120 μm .
- [Revendication 13] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que la membrane pare-vapeur comporte en outre une couche de renfort ou de protection qui est en contact avec l'une des couches externes de la partie active.
- [Revendication 14] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le mur du bâtiment ou de la pièce du bâtiment

est recouvert par un matériau isolant thermique et que l'on applique la membrane pare-vapeur en une position interne par rapport au matériau isolant thermique ou que la membrane est intégrée dans le matériau isolant thermique.

[Revendication 15] Procédé selon la revendication 14, caractérisé par le fait que le matériau isolant thermique est en fibres minérales ou organiques, naturelles, synthétiques ou artificielles.