(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** **3 147 859**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **23 03722**

(51) Int Cl[8] : ***F 28 F 13/02*** *(2023.01), F 28 C 3/08, F 24 F 1/006, F 28 F 3/08*

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

(54) Dispositif de climatisation par refroidissement indirect par évaporation.

(22) **Date de dépôt :** 13.04.23.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 18.10.24 Bulletin 24/42.

(45) **Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention :** 18.04.25 Bulletin 25/16.

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

Se reporter à la fin du présent fascicule

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

◯ **Demande(s) d'extension :**

(71) **Demandeur(s) :** *CAELI ENERGIE Société par actions simplifiée* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** Lips Stéphane.

(73) **Titulaire(s) :** CAELI ENERGIE Société par actions simplifiée.

(74) **Mandataire(s) :** INNOV-GROUP.

FR 3 147 859 - B1

Description

Titre de l'invention : Dispositif de climatisation par refroidissement indirect par évaporation

Domaine technique

[0001] Le domaine technique de l'invention est un dispositif de rafraîchissement d'air par refroidissement indirect par évaporation.

ART ANTERIEUR

[0002] Les rafraîchisseurs d'air par refroidissement indirect par évaporation, également désignés par le terme rafraîchisseurs adiabatiques indirects à point de rosée, sont connus depuis plusieurs dizaines d'années.

[0003] Le principe de tels rafraîchisseurs est schématisé sur la [Fig.1]. Il est basé sur l'utilisation d'un évapo-échangeur, au sein duquel l'air entrant (flèche D_1en pointillés sur la [Fig.1]), est rafraîchi, sans humidification, potentiellement jusqu'à son point de rosée. Le rafraîchissement est produit par une circulation de l'air au contact d'une plaque P_1, dite plaque de refroidissement, refroidie par évaporation d'eau. La plaque de refroidissement comporte une face sèche, au contact de laquelle s'écoule l'air à refroidir, et une face, dite mouillée, mouillée par de l'eau, l'eau étant symbolisée par des cercles sur la [Fig.1]. Sur la [Fig.1], la flèche en tirets correspond à l'air à refroidir, la flèche en tirets mixtes représente l'air refroidi ou en cours de refroidissement, la flèche en trait plein correspond à l'air circulant dans le canal humide, et dont l'évaporation entraîne un refroidissement de la plaque. Cette nomenclature est conservée sur la demande.

[0004] Une partie de l'air refroidi, au contact de la face sèche de la plaque de refroidissement, est évacuée, de façon à refroidir une pièce : flèche D_2. Une autre partie de l'air refroidi est réinjectée dans le rafraîchisseur et dirigée de façon à s'écouler au contact de la face mouillée de la plaque de refroidissement : flèche D_3. L'air ainsi réinjecté se réchauffe, en évaporant l'eau présente sur la face mouillée de la plaque de refroidissement : flèche D_4. Il en résulte une baisse de la température de la plaque de refroidissement. L'air ainsi réchauffé, chargé d'humidité, est ensuite évacué à l'extérieur de la pièce.

[0005] Par rapport aux dispositifs de climatisation les plus répandus, un avantage notable de tels rafraîchisseurs est l'absence de fluide frigorigène. Ces dispositifs doivent uniquement être alimentés par de l'eau. Il en résulte un bilan environnemental plus favorable que les climatiseurs usuels, basés sur une compression d'un fluide frigorigène. On sait que les fluides frigorigènes peuvent avoir des conséquences néfastes sur l'environnement.

[0006] Des exemples de dispositif à refroidissement indirect ont été décrits dans WO2016134417 et dans WO2022184871.

[0007] Un aspect important de ce type de dispositif est la nécessité de conserver des faces mouillées, au contact desquelles l'eau puisse être évaporée au contact de l'air, ce qui génère le refroidissement de la plaque. Cela suppose une gestion appropriée d'une phase liquide, par exemple de l'eau, de façon à maintenir une humidité suffisante le long des faces mouillées d'une multitude de canaux. L'invention exposée par la suite répond à ce besoin. .

Exposé de l'invention

[0008] Un premier objet de l'invention est un dispositif de climatisation à refroidissement indirect par évaporation, le dispositif étant destiné à insuffler de l'air refroidi dans une pièce, le dispositif comportant :

- une admission d'air, destinée à admettre de l'air à refroidir ;
- une pluralité de plaques, formant un empilement, les plaques étant espacées les unes des autres selon un axe transversal, chaque plaque comportant une face sèche opposée à une face mouillée, la face mouillée de chaque plaque étant configurée pour être mouillée par de l'eau, chaque plaque étant destinée à être refroidie sous l'effet d'une évaporation d'eau, à partir de la face mouillée;

[0009] le dispositif étant tel que, dans l'empilement :

- deux plaques adjacentes délimitent un canal, le canal étant :
  - soit un canal sec, délimité par deux faces sèches de deux plaques adjacentes,
  - soit un canal humide, délimité par deux faces mouillées de deux plaques adjacentes ;
- les plaques sont disposées de façon à former une alternance entre canaux secs et canaux humides, chaque canal sec étant adjacent d'un canal humide;
- chaque canal sec s'étend, selon un axe longitudinal, entre une entrée d'air ($20_{d,in}$), reliée à l'admission d'air, et une sortie froide ($20_{d,out}$), la sortie froide étant destinée à une évacuation d'air refroidi suite à l'écoulement de l'air dans le canal sec ;
- chaque canal humide (20_w) s'étend selon l'axe longitudinal, entre une entrée humide ($20_{w,in}$) et une sortie humide ($20_{w,out}$), la sortie humide étant destinée à une évacuation d'air humidifié suite à l'écoulement dans le canal humide, le canal humide étant configuré de façon à recevoir une partie de l'air débouchant du canal sec ;

[0010] le dispositif étant caractérisé en ce que :

- chaque canal humide comporte une première structure capillaire, formée d'un premier matériau capillaire, configuré pour être mouillée par de l'eau, la première structure capillaire étant disposée au contact d'au moins une face mouillée délimitant chaque canal humide ;
- au moins une face mouillée de chaque canal humide comporte une deuxième structure capillaire, la deuxième structure capillaire s'étendant à partir de la première structure capillaire, le long de la face mouillée, la deuxième structure capillaire étant plus mince que la première structure capillaire ;
- l'empilement comporte une arrivée d'eau, configurée pour recevoir de l'eau, l'arrivée d'eau étant en contact fluidique avec au moins une première structure capillaire.

[0011] La deuxième structure capillaire peut être formé d'un deuxième matériau capillaire, différent du premier matériau capillaire. Le deuxième matériau capillaire peut être un tissé ou un non tissé ou un papier.

[0012] De préférence, la hauteur de remontée capillaire du premier matériau capillaire est inférieure à la hauteur de remontée capillaire du deuxième matériau capillaire, la hauteur de remontée capillaire correspondant à une hauteur atteinte, par pompage capillaire, dans le premier ou du deuxième matériau disposés verticalement.

[0013] La deuxième structure capillaire peut être formée par une structuration de chaque face mouillée.

[0014] Selon une possibilité, deux premières structures capillaires, s'étendant le long de deux canaux humides adjacents, sont en contact l'une de l'autre, de façon à permettre une circulation de l'eau d'une première structure capillaire à l'autre. Le contact entre les premières structures capillaire peut être effectué par un contact direct ou par un matériau capillaire de liaison.

[0015] Chaque canal humide peut être délimité par deux bordures latérales, s'étendant parallèlement à l'axe longitudinal, chaque canal humide comportant une première structure capillaire s'étendant le long d'au moins une bordure latérale.

[0016] La première structure capillaire d'au moins un canal humide peut s'étendre, selon l'axe transversal, selon une épaisseur supérieure à 0.3 mm et/ou inférieure à 10 mm.

[0017] La deuxième structure capillaire recouvrant les faces mouillées d'au moins un canal humide peut s'étendre, selon l'axe transversal, selon une épaisseur inférieure à 1000 µm.

[0018] Selon une possibilité :

- à chaque canal humide de l'empilement est affecté un rang, le rang étant croissant avec la distance, selon l'axe transversal, par rapport à l'arrivée d'eau ;
- le canal humide de rang 1 est adjacent de l'arrivée d'eau ;

- deux premières structures capillaires successives, disposées respectivement dans deux canaux humides de rangs successifs sont en contact fluidique l'une avec l'autre.

[0019] Le contact fluidique peut être effectué par un contact direct des deux premières structures capillaires successives ou par un matériau auxiliaire, s'étendant entre les deux premières structures capillaires, de façon que lorsque l'axe transversal est vertical, de l'eau, admise à travers l'arrivée d'eau, s'écoule par gravité et par capillarité entre les deux premières structures capillaires successives.

[0020] Le dispositif peut comporter :

- une sortie d'eau configuré pour permettre un écoulement de l'eau s'écoulant de la première structure capillaire de rang maximal ;
- un réceptacle, destiné à recevoir l'eau s'écoulant à travers la sortie d'eau
- une pompe, configurée pour pomper l'eau recueillie dans le réceptacle, de façon à l'admettre l'eau dans l'arrivée d'eau fluidique.

[0021] La pompe peut être configurée pour pomper, de façon séquentielle, l'eau recueillie dans le réceptacle

FIGURES

[0022] La [Fig.1] décrit les principes du refroidissement adiabatique.

[0023] La [Fig.2] montre un exemple d'empilement de plaques, formant des canaux secs et des canaux humides.

[0024] Les figures 3A, 3B, 3C représentent un canal humide selon un mode de réalisation.

[0025] La [Fig.3D] schématise un canal humide selon une variante du mode de réalisation décrit en lien avec les figures 3A à 3C.

[0026] La [Fig.4] montre une vue de dessus d'une face mouillée d'une plaque.

[0027] Les figures 5A à 5E représentent un exemple d'empilement de plaques. Sur les figures 5A à 5E, on fait face à la sortie, dite sortie froide, de chaque canal sec de l'empilement, ainsi qu'à l'entrée, dite entrée humide, de chaque canal humide.

[0028] La [Fig.5F] montre un dispositif comportant quatre empilements.

[0029] La [Fig.6] montre l'empilement schématisé sur les figures 5A à 5E. Sur la [Fig.6], on fait face à la sortie, dite sortie humide, de chaque canal humide de l'empilement, ainsi qu'à l'entrée de chaque canal sec.

EXPOSE DE MODES DE REALISATION PARTICULIERS

[0030] La [Fig.2] montre un détail d'un empilement 2 de plaques d'un dispositif objet de l'invention. Le dispositif est destiné à insuffler de l'air refroidi dans une pièce.

[0031] Par pièce, on entend une enceinte dont on souhaite refroidir l'air. La pièce peut être une pièce d'un bâtiment, de type habitat ou industriel, ou une pièce d'un moyen de transport, par exemple une cabine d'un véhicule.

[0032] La géométrie de l'empilement est similaire à celle décrite dans la demande WO2022184871. Sur la figure 2, on a représenté 4 plaques. L'empilement peut comporter quelques dizaines, voire centaines de plaques, par exemple entre 30 et 1000 plaques 10. Les plaques 10 sont disposées parallèlement les unes aux autres, perpendiculairement à un axe transversal Z. Chaque plaque 10 s'étend parallèlement à un plan P_{XY}. Chaque plaque s'étend, parallèlement à un axe longitudinal X, selon une longueur l, et, parallèlement à un axe latéral Y, selon une largeur L. L'empilement s'étend, parallèlement à l'axe transversal Z, selon une hauteur h. La hauteur h dépend du nombre de plaques. La longueur l, la largeur L et la hauteur h sont matérialisées sur la [Fig.5A]. L'empilement est délimitée par une plaque inférieure et une plaque supérieure.

[0033] Au cours du fonctionnement du dispositif, l'axe Z est supposé vertical, orienté vers le haut, à ± 30° près ou à ± 10° près. Cela permet un écoulement de l'eau par gravité de la plaque supérieure vers la plaque inférieure, comme décrit par la suite.

[0034] Chaque plaque 10 comporte une face mouillée 10_w et une face sèche 10_d. Les faces respectivement sèche et humide d'une même plaque sont opposées, au sens où elles sont distantes de l'épaisseur de la plaque. L'épaisseur de chaque plaque, selon l'axe Z, est la plus faible possible, en prenant en compte les contraintes de tenue mécanique. L'épaisseur dépend du matériau formant la plaque. L'épaisseur peut être comprise entre 10 µm et 1 mm, voire entre 10 µm et 500 µm. L'invention exploite la conduction de la chaleur selon l'axe Z, à travers chaque plaque 10.

[0035] L'empilement est tel que les faces mouillées (respectivement sèches) de deux plaques consécutives se font face. Deux faces mouillées 10_w, se faisant face, et appartenant à deux plaques adjacentes, délimitent un canal humide 20_w. Deux faces sèches 10_d, se faisant face, et appartenant à de deux plaques adjacentes, délimitent un canal sec 20_d.

[0036] Chaque face mouillée 10_w est destinée à être, de façon la plus régulière possible, mouillée par de l'eau. Un aspect important de la demande de brevet concerne la façon dont l'humidité est maintenue sur la plaque.

[0037] Sur la [Fig.2], chaque plaque a été assignée d'un rang n, n étant un entier naturel. n est incrémenté entre deux plaques successives selon l'axe Z, dans le sens inverse de l'axe Z. Ainsi, on a représenté les plaques 10_n, 10_{n+1}, 10_{n+2} et 10_{n+3}. Chaque plaque comporte une face mouillée, indiquée par l'indice w, et une face sèche, indiquée par l'indice d. Les faces mouillées $10_{n,w}$, $10_{n+1,w}$, des plaques respectives 10_n, 10_{n+1} délimitent un canal humide 20_w. Les faces sèches $10_{n+1,d}$, $10_{n+2,d}$, des plaques respectives 10_{n+1}, 10_{n+2} délimitent un canal sec $20_{d.}$. Les faces mouillées $10_{n+2,w}$, $10_{n+3,w}$, des plaques respectives 10_{n+2}, 10_{n+3} délimitent un canal humide $20_{w.}$

[0038] Ainsi, l'empilement est formé d'une alternance entre canaux secs 20_d et canaux humides 20_w. Chaque canal sec s'étend, le long de l'axe longitudinal X, entre une entrée chaude $20_{d,in}$,à travers laquelle s'écoule l'air chaud à refroidir, et une sortie

froide $20_{d,out}$. Le système de ventilation est configuré pour permettre les écoulements de l'air à travers les canaux secs et les canaux humides. La sortie froide $20_{d,out}$ peut être destinée à être raccordée à une évacuation d'air refroidi, configurée pour insuffler l'air refroidi à l'intérieur de la pièce.

[0039] L'air à refroidir est insufflé ou aspiré dans le dispositif par un système de ventilation, non représenté sur la [Fig.2], à travers une admission. Le système de ventilation comporte un ou plusieurs ventilateurs. Dans l'exemple de la [Fig.2], l'air à refroidir est admis parallèlement à un axe longitudinal X.

[0040] Chaque canal sec 20_d est relié à un canal humide 20_w adjacent par une jonction fluidique 20'. Chaque canal humide 20_w s'étend, selon l'axe longitudinal X, entre la jonction fluidique 20' et une sortie humide $20_{w,out}$. La jonction fluidique 20' est disposée entre l'entrée d'air $20_{d,in}$ et la sortie froide $20_{d,out}$, ou au niveau de la sortie froide $20_{d,out}$. La jonction fluidique 20' est avantageusement plus proche de la sortie froide $20_{d,out}$ que de l'entrée chaude $20_{d,in}$. Ainsi, en considérant le sens d'écoulement de l'air dans le canal sec, la jonction fluidique 20' est disposée dans le canal sec 20_d, en amont de la sortie froide $20_{d,out}$ ou au niveau de la sortie froide. Le dispositif 1 est tel que sous l'effet du système de ventilation, une partie de l'air s'écoulant à travers un canal sec 20_d est admis dans un canal humide 20_w lui étant adjacent à travers la jonction fluidique 20'. La jonction fluidique 20' peut être formée par une simple ouverture pratiquée dans la plaque séparant le canal humide du canal sec. Sur les exemples représentés, la jonction fluidique 20' est formée au niveau d'une extrémité longitudinale de la plaque. Une partie de l'air refroidi est alors aspiré dans au moins un canal humide 20_w adjacent du canal sec 20_d, au niveau de la sortie froide $20_{d,out}$.Le débit d'air s'écoulant dans le canal humide 20_w est ajusté par le système de ventilation du dispositif. Cela est facilité par le fait que l'écoulement, dans chaque canal sec, est préférentiellement effectué selon un régime laminaire, la vitesse de l'air étant par exemple comprise entre 0,5 $m.s^{-1}$ et 3 $m.s^{-1}$.

[0041] La jonction fluidique 20', couplée au système de ventilation, peut être telle que 50 à 75 % du débit d'air s'écoule vers la sortie froide $20_{d,out}$, tandis que 25% à 50 % du débit d'air s'écoule à travers la jonction fluidique, vers le canal humide 20_w. On note que l'écoulement d'air à travers chaque canal humide 20_w,représenté par des flèches traits pleins sur la [Fig.2], est effectué dans un sens opposé à l'écoulement d'air dans le canal sec lui étant adjacent, ce dernier étant représenté par une flèche en tirets sur la [Fig.2]. Le dispositif est ainsi configuré pour fonctionner à contre-courant. L'air refroidi, émanant de chaque canal sec, est matérialisé par une flèche en traits mixtes.

[0042] Sur les figures qui suivent, la légende associée aux flèches, représentant les écoulements, est identique : flèche en tirets pour l'air sec, flèches en tirets mixtes pour l'air refroidi, et flèches en trait plein pour l'air humide.

[0043] La longueur l peut être comprise entre 5 cm et 1m, et de préférence entre 10 cm et 30 cm. La longueur l est de préférence :

- inférieure à la largeur L, par exemple au moins 1,5 fois inférieure, voire au moins 2 fois inférieure ou au moins 3 fois inférieure à la largeur L.
- et/ou inférieure à la hauteur h, par exemple au moins 1,5 fois inférieure, voire au moins 2 fois inférieure ou au moins 3 fois inférieure à la hauteur h.

[0044] Deux plaques adjacentes 10_n, 10_{n+1} sont espacées l'une de l'autre, parallèlement à l'axe Z, selon une distance de préférence inférieure à 2 cm, voire inférieure à 1 cm ou 0,5 cm. L'espacement entre deux plaques adjacentes peut avantageusement être compris entre 0,5 mm et 2 mm.

[0045] Les figures 3A à 3C représentent deux plaque 10_n, 10_{n+1} selon un premier mode de réalisation. Sur la [Fig.3A], on distingue la face sèche $10_{d,n}$ de la plaque 10_n. Les faces mouillées $10_{w,n}$et $10_{w,n+1}$ respectives des plaques 10_n, 10_{n+1} délimitent un canal humide 20_w. Ce dernier s'étend entre une entrée humide $20_{w,in}$ et une sortie humide $20_{w,out}$. Chaque sortie $20_{w,out}$ est formée au niveau d'une échancrure 17 pratiquée sur les plaques. Une échancrure correspond à une réduction localisée de la longueur de la plaque. Entre deux échancrures successives, selon l'axe latéral, deux plaques successives délimitant un canal humide sont jointes l'une à l'autre, ce qui forme une cloison humide 13. Au niveau de chaque échancrure 17, les plaques successives délimitant un canal humide 20_w sont espacées l'une de l'autre, de façon à définir une ouverture 13' formant une sortie humide $20_{w,out}$. Une telle configuration est décrite plus en détail dans la demande FR2207710.

[0046] Chaque plaque est délimitée par deux bordures latérales 11, 12 s'étendant parallèlement à l'axe longitudinal X, et espacées l'une de l'autre selon l'axe latéral Y. Au niveau de chaque bordure latérale 11, 12, un canal humide est délimité par une première structure capillaire 21. La première structure capillaire 21 est formée par un premier matériau capillaire, spongieux, permettant une diffusion de liquide, en l'occurrence de l'eau, par capillarité, ainsi qu'un stockage dudit liquide. Dans cet exemple, le liquide considéré est de l'eau, ce qui constitue le mode de réalisation préféré, sans exclure la possibilité d'utiliser un autre liquide.

[0047] Le terme matériau capillaire désigne un matériau perméable à un liquide, et permettant une diffusion du liquide par capillarité, ce qui engendre un phénomène de pompage capillaire. Par structure capillaire, on entend une structure permettant un pompage capillaire d'un liquide.

[0048] Chaque première structure capillaire 21 s'étend le long de toute la bordure latérale du canal humide. L'épaisseur de chaque première structure capillaire, définie selon l'axe transversal Z, est de préférence supérieure à 0.3 mm ou à 0.5 mm. De préférence, l'épaisseur de chaque première structure capillaire est inférieure à 5 ou 10 mm. La

plage d'épaisseur 0.5 mm – 5 mm est considérée comme optimale. De préférence, l'épaisseur de chaque première structure capillaire 21 est telle que la première structure capillaire est en contact des deux faces mouillées délimitant un canal humide.

[0049] Avantageusement, le premier matériau peut présenter une hauteur de remontée capillaire de l'ordre de quelques centimètres. Par hauteur de remontée capillaire, on entend une hauteur selon laquelle l'eau migre, par pompage capillaire, dans le premier matériau maintenu vertical.

[0050] La [Fig.3B] montre un exemple de face mouillée $10_{w,n+1}$ de la plaque 10_{n+1} représentée sur la [Fig.3A]. Selon l'axe latéral Y, chaque première structure capillaire 21 s'étend selon une largeur comprise entre 1 mm et 30 mm, de préférence entre 3 mm et 10 mm. Chaque première structure capillaire 21 est destinée à former un réservoir tampon d'eau, au niveau de chaque canal humide. Le fait que chaque première structure capillaire forme un réservoir tampon permet d'éviter une alimentation continue d'eau.

[0051] Dans cet exemple, chaque première structure capillaire 21 s'étend, selon l'axe longitudinal X, selon deux extrémités longitudinales opposées 21_X. Dans l'exemple représenté, l'eau alimente chaque première structure capillaire 21, par capillarité, à partir de chaque extrémité longitudinale 21_X, selon les flèches F_1. La migration s'effectue parallèlement à l'axe longitudinal X.

[0052] L'alimentation en eau des premières structures capillaires appartenant à des canaux humides adjacents est décrite par la suite, en lien avec la [Fig.5A] : les premières structures capillaires 21 de deux canaux humides adjacents, alignées selon l'axe Z, sont au contact l'une de l'autre, de façon à permettre une circulation de l'eau d'une première structure capillaire à l'autre, le contact entre lesdites premières structures capillaires formant un contact (ou pont) fluidique.

[0053] La face mouillée $10_{w,n+1}$ est revêtue d'une deuxième structure capillaire 22 formée d'un deuxième matériau capillaire. Dans cet exemple, la deuxième structure capillaire est une feuille mince du deuxième matériau. La deuxième structure capillaire 22 est disposée au contact de la plaque 10_{n+1}. La deuxième structure capillaire 22 s'étend à partir d'au moins une première structure capillaire 21. Dans l'exemple représenté sur la [Fig.3B], la deuxième structure capillaire 22 s'étend entre les deux premières structures capillaires 21, ces dernières formant les bordures latérales du canal humide. L'épaisseur de la deuxième structure capillaire 22 est inférieure à l'épaisseur de chaque première structure capillaire 21. De préférence, l'épaisseur de la deuxième structure capillaire 22 est au moins 2 fois ou 3 fois inférieure à l'épaisseur de chaque première structure capillaire 21. Ainsi, l'épaisseur de la deuxième structure capillaire 22 est inférieure à 1000 µm. L'épaisseur de la deuxième structure capillaire 22 est de préférence comprise entre 10 µm et quelques centaines de µm, par exemple entre 10

µm et 400 µm. Le deuxième matériau peut être un matériau de type papier, par exemple buvard ou un non tissé ou un tissé. Il est suffisamment fin de façon à permettre un refroidissement de la plaque sous l'effet de l'évaporation de l'eau imbibant la deuxième structure capillaire. Il est cependant suffisamment épais pour permettre un pompage capillaire suffisant.

[0054] La dimension de la deuxième structure capillaire 22, selon l'axe latéral Y, est supérieure à celle de la première structure capillaire. La dimension de la deuxième structure capillaire, selon l'axe latéral Y, est par exemple supérieure à 2 fois voire 3 fois ou 4 fois la dimension de la première structure capillaire selon l'axe latéral Y.

[0055] La hauteur de remontée capillaire du deuxième matériau, ou plus généralement de la deuxième structure capillaire, est supérieure à la hauteur de remontée capillaire du premier matériau La hauteur de remontée capillaire du deuxième matériau est de préférence supérieure à 10 cm, voire supérieure à 20 cm ou 30 cm.

[0056] Sous l'effet d'un pompage capillaire, l'eau stockée dans chaque première structure capillaire 21 migre à travers la deuxième structure capillaire 22, le long de la face mouillée. La migration de l'eau à travers chaque deuxième structure capillaire 22 est matérialisée par les flèches F_2.

[0057] Ainsi, au niveau d'un canal humide, la migration du liquide s'opère :

- selon l'axe longitudinal X, à travers chaque première structure capillaire 21, à partir d'au moins une extrémité longitudinale 21_X ;
- puis à partir de chaque première structure capillaire 21, à travers la deuxième structure capillaire 22, le long de la face mouillée.

[0058] La [Fig.3C] représente une coupe, selon un plan YZ, d'un canal humide 20_w adjacent d'un canal sec 20_d. Les faces mouillées 10_w délimitant le canal humide 20_w sont revêtues d'une deuxième structure capillaire 22 telle que précédemment décrite. Chaque deuxième structure capillaire 22 est en contact fluidique avec une première structure capillaire 21. Chaque deuxième structure capillaire 22 est appliquée au contact d'une plaque, de façon à favoriser le refroidissement de la plaque sous l'effet de l'évaporation.

[0059] La quantité d'eau s'évaporant de chaque deuxième structure capillaire est compensée par le pompage capillaire de l'eau stockée dans chaque première structure capillaire. Cela permet de maintenir, le long de chaque face mouillée, une quantité d'eau suffisante pour permettre une évaporation dans le canal humide. Il en résulte un refroidissement de la plaque, permettant le refroidissement de l'air circulant dans le canal sec adjacent, selon le principe de fonctionnement décrit en lien avec la [Fig.1].

[0060] Dans la configuration représentée sur les figures 3A à 3C, chaque première structure capillaire 21 forme une bordure latérale d'un canal humide. Cette configuration est avantageuse car sous l'effet de l'humidification, chaque première structure capillaire

assure une étanchéité du canal humide, selon une direction parallèle à l'axe longitudinal. Cela simplifie le processus de fabrication, en évitant par exemple la formation d'une cloison, refermant le canal humide, le long de l'axe longitudinal.

[0061] Sur la [Fig.3D], on a représenté une autre configuration, selon laquelle la première structure capillaire 21 d'un canal humide 20_w s'étend parallèlement à l'axe longitudinal, non pas au niveau de la bordure latérale du canal, mais au centre de ce dernier.

[0062] Sur la [Fig.4], on a représenté la face mouillée telle que décrite en lien avec les figures 3A à 3C. On distingue les deux premières structures capillaires 21, s'étendant le long des bordures latérales 11,12 de la plaque, ainsi qu'une deuxième structure capillaire 22, s'étendant entre les premières structures capillaires, le long de la face mouillée.

[0063] Au niveau de chaque canal sec, le long de chaque échancrure 17, les plaques adjacentes, délimitant le canal sec, se rejoignent, formant une cloison sèche incurvée. Ainsi, une cloison sèche, refermant un canal sec, s'étend entre deux sorties humides $20_{w,out}$ de deux canaux humides adjacents.

[0064] Dans l'exemple représenté, chaque première structure capillaire est alimentée par les deux extrémités longitudinales 21_X opposées. Selon une possibilité, chaque première structure capillaire est alimentée par une seule extrémité longitudinale 21_X,ou par une ou plusieurs zones localisées le long de ladite première structure capillaires.

[0065] Des parois d'obturation 18, dite parois d'obturation humides, sont appliquées contre l'empilement de plaques 10, face à chaque sortie humide. Chaque paroi d'obturation humide 18 permet de collecter l'air humide sortant de différents canaux humides. Ainsi , chaque paroi d'obturation humide 18 permet de former une chambre d'évacuation 20, permettant de collecter l'air humide résultant de canaux humides, et de transporter l'air humide, de façon étanche, face aux cloisons sèches, ces dernières étant formées au niveau de chaque échancrure.

[0066] La [Fig.5A] représente un empilement 2 de plaques 10, délimitant alternativement des canaux secs et des canaux humides. L'empilement est logé dans un châssis 3, dont une partie est représentée sur la [Fig.5A]. On distingue des extrémités longitudinales 21_X des premières structures capillaires 21, au niveau de chaque bordure latérale de l'empilement.

[0067] Sur la [Fig.5B], on a représenté un détail de l'empilement. On a identifié les trois premières plaques 10_1, 10_2, 10_3 de l'empilement. Le rang n assigné à chaque plaque est d'autant plus faible que la plaque est haute lorsque l'axe transversal est vertical. La plaque 10_1 correspond à la plaque supérieure de l'empilement. Chaque extrémité longitudinale 21_X d'une première structure capillaire est reliée à une extrémité longitudinale d'une première structure capillaire adjacente par une liaison fluidique. Dans l'exemple

représenté, un matériau capillaire de liaison 23, perméable, assure un pont fluidique entre les différentes premières structures capillaires. Comme décrit par la suite, une arrivée d'eau permet de mouiller la première structure capillaire supérieure, c'est-à-dire la première structure capillaire formée au niveau du canal humide délimité par les plaques de rang les plus faible (n = 1 et 2 lorsque les premières plaques délimitent un canal humide, ou n = 2 et 3 lorsque les premières plaques de rang 1 et 2 délimitent un canal sec. L'eau migre, par capillarité, le long de la première structure capillaire 21, selon l'axe longitudinal. De plus, sous l'effet de la gravité, l'eau migre, de proche en proche, entre les premières structures capillaires successives, par le biais du matériau de liaison 23. Ainsi, le mouillage des premières structures capillaires s'effectue :

- le long de chaque première structure capillaire 21, par capillarité, selon l'axe longitudinal X;
- entre deux premières structures capillaires successives, s'étendant dans deux canaux humides adjacents ,par l'action combinée de la capillarité et de la gravité, selon l'axe transversal Z.

[0068] Selon une possibilité, les extrémités longitudinales 21_X de deux premières structures capillaires successives sont en contact l'une de l'autre. Les extrémités longitudinales 21_X font alors office de matériau de liaison.

[0069] Le fait que les différentes premières structures capillaires 21 soient au contact l'une de l'autre, ou par le biais d'un matériau capillaire de liaison 23, permet de maintenir une pression hydraulique identique, ou pouvant être considérée comme telle, au niveau de chaque extrémité 21_X. La pression hydraulique est, dans cet exemple proche ou égale à la pression atmosphérique. Cela permet une humidification uniforme, ou pouvant être considérée comme telle, des premières structures capillaire 21, et cela indépendamment du rang n. Cela permet d'assurer un mouillage uniforme, ou pouvant être considéré comme tel, de l'ensemble des faces mouillées de l'empilement. Ainsi, le mouillage de chaque face humide peut être considéré comme similaire, et indépendant du rang n. Une face humide est mouillée de la même façon, qu'elle soit proche de la plaque supérieure ou proche de la plaque inférieure.

[0070] On comprend la complémentarité de chaque structure capillaire : la première structure capillaire a essentiellement une fonction de réservoir d'eau, pour alimenter la deuxième structure capillaire avec laquelle elle est en contact. La deuxième structure capillaire permet une diffusion de l'eau, par capillarité, le long d'une face humide, et cela de façon la plus uniforme possible. Chaque première structure capillaire permet également un transfert de l'eau entre les différentes plaques, par capillarité et gravité.

[0071] Sur la [Fig.5C], on a représenté le châssis 3 complet. Le châssis 3 définit des arrivées d'eau 25, prenant la forme d'un puits, destinées à être alimentées par de l'eau. Chaque

puits 25 est en contact fluidique avec chaque première structure capillaire supérieure. Chaque première structure capillaire supérieure est mouillée par l'eau s'écoulant depuis le puits 25 disposé à l'aplomb de ladite première structure capillaire. L'eau migre par capillarité le long de la première structure capillaire, ainsi que, par capillarité et gravité, vers la première structure capillaire adjacente. La migration de l'eau vers les différentes premières structures capillaires s'effectue ainsi, en combinant la diffusion longitudinale et la diffusion transversale.

[0072] L'arrivée d'eau est raccordée à une admission d'eau, provenant de l'extérieur du dispositif. Une partie de l'eau distribuée au niveau de l'arrivée d'eau peut provenir d'un réceptacle 27 relié à une sortie d'eau 26.

[0073] Sur la [Fig.5D], on a représenté un détail de la partie supérieure de l'empilement représenté sur la [Fig.5C]. Le canal humide supérieur est délimité par les plaques 101 et 102. Le puits 25 est alimenté en eau, de façon à mouiller la première structure capillaire disposée entre les plaques 101 et 102, puis, de proche en proche, les premières structures capillaires disposées entre les plaques 103 et 104, puis 105 et 106….

[0074] Selon une alternative, plusieurs premières structures capillaires d'un même empilement sont formées par une même pièce, formée du premier matériau, appliquée contre une bordure latérale 11, 12 de chaque plaque. La pièce peut être appliquée contre l'empilement 2, de façon à s'engager, sous l'effet d'une pression mécanique appliquée parallèlement à l'axe Y, dans les canaux humides. La pièce forme ainsi une cloison latérale de différents canaux humides. La pièce peut être monolithique. Elle peut être appliquée contre l'ensemble des plaques d'un même empilement.

[0075] La [Fig.5E] montre la partie inférieure de l'empilement. La sortie d'eau 26 permet l'écoulement d'un trop plein d'eau s'écoulant depuis la première structure capillaire inférieure, c'est-à-dire la première structure capillaire la plus basse. Le trop plein d'eau est recueilli dans un réceptacle. Une pompe 28 est configurée pour récupérer l'eau du réceptacle, de façon à alimenter à nouveau l'arrivée d'eau 25. L'alimentation en eau de l'arrivée d'eau 25 comporte de l'eau provenant de l'extérieur du dispositif, ainsi que de l'eau collectée dans le réceptacle. On note que le surplus d'eau, collecté dans le réceptacle 27, n'a pas subi d'évaporation. Il n'est donc pas concentré en impuretés insolubles, de type minéraux, présents dans l'eau. Il peut donc être réadmis dans l'arrivée d'eau 25, sans risque d'encrassement du dispositif.

[0076] Sur la [Fig.5F], on a représenté un dispositif comportant quatre châssis 3, chaque châssis portant un empilement 2. Chaque châssis 3 comporte une sortie d'eau 26, ainsi qu'un circuit fluidique permettant de collecter l'eau résultant de chaque sortie d'eau dans le réceptacle 27. La pompe 28 est agencée pour alimenter chaque entrée d'eau 25 à partir de l'eau collectée dans le réceptacle.

[0077] Du fait de son épaisseur, plus élevée que l'épaisseur des deuxièmes structures ca-

pillaires 22 avec lesquelles elle est en contact, chaque première structure capillaire 21 se comporte comme un réservoir tampon. Ainsi, une partie de l'eau destinée au mouillage des deuxièmes structures capillaires 22 est temporairement stockée dans les premières structures capillaires. Cette fonction de stockage tampon permet une alimentation séquentielle de chaque arrivée d'eau 25.

[0078] L'agencement des premières structures capillaires 21 et des deuxièmes structures capillaires 22 permet un mouillage maîtrisé de chaque face mouillée délimitant des canaux humides. La diffusion de l'eau par capillarité, le long des faces mouillées, permet de maintenir un mouillage suffisant pour permettre un refroidissement efficace des plaques.

[0079] Une alimentation en continue n'est pas nécessaire, compte tenu du stockage tampon exercé par chaque première structure capillaire 21. L'alimentation séquentielle peut être déterminée en fonction d'essais de calibration. Le pompage de l'eau du réceptacle peut être effectué en fonction du niveau d'eau dans ce dernier.

[0080] La [Fig.6] représente une vue de l'empilement 2 face aux entrées chaudes $20_{d,in}$ des canaux secs 20_d. Les entrées chaudes $20_{d,in}$ sont destinées à recevoir l'air à refroidir, ce dernier provenant de l'admission d'air du dispositif. Au niveau de chaque entrée chaude $20_{d,in}$, les plaques délimitant chaque canal sec sont écartées l'une de l'autre, de façon à former une ouverture 15'. Entre chaque ouverture 15', une cloison sèche est ménagée, le long des échancrures 17, par contact entre les plaques délimitant le canal sec.

[0081] Selon une possibilité, la deuxième structure capillaire est formée par structuration de chaque face mouillée, par exemple en ménageant des canaux configurés pour permettre un pompage capillaire.

[0082] Selon une possibilité le premier matériau capillaire est identique au deuxième matériau capillaire. Il est cependant préférable que le premier matériau capillaire soit différent du deuxième matériau capillaire, et présente une hauteur de remontée capillaire supérieure au deuxième matériau capillaire, comme précédemment décrit.

[0083] La configuration précédemment décrite permet un mouillage maîtrisé de chaque face mouillée délimitant des canaux humides. L'alimentation en eau du dispositif peut être séquentielle, grâce à la fonction de stockage tampon conférée par les premières structures capillaires 21. Le surplus d'eau est recueilli au niveau de réceptacles 27, et peut être pompé pour être dirigé vers l'arrivée d'eau 25. De ce fait, le dispositif ne comporte pas d'évacuation d'eau. Cela facilite son implémentation, en minimisant les contraintes d'installation. Cela en particulier dans l'habitat individuel.

[0084] La diffusion de l'eau par capillarité, le long des faces mouillées, permet de maintenir une quantité d'eau suffisante pour permettre un refroidissement efficace des plaques. L'alimentation de chaque arrivée d'eau permet un renouvellement de l'eau circulant

dans le dispositif.

[0085] Bien que décrite en lien avec de l'eau, le dispositif peut être mis en œuvre avec un autre liquide.

Revendications

[Revendication 1] Dispositif (1) de climatisation à refroidissement indirect par évaporation, le dispositif étant destiné à insuffler de l'air refroidi dans une pièce, le dispositif comportant :

- une admission d'air, destinée à admettre de l'air à refroidir ;
- une pluralité de plaques (10), formant un empilement (2), les plaques étant espacées les unes des autres selon un axe transversal (Z), chaque plaque comportant une face sèche (10_d) opposée à une face mouillée (10_w), la face mouillée de chaque plaque étant configurée pour être mouillée par de l'eau, chaque plaque étant destinée à être refroidie sous l'effet d'une évaporation d'eau, à partir de la face mouillée;

le dispositif étant tel que, dans chaque empilement :

- deux plaques adjacentes délimitent un canal, le canal étant :
  - soit un canal sec (20_d), délimité par deux faces sèches (10_d) de deux plaques adjacentes,
  - soit un canal humide (20_w), délimité par deux faces mouillées (10_w) de deux plaques adjacentes ;
- les plaques sont disposées de façon à former une alternance entre canaux secs et canaux humides, chaque canal sec étant adjacent d'un canal humide;
- chaque canal sec (20_d) s'étend, selon un axe longitudinal (X), entre une entrée d'air ($20_{d,in}$), reliée à l'admission d'air, et une sortie froide ($20_{d,out}$), la sortie froide étant destinée à une évacuation d'air refroidi suite à l'écoulement de l'air dans le canal sec ;
- chaque canal humide (20_w) s'étend selon l'axe longitudinal, entre une entrée humide ($20_{w,in}$) et une sortie humide ($20_{w,out}$), la sortie humide étant destinée à une évacuation d'air humidifié suite à l'écoulement dans le canal humide, le canal humide étant configuré de façon à recevoir une partie de l'air débouchant du canal sec ;

le dispositif étant caractérisé en ce que :

- chaque canal humide comporte une première structure ca-

pillaire (21), formée d'un premier matériau capillaire, configuré pour être mouillée par de l'eau, la première structure capillaire étant disposée au contact d'au moins une face mouillée délimitant chaque canal humide ;

- au moins une face mouillée de chaque canal humide comporte une deuxième structure capillaire (22), la deuxième structure capillaire s'étendant à partir de la première structure capillaire, le long de la face mouillée, la deuxième structure capillaire étant plus mince que la première structure capillaire ;
- l'empilement comporte une arrivée d'eau (25), configurée pour recevoir de l'eau, l'arrivée d'eau étant en contact fluidique avec au moins une première structure capillaire.

[Revendication 2] Dispositif selon la revendication 1, dans lequel la deuxième structure capillaire est formée d'un deuxième matériau capillaire.

[Revendication 3] Dispositif selon la revendication 2, dans lequel le deuxième matériau capillaire est un tissé ou un non tissé ou un papier.

[Revendication 4] Dispositif selon la revendication 2 ou la revendication 3, dans lequel la hauteur de remontée capillaire du premier matériau capillaire est inférieure à la hauteur de remontée capillaire du deuxième matériau capillaire, la hauteur de remontée capillaire correspondant à une hauteur atteinte, par pompage capillaire, dans le premier ou du deuxième matériau disposés verticalement.

[Revendication 5] Dispositif selon la revendication 1, dans lequel la deuxième structure capillaire est formée par une structuration de chaque face mouillée.

[Revendication 6] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel deux premières structures capillaires, s'étendant le long de deux canaux humides adjacents, sont en contact l'une de l'autre, de façon à permettre une circulation de l'eau d'une première structure capillaire à l'autre.

[Revendication 7] Dispositif selon la revendication 6, dans lequel le contact entre les premières structures capillaire est effectué par un contact direct ou par un matériau capillaire de liaison (23).

[Revendication 8] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chaque canal humide est délimité par deux bordures latérales (11, 12), s'étendant parallèlement à l'axe longitudinal, chaque canal humide comportant une première structure capillaire s'étendant le long d'au

moins une bordure latérale.

[Revendication 9] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la première structure capillaire d'au moins un canal humide s'étend, selon l'axe transversal (Z), selon une épaisseur supérieure à 0.3 mm et/ou inférieure à 10 mm.

[Revendication 10] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la deuxième structure capillaire recouvrant les faces mouillées d'au moins un canal humide s'étend, selon l'axe transversal, selon une épaisseur inférieure à 1000 µm.

[Revendication 11] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel :

- à chaque canal humide de l'empilement est affecté un rang, le rang étant croissant avec la distance, selon l'axe transversal, par rapport à l'arrivée d'eau ;
- le canal humide de rang 1 est adjacent de l'arrivée d'eau ;
- deux premières structures capillaires successives, disposées respectivement dans deux canaux humides de rangs successifs sont en contact fluidique l'une avec l'autre.

[Revendication 12] Dispositif selon la revendication 11, dans lequel le contact fluidique est effectué par un contact direct des deux premières structures capillaires successives ou par un matériau auxiliaire, s'étendant entre les deux premières structures capillaires, de façon que lorsque l'axe transversal est vertical, de l'eau, admise à travers l'arrivée d'eau, s'écoule par gravité et par capillarité entre les deux premières structures capillaires successives.

[Revendication 13] Dispositif selon l'une quelconque des revendications 11 ou 12, comportant :

- une sortie d'eau (26) configuré pour permettre un écoulement de l'eau s'écoulant de la première structure capillaire de rang maximal ;
- un réceptacle (27), destiné à recevoir l'eau s'écoulant à travers la sortie d'eau
- une pompe (28), configurée pour pomper l'eau recueillie dans le réceptacle, de façon à l'admettre l'eau dans l'arrivée d'eau fluidique.

[Revendication 14] Dispositif selon la revendication 13, dans lequel la pompe est configurée pour pomper, de façon séquentielle, l'eau recueillie dans le réceptacle

[Fig. 1]

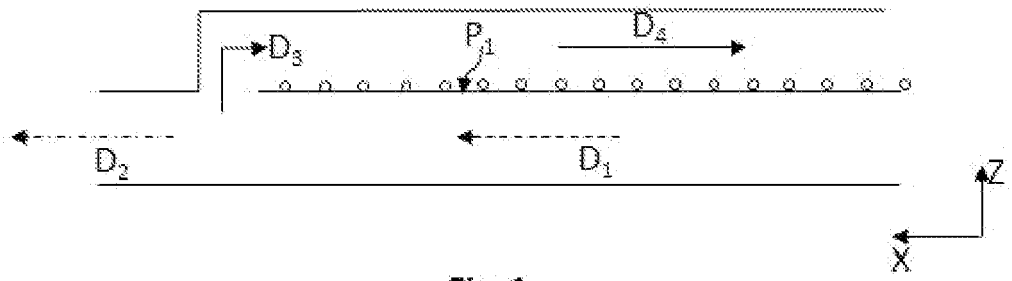


Fig. 1

[Fig. 2]

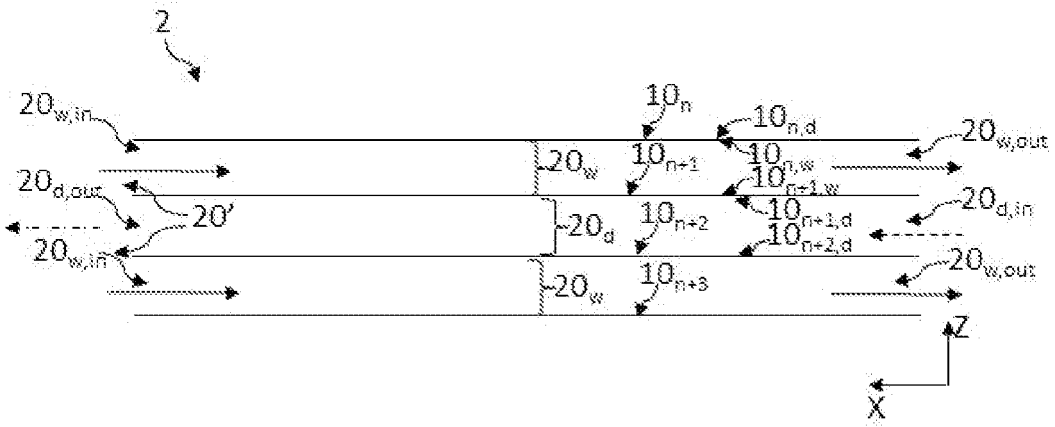


Fig. 2

[Fig. 3A]

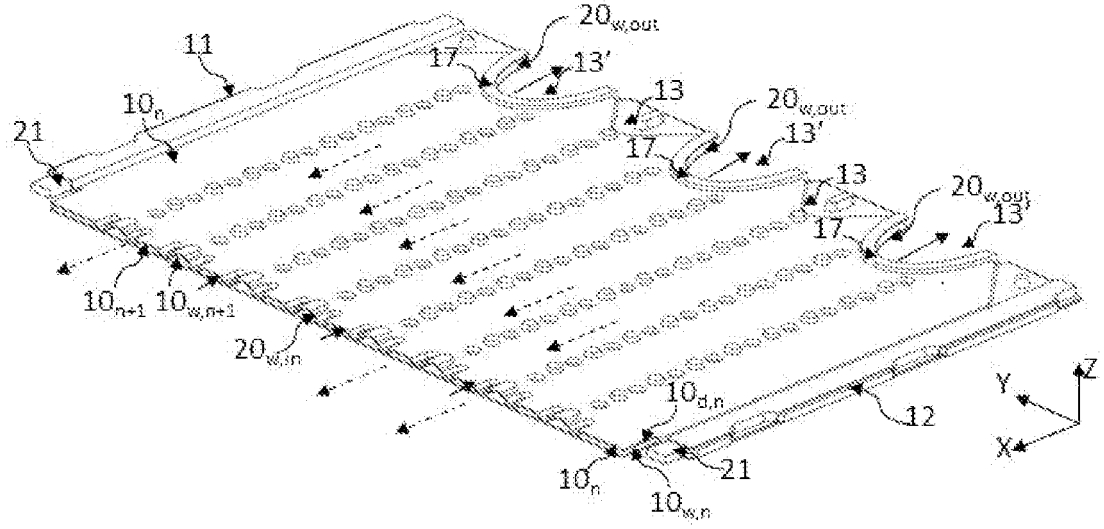


Fig. 3A

[Fig. 3B]

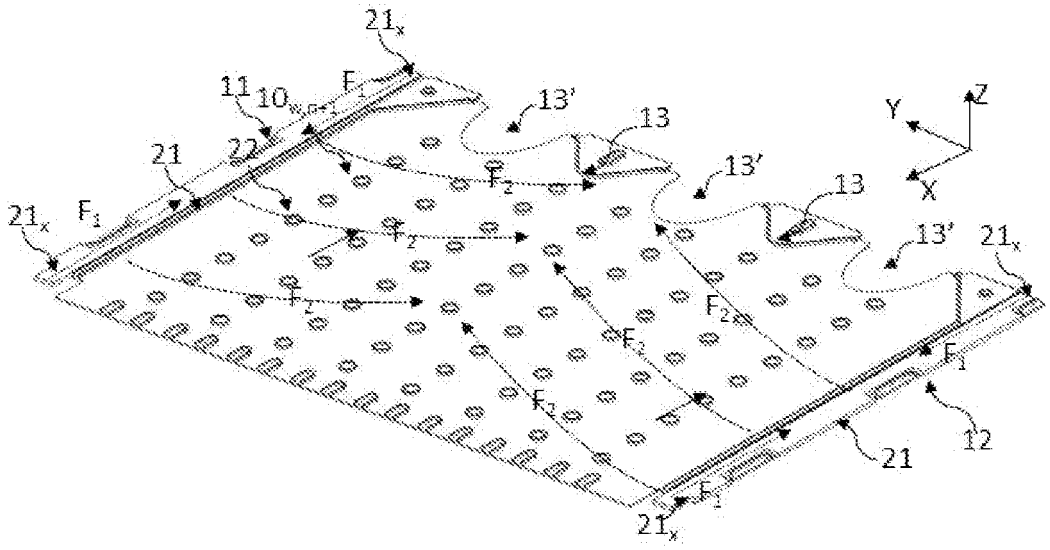


Fig. 3B

[Fig. 3C]

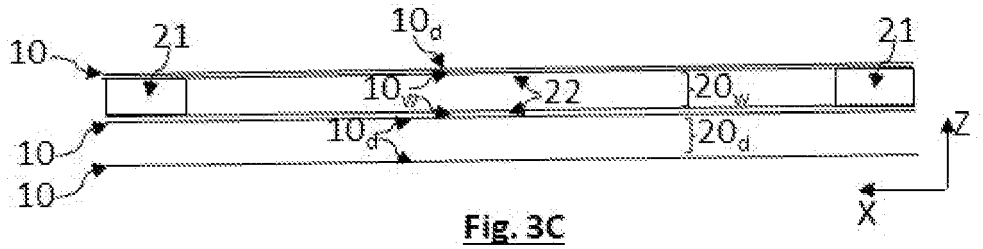


Fig. 3C

[Fig. 3D]

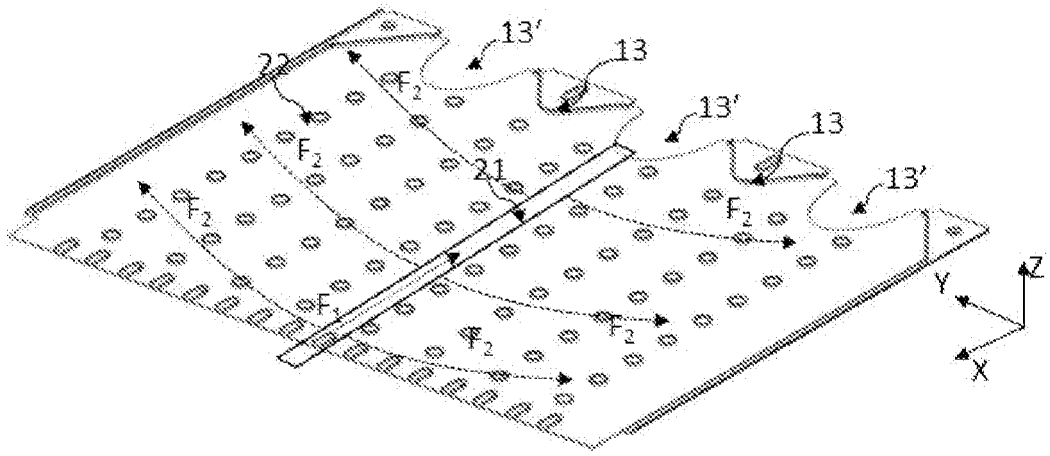


Fig. 3D

[Fig. 4]

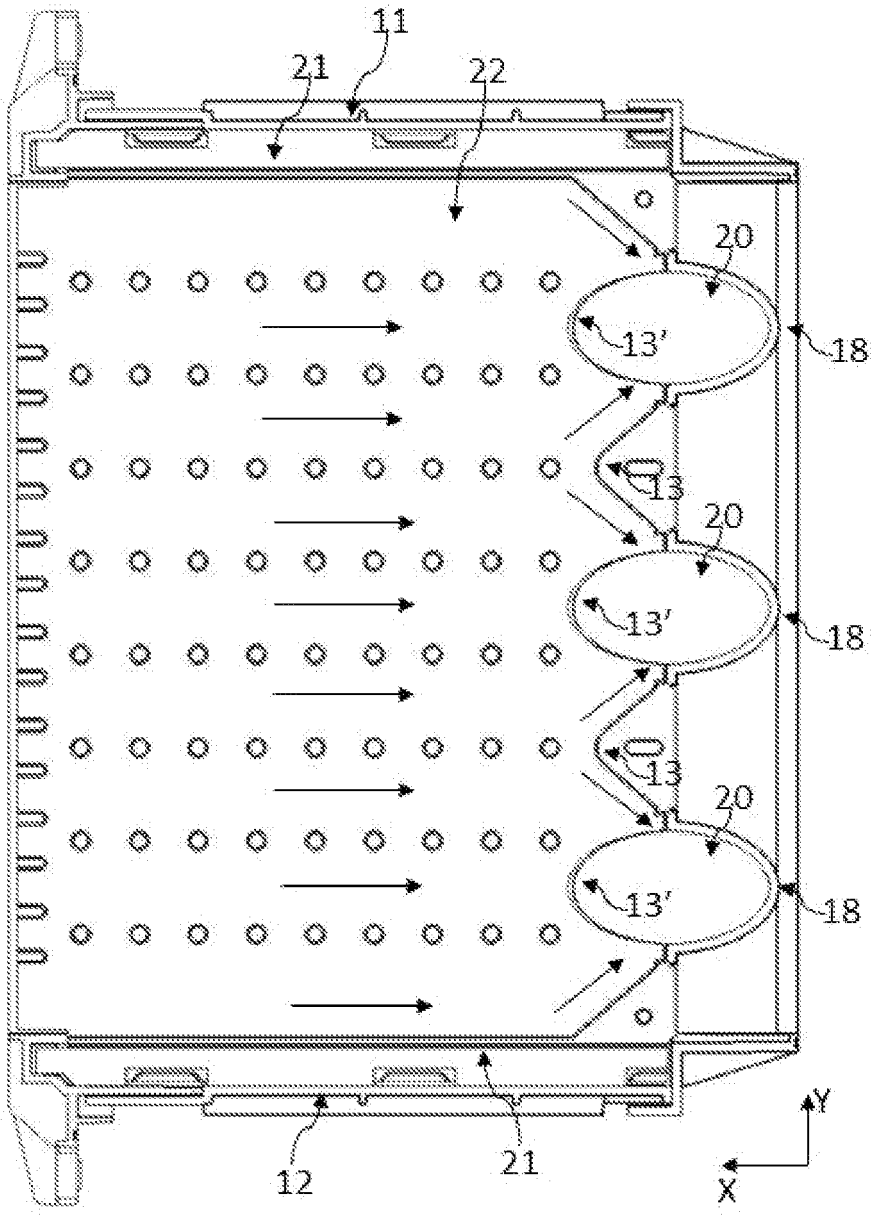


Fig. 4

[Fig. 5A]

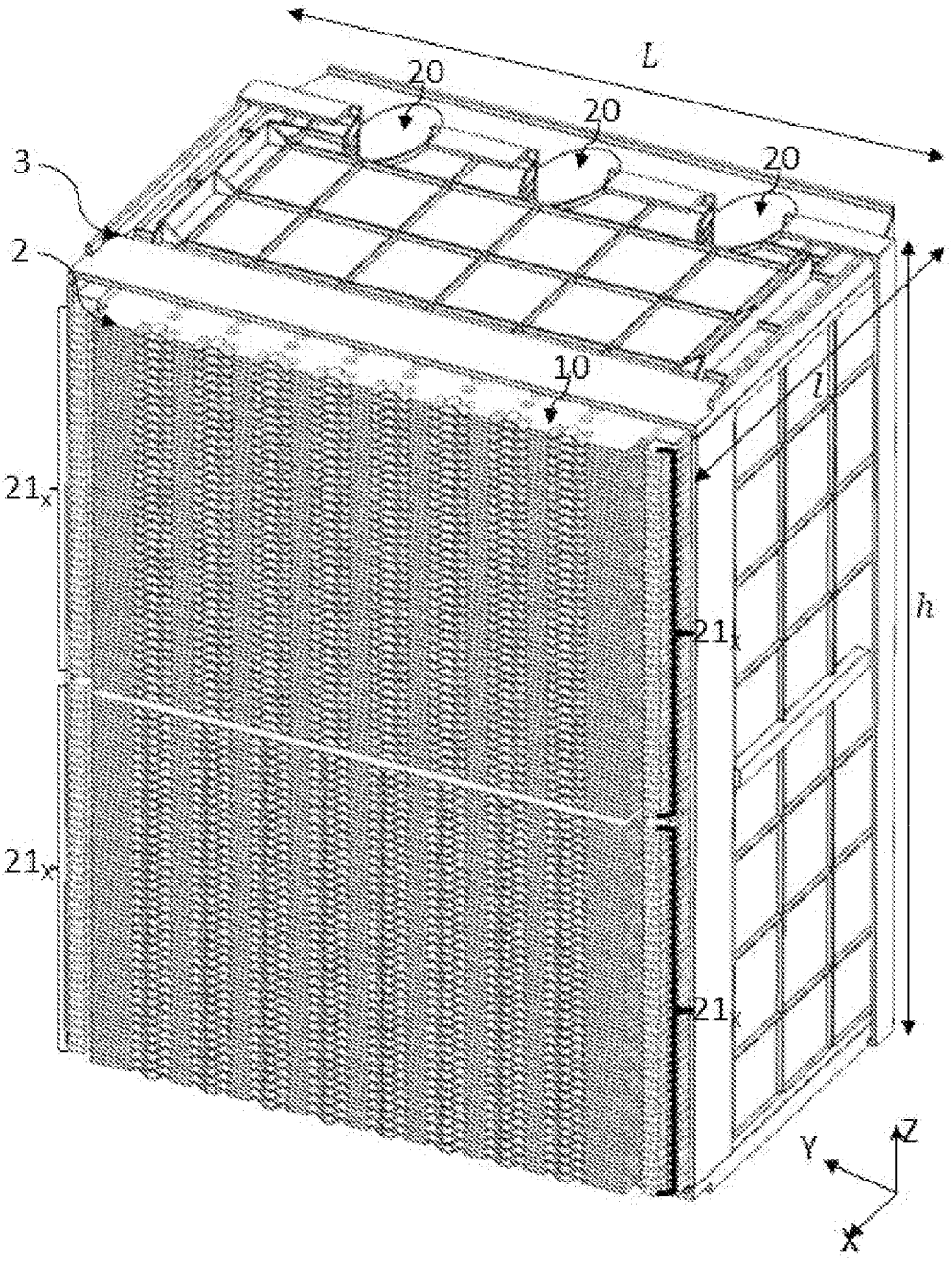


Fig. 5A

[Fig. 5B]

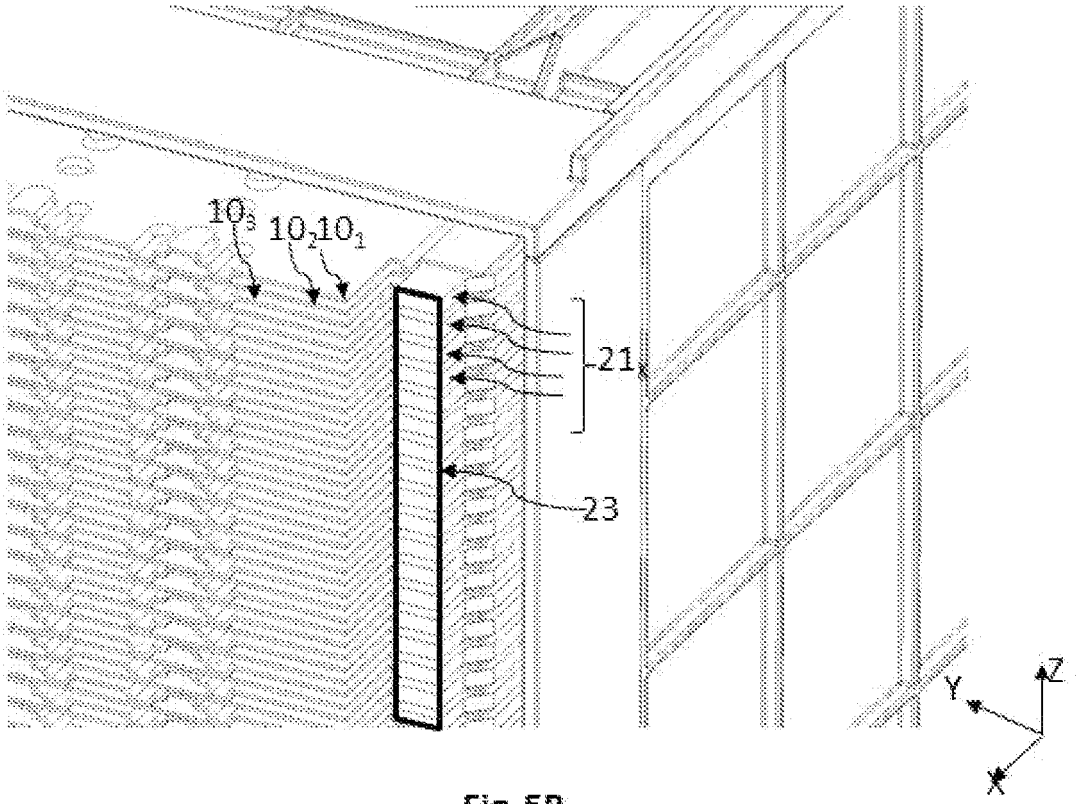


Fig. 5B

[Fig. 5C]

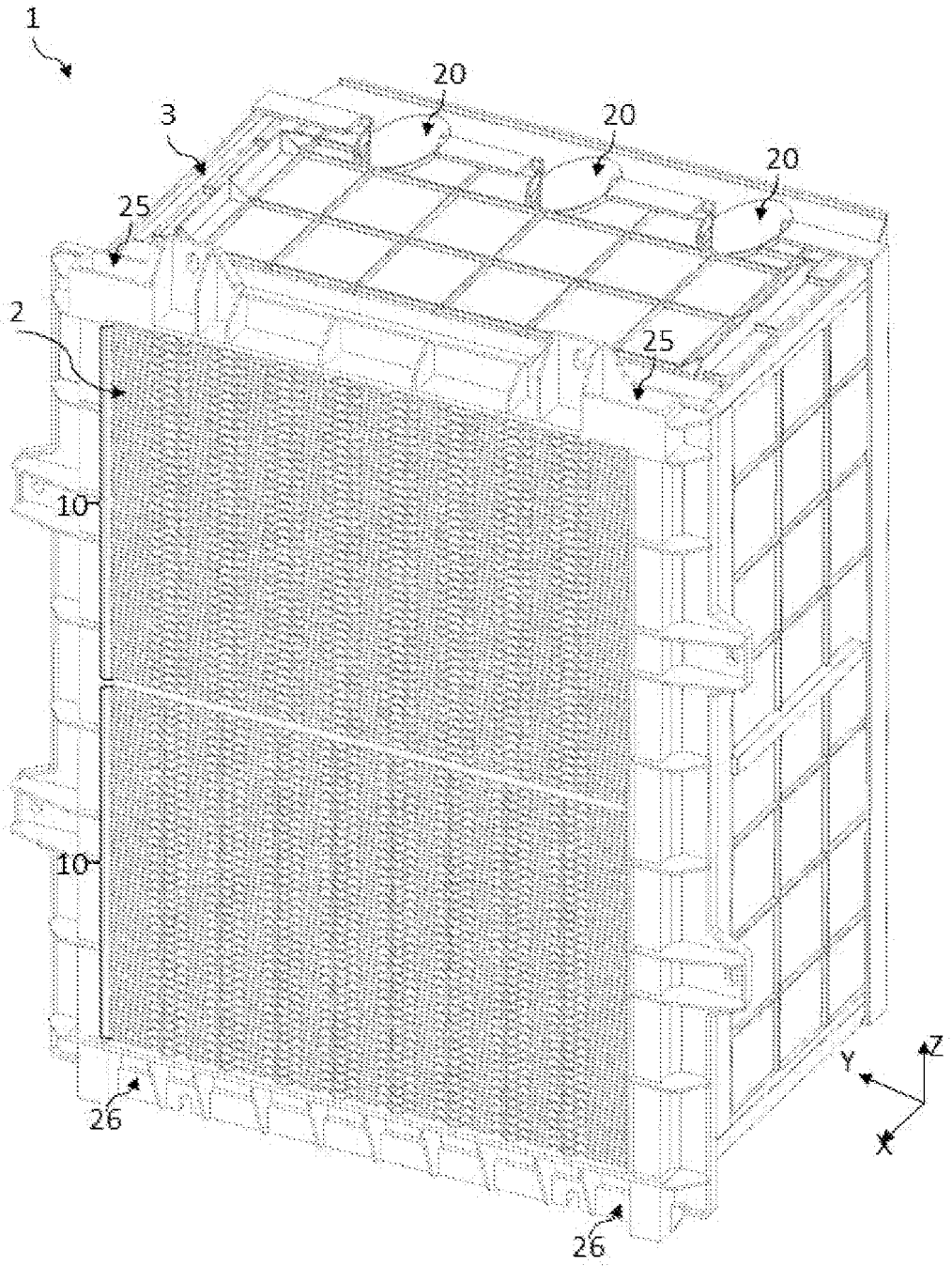


Fig. 5C

[Fig. 5D]

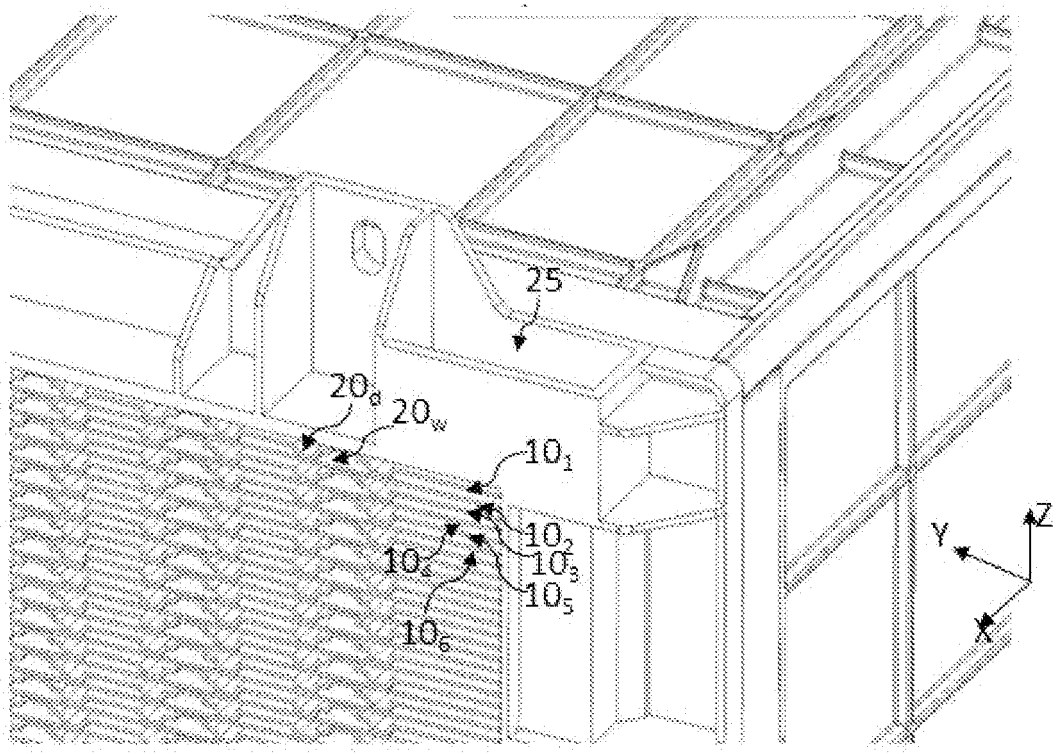


Fig. 5D

[Fig. 5E]

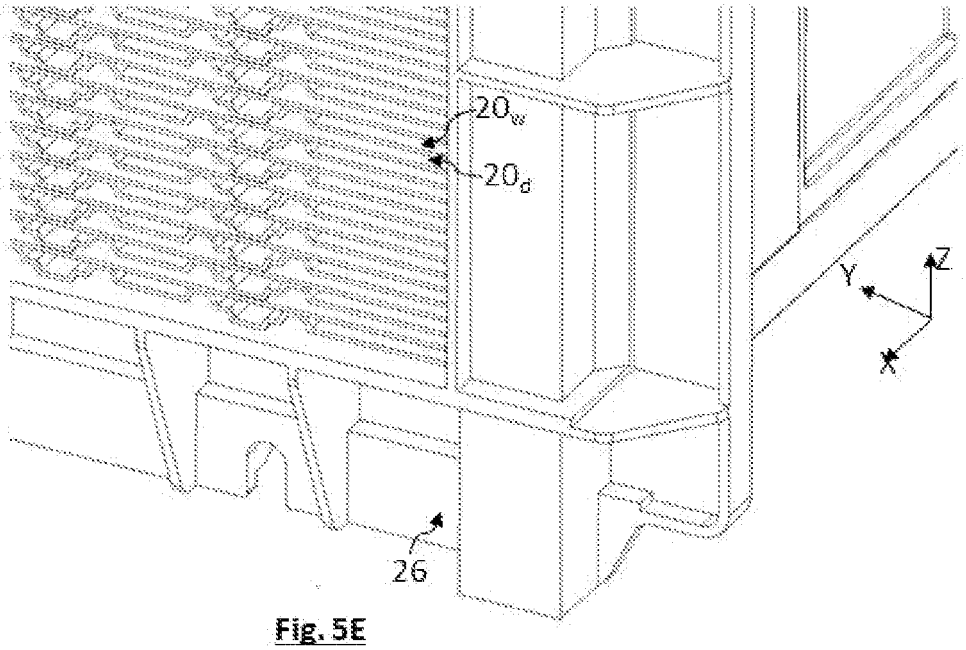
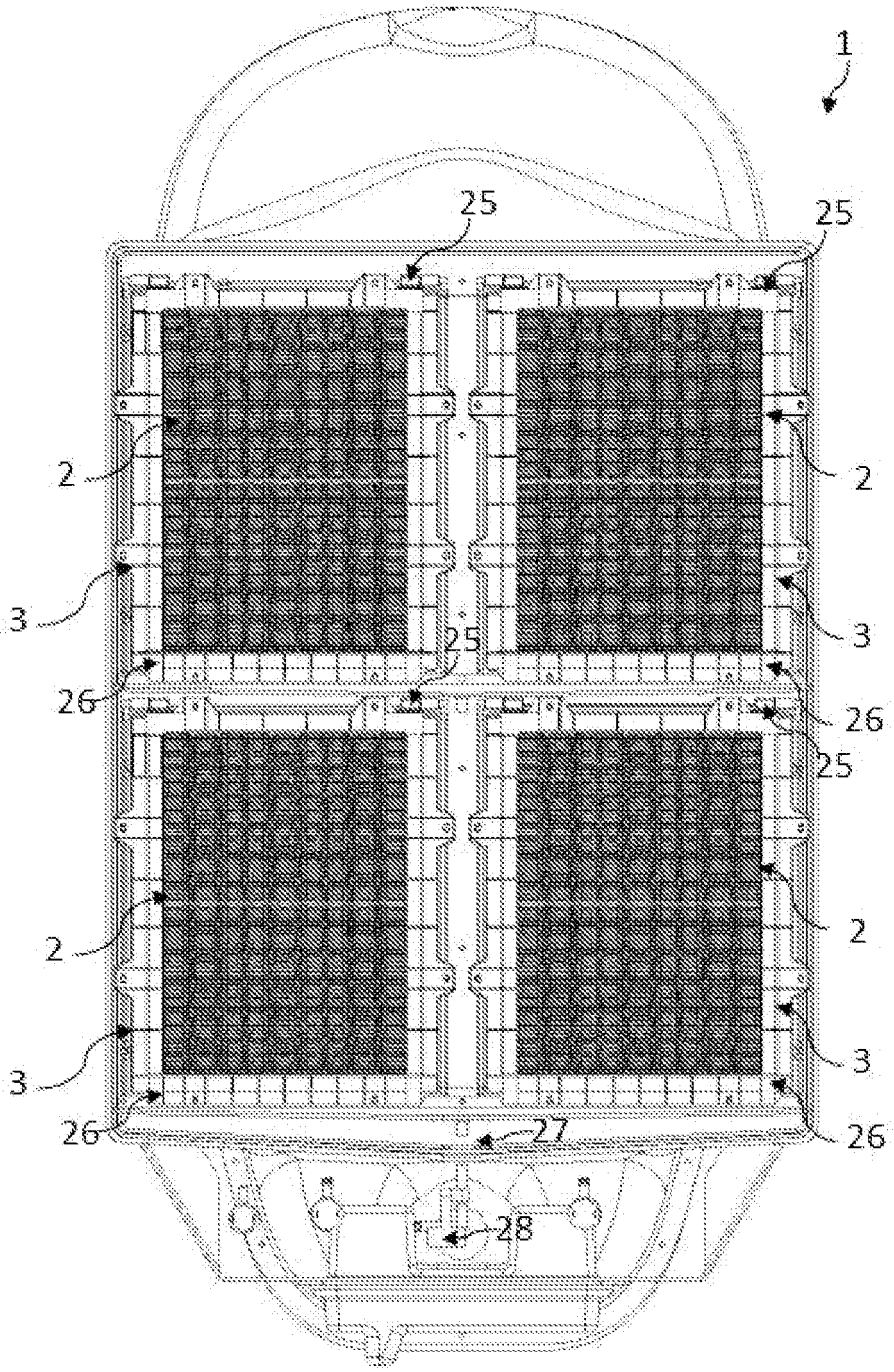


Fig. 5E

[Fig. 5F]



[Fig. 6]

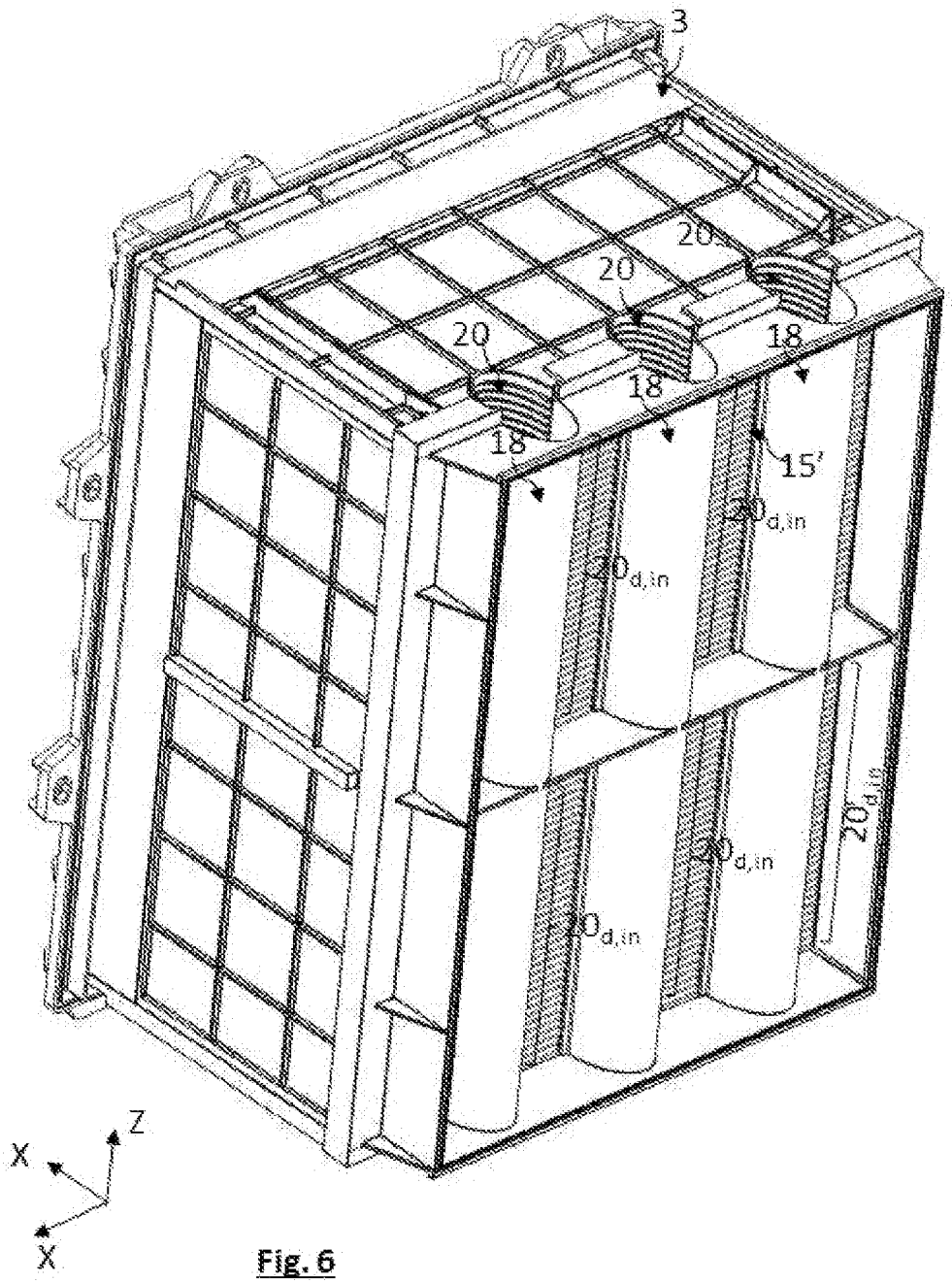


Fig. 6

RAPPORT DE RECHERCHE

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

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

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

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

[x] Le demandeur a maintenu les revendications.

☐ Le demandeur a modifié les revendications.

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

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

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

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

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

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

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

WO 2005/090869 A1 (ACMA LTD [SG]; CHEE HANG JOON [SG] ET AL.)
29 septembre 2005 (2005-09-29)

WO 2022/184871 A1 (CAELI ENERGIE [FR])
9 septembre 2022 (2022-09-09)

WO 03/049844 A1 (IDALEX TECHNOLOGIES INC [US]) 19 juin 2003 (2003-06-19)

EP 0 389 623 A1 (KI POLT I [SU]; OD INZH STR INST [SU]) 3 octobre 1990 (1990-10-03)

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

NEANT

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

NEANT