

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication : **3 139 621**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **22 09020**

⑤① Int Cl⁸ : **F 24 F 5/00 (2022.01), F 28 C 3/08**

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Dispositif de climatisation par refroidissement indirect par évaporation.

②② Date de dépôt : 08.09.22.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 15.03.24 Bulletin 24/11.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 13.12.24 Bulletin 24/50.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ 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) : Invent'ip.

FR 3 139 621 - 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 F_1 en trait plein 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 humide, mouillée par de l'eau, l'eau étant symbolisée par des cercles sur la [Fig.1]. Sur la [Fig.1], les flèches en tirets mixtes représentent l'air refroidi ou en cours de refroidissement.

[0004] Une partie de l'air refroidi, au contact de la face sèche de la plaque de refroidissement, est évacué, de façon à refroidir une pièce : flèche F_2 . Une autre partie de l'air refroidi est réinjecté dans le rafraîchisseur et dirigée de façon à s'écouler au contact de la face humide de la plaque de refroidissement : flèche F_3 . L'air ainsi réinjecté se réchauffe, en évaporant l'eau présente sur la face humide de la plaque de refroidissement. 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] Un exemple de dispositif à refroidissement indirect a été décrit dans WO2016134417. Dans ce dispositif, l'air à refroidir s'écoule dans des canaux parallèles les uns aux autres. Il en est de même de l'air circulant à travers des canaux

comportant des faces humides. Mais la disposition de canaux coplanaires, séparés les uns des autres, n'est pas optimale en terme de perte de charge.

[0007] Un exemple de dispositif à refroidissement indirect par évaporation a été décrit dans la demande PCT/EP2022/055490. L'invention décrite ci-après est un perfectionnement de ce dispositif, pour optimiser l'écoulement d'air dans le dispositif et la compacité.

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 humide, la face humide 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 humide, chaque plaque s'étendant selon un axe longitudinal, entre une première bordure et une deuxième bordure, chaque bordure formant une extrémité de la plaque dans un plan perpendiculaire à l'axe transversal ;

[0009] le dispositif étant tel que, dans chaque 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 humides 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, deux canaux respectivement sec et humide adjacents étant reliés par une jonction fluïdique;
- chaque canal sec s'étend, selon l'axe longitudinal, entre une entrée d'air, reliée à l'admission d'air, et une sortie froide, 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 s'étend selon l'axe longitudinal, entre la jonction fluïdique et une sortie humide, la sortie humide étant destinée à une évacuation d'air humidifié suite à l'écoulement dans le canal humide ;

[0010] le dispositif peut être tel que

- les sorties humides de chaque canal humide sont réparties selon un axe latéral, perpendiculaire à l'axe longitudinal et à l'axe transversal ;

- l'empilement comporte plusieurs conduites humides, réparties selon l'axe latéral, chaque conduite humide étant reliée à plusieurs sorties humides de différents canaux humides respectifs de l'empilement, chaque conduite humide étant configurée pour recevoir l'air humidifié débouchant de différents canaux humides ;
- les conduites humides de l'empilement débouchent dans une même chambre de collecte humide ;
- la chambre de collecte humide débouche sur une ouverture d'évacuation, configurée pour évacuer l'air humide collecté dans la chambre de collecte humide, la chambre de collecte humide s'étendant entre les conduites humides de l'empilement et l'ouverture d'évacuation.

[0011] Selon une possibilité, le dispositif comporte plusieurs chambres de collecte humides, chaque chambre de collecte humide étant reliée à un ou plusieurs empilements (30), les ouvertures d'évacuation respectives des chambres de collecte humides débouchant dans une même chambre de collecte secondaire (40), de façon que l'air débouchant de chacune desdites chambres de collecte humides est collecté dans la chambre de collecte secondaire.

[0012] Le dispositif peut comporter deux empilements adjacents, chaque empilement comportant plusieurs conduites humides, réparties le long de l'axe latéral, chaque conduite humide étant reliée à plusieurs sorties humides de différents canaux humides respectifs de l'empilement, chaque conduite humide étant configurée pour recevoir l'air humidifié débouchant de différents canaux humides. La chambre de collecte humide peut s'étendre entre les deux empilements adjacents.

[0013] Selon une possibilité,

- le dispositif comporte deux empilements adjacents selon l'axe transversal ;
- les conduites humides desdits deux empilements adjacents débouchent dans la chambre de collecte humide.

[0014] Selon une possibilité :

- le dispositif comporte deux empilements adjacents, le long de l'axe longitudinal, les empilements adjacents étant disposés de part et d'autre d'une cavité centrale;
- les deux empilements adjacents sont chacun reliés à une chambre de collecte humide ;
- les ouvertures d'évacuation respectives de chacune des chambres de collectes humides débouchent dans la cavité centrale, la cavité centrale formant la chambre de collecte secondaire.

[0015] Selon une possibilité, chaque empilement comporte :

- une partie avant, comportant les entrées d'air des canaux secs et les sorties

humides des canaux humides de l'empilement, ainsi que les conduites humides ;

- une partie arrière, comportant les sorties froides des canaux secs de l'empilement.

[0016] La chambre de collecte humide peut être configurée pour diriger l'air de la partie avant vers la partie arrière de l'empilement, l'ouverture d'évacuation débouchant de la partie arrière de l'empilement.

[0017] Selon une possibilité, chaque empilement comporte

- une partie avant, comportant les entrées d'air des canaux secs et les sorties humides des canaux humides de l'empilement, ainsi que les conduites humides ;
- une partie arrière, comportant les sorties froides des canaux secs de l'empilement ;
- une face longitudinale, reliant la partie avant et la partie arrière.

[0018] La chambre de collecte humide peut être configurée pour diriger l'air de la partie avant vers la face longitudinale de l'empilement, l'ouverture d'évacuation s'étendant sur la face longitudinale de l'empilement.

[0019] Selon une possibilité, le dispositif comporte une chambre de collecte froide, reliée aux sorties froides respectives de canaux secs de l'empilement, la chambre de collecte froide étant configurée pour collecter l'air débouchant de chaque sortie froide.

[0020] Selon une possibilité:

- l'empilement est relié à au moins plusieurs conduites d'admission, réparties selon l'axe latéral, chaque conduite d'admission étant reliée à plusieurs entrées sèches de différents canaux secs respectifs de l'empilement, chaque conduite d'admission étant configurée pour distribuer l'air à refroidir dans différents canaux secs ;
- les conduites d'admission s'étendent à partir d'une même chambre d'admission, la chambre d'admission formant l'entrée d'air à refroidir.

[0021] Selon une possibilité :

- chaque conduite humide s'étend, perpendiculairement à l'axe transversal, selon une section transversale ;
- la ou chaque chambre de collecte humide s'étend, perpendiculairement à l'axe transversal, selon une section transversale ;
- la section transversale de la ou chaque chambre de collecte humide est supérieure à la section transversale de chaque conduite humide à laquelle la ou chaque chambre de collecte humide est reliée.

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 à 3J montrent un premier mode de réalisation de l'invention
- [0025] Les figures 4A à 4C montrent un deuxième mode de réalisation de l'invention.

EXPOSE DE MODES DE REALISATION PARTICULIERS

- [0026] La [Fig.2] montre un détail d'un empilement 30 de plaques d'un dispositif objet de l'invention. Le dispositif est destiné à insuffler de l'air refroidi dans une pièce.
- [0027] La géométrie de l'empilement est similaire à celle décrite dans la demande PCT/EP2022/0055490. 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.
- [0028] Mis à part les première et dernière plaques, délimitant le dispositif selon un axe transversal Z, chaque plaque 10 comporte une face humide 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.
- [0029] Une face humide 10_w est destinée à être, de façon la plus régulière possible, mouillée par de l'eau. L'eau peut être directement disposée sur la plaque, ou de façon indirecte, la plaque comportant, au niveau de la face humide, un matériau, dit matériau humide, imbibé d'eau. Il peut par exemple s'agir d'un matériau permettant un pompage de l'eau par capillarité, à partir d'une alimentation en eau. Le matériau peut par exemple comporter de la cellulose ou une structure en polymère. Le mouillage d'une face humide peut également être assuré par des canaux fluidiques, ménagés dans le long de la face humide, et permettant un pompage d'eau par capillarité, à partir de l'alimentation en eau. Dans la suite de la description, le terme plaque inclut une éventuelle structure capillaire formée ou déposée sur la plaque.
- [0030] L'empilement est tel que les faces humides (respectivement sèches) de deux plaques consécutives se font face. Deux faces humides 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 .

Les canaux, secs ou humides, sont délimités par deux montants latéraux, non représentés, s'étendant selon un plan XZ. Les montants latéraux sont espacés l'un de l'autre par la largeur L de chaque plaque, selon l'axe latéral Y.

- [0031] Ainsi, l'empilement est formé d'une alternance entre canaux secs 20_d et canaux humides 20_w . Chaque canal sec s'étend, selon l'axe longitudinal X, entre une entrée d'air $20_{d,in}$ 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.
- [0032] L'air à refroidir est 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.
- [0033] Chaque canal sec 20_d est relié à un canal humide 20_w adjacent par une jonction fluidique 21. Chaque canal humide 20_w s'étend, selon l'axe longitudinal X, entre la jonction fluidique 21 et une sortie humide $20_{w,out}$. La jonction fluidique 21 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 21 est avantageusement plus proche de la sortie froide $20_{d,out}$ que de l'entrée d'air $20_{d,in}$. Ainsi, en considérant le sens d'écoulement de l'air dans le canal sec, la jonction fluidique 21 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 21. La jonction fluidique 21 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 21 est formée au niveau d'une deuxième bordure, formant 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 $0,5 \text{ m.s}^{-1}$ et 3 m.s^{-1} .
- [0034] La jonction fluidique 21, 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 est effectué dans un sens opposé à l'écoulement d'air dans le canal sec lui étant adjacent. Le dispositif est ainsi configuré pour fonctionner à contre-courant.

- [0035] 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 .
- [0036] Deux plaques adjacentes 10 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.
- [0037] Dans l'exemple représenté, chaque plaque est plane. Selon des variantes possibles, les bordures de deux plaques adjacentes peuvent se rapprocher ou s'éloigner les unes des autres. Le rapprochement et l'éloignement de deux plaques adjacentes permet de former respectivement des ouvertures et des cloisons. Un exemple de rapprochement de plaque est décrit en lien avec la [Fig.3A].
- [0038] Chaque plaque 10 comporte des lumières 11, s'étendant autour d'un axe parallèle à l'axe transversal Z. Les premières lumières 11 sont de préférence disposées à proximité d'une même bordure longitudinale de chaque plaque. Par bordure (ou extrémité) longitudinale, on entend une des bordures de la plaque 10 selon l'axe longitudinal X. Par a proximité, il est entendu à une distance de préférence inférieure à 5 cm d'une bordure de la plaque perpendiculaire à l'axe longitudinal X. Les premières lumières 11 sont pratiquées plus proche de l'arrivée d'air $20_{d,in}$ que de la sortie d'air froide $20_{d,out}$. Dans l'exemple représentés sur les figures 2A à 2E, chaque lumière 11 forme une sortie humide $20_{w,out}$ d'un canal humide 20_w .
- [0039] Deux premières lumières 11 respectivement formées sur deux plaques adjacentes 10 délimitant un même canal humide 20_w débouchent dans ce dernier. Ainsi, un canal humide 20_w est en communication fluidique avec au moins une première lumière 11. Deux premières lumières 11, respectivement formées sur deux plaques adjacentes, délimitant un même canal sec 20_d , et alignées selon l'axe d'évacuation, sont reliées l'une à l'autre par une paroi étanche 15, traversant le canal sec et formant une conduite humide. La paroi étanche est tubulaire, autour de l'axe d'évacuation. L'empilement est agencé de façon que différentes parois étanches sont alignées autour d'un axe parallèle à l'axe transversal. Chaque alignement forme une conduite humide 17.
- [0040] Chaque paroi étanche tubulaire 15 traversant un canal sec 20_d peut être obtenue par un joint étanche, ou par un rapprochement local des parois délimitant le canal sec, comme représenté sur la [Fig.3A].
- [0041] Les figures 3A à 3J montrent un premier exemple de réalisation d'un dispositif selon l'invention. Sur la [Fig.3A], on a représenté une partie d'un empilement 30 de plaques

10. La [Fig.3A] est une représentation 3D à partir d'un plan de coupe parallèle à l'axe transversal Z et l'axe latéral Y. Les plaques 10 de l'empilement 30 délimitent alternativement des canaux secs 20_d et des canaux humides 20_w . Les canaux secs 20_d comportent des parois étanches 15. Chaque paroi étanche 15 traversant un canal sec est obtenue en rapprochant localement les deux plaques délimitant ledit canal. Dans cet exemple, les plaques délimitant chaque canal sec sont placées au contact l'une de l'autre, ce qui forme la paroi étanche 15.

[0042] La [Fig.3B] est une vue élargie de l'empilement représenté sur la [Fig.3A]. On distingue trois conduites humides 17, réparties selon l'axe latéral Y. Chaque conduite humide est reliée à plusieurs sorties humides de différents canaux humides respectifs de l'empilement. Chaque conduite humide reçoit l'air humidifié débouchant de différents canaux humides

[0043] La [Fig.3C] montre deux empilements adjacents 30_i , 30_s identiques à l'empilement 30 représenté sur les figures 3A et 3B. Les empilements 30_i , 30_s s'étendent, le long de l'axe transversal Z. Une chambre de collecte humide 35 s'étend entre les empilements 30_i , 30_s . La chambre de collecte humide 35 est destinée à recevoir l'air humide s'écoulant à travers différentes conduites humides 17 d'au moins un empilement. Dans l'exemple représenté sur la [Fig.3C], la chambre de collecte humide 35 comporte des ouvertures d'admission 37 et une ouverture d'évacuation 39. Chaque ouverture d'admission 37 est reliée à une conduite humide 17. Ainsi, les ouvertures d'admission sont réparties selon l'axe latéral Y. Chaque conduite humide 17 débouche sur une ouverture d'admission 37.

[0044] Dans ce mode de réalisation, chaque empilement comportant plusieurs conduites humides 17, réparties le long de l'axe latéral Y. Chaque conduite humide 17 est reliée à plusieurs sorties humides de différents canaux humides respectifs de l'empilement. Chaque conduite humide est configurée pour recevoir l'air humidifié débouchant de différents canaux humides. La chambre de collecte humide 35 s'étend entre les deux empilements adjacents. Ainsi, les conduites humides 17 des deux empilements adjacents débouchent dans la chambre de collecte humide. La chambre de collecte humide 35 débouche sur l'ouverture d'évacuation 39. Cette dernière est, configurée pour évacuer l'air humide collecté dans la chambre de collecte humide 35. Ainsi, la chambre de collecte humide 35 s'étend entre les conduites humides de l'empilement 17 et l'ouverture d'évacuation 39.

[0045] Chaque conduite humide 17 s'étend, dans un plan perpendiculaire à l'axe transversal Z, selon une section transversale. De même, la chambre de collecte humide 35 s'étend, dans un plan perpendiculaire à l'axe transversal Z, selon une section transversale. La section transversale de la chambre de collecte humide 35 est supérieure à la section transversale de chaque conduite humide 17. De préférence, La section transversale de

la chambre de collecte humide 35 est égale, ou au moins égale au cumul des sections transversales de chaque conduite humide à laquelle elle est reliée. Cela limite la perte de charge.

[0046] Dans l'exemple représenté sur la [Fig.3C], la chambre de collecte humide est délimitée, selon l'axe transversal Z, par une paroi inférieure 35_i et une paroi supérieure 35_s. La chambre de collecte humide comporte des ouvertures d'admission 37 ménagées sur la paroi inférieure 35_i et sur la paroi supérieure 35_s. Les ouvertures d'admission ménagées sur la paroi inférieure collectent l'air humidifié provenant des conduites humides 17 de l'empilement inférieur 30_i. Les ouvertures d'admission ménagées sur la paroi supérieure collectent l'air humidifié provenant des conduites humides 17 de l'empilement supérieur 30_s. Sur la [Fig.3D], on a représenté la face supérieure 35_s de la chambre de collecte humide 35.

[0047] Comme représenté sur la [Fig.3E], chaque empilement 30 s'étend entre une face avant 30f et une face arrière 30r. Les faces avant et arrière sont opposées l'une à l'autre. Les faces avant et arrière s'étendent parallèlement à l'axe longitudinal Y et l'axe transversal Z. Les faces avant et arrière sont reliées par deux faces latérales 30l. Chaque face latérale 30l s'étend selon l'axe transversal Z et l'axe longitudinal X. L'entrée de chaque canal sec et la sortie de chaque canal humide débouchent sur la face avant. Les conduites humides 17 s'étendent le long de la face avant. La chambre de collecte humide s'étend de la face avant jusqu'à la face arrière. L'ouverture d'évacuation 39 débouche de la face arrière. Sur la [Fig.3E], on a représenté, sur chaque empilement, uniquement les plaques s'étendant aux extrémités de l'empilement. Il en est de même pour les figures 3F à 3J.

[0048] L'air refroidi débouche de chaque canal sec, au niveau de la face arrière 30r, de chaque empilement.

[0049] La [Fig.3F] montre différents empilements 30_a, 30_i, 30_s formant une première partie 1A d'un dispositif 1. Comme décrit en lien avec la [Fig.3E], les empilements 30_i, 30_s sont des empilements adjacents selon l'axe transversal Z. Une première chambre de collecte humide 35₁ est disposée entre les deux empilements 30_i et 30_s. Une deuxième chambre de collecte humide 35₂ est disposée entre les deux empilements 30_i et 30_a. Dans l'exemple représenté, l'empilement 30_i est segmenté en deux moitiés. L'air humide débouchant d'une première moitié des canaux humides, les plus proches de la première chambre de collecte humide 35₁, se propage vers cette dernière. L'air humide d'une deuxième moitié des canaux, les plus proches de la deuxième chambre de collecte humide 35₂, se propage vers cette dernière. Sur la [Fig.3F], l'écoulement de l'air humide, à travers les empilements, a été matérialisé par des flèches droites

[0050] On comprend qu'au sein de l'empilement 30_i, le sens de l'écoulement de l'air humide débouchant de chaque canal humide dépend de la position relative du canal humide par

rapport aux chambres de collectes couplées à l'empilement. Une telle configuration permet de réduire la perte de charge résultant de l'écoulement de l'air humide à travers les conduites humides. En effet, la distance entre chaque sortie d'un canal humide et la chambre de collecte humide est inférieure ou égale à la demi-hauteur h de l'empilement. Si l'air humidifié débouchant de tous les canaux humides s'écoulait vers la même chambre de collecte humide, la distance entre chaque sortie d'un canal humide et la chambre de collecte humide pourrait être comprise entre $h/2$ et h pour les canaux les plus éloignés. Cela entraînerait une augmentation de la perte de charge, qui se traduirait par une consommation en énergie plus importante du système de ventilation du dispositif. Dans la configuration représentée sur la [Fig.3F], la distance maximale parcourue par l'air humide, entre une sortie d'un canal humide et la chambre de collecte humide, est inférieure ou égale à $h/2$.

[0051] Sur la [Fig.3F], on a également représenté une chambre de collecte secondaire 40. La chambre de collecte secondaire 40 est reliée à plusieurs chambres de collecte humides. Sur la [Fig.3F], la chambre de collecte secondaire 40 est reliée à la première chambre de collecte humide 35₁ et à la deuxième chambre de collecte humide 35₂. La chambre de collecte secondaire 40 comporte différentes ouvertures d'admission 41, chaque ouverture d'admission étant configurée pour être reliée à une ouverture d'évacuation 39 d'une chambre de collecte humide 35. La chambre de collecte secondaire 40 comporte une ouverture d'évacuation 42. L'ouverture d'évacuation 42 permet une évacuation de l'air s'étant écoulé à travers la chambre de collecte secondaire 40.

[0052] Ainsi, chaque empilement 30 est couplé à au moins une chambre de collecte humide 35. Et différentes chambres de collecte humides 35 sont associées à une même chambre de collecte secondaire. Cet arrangement permet une certaine homogénéisation (à $\pm 10\%$ ou $\pm 20\%$) du débit d'air dans chaque colonne humide, et par conséquent, dans chaque canal humide. Cela est dû au fait que la perte de charge vue par l'air humide se propageant dans chaque canal humide est relativement homogène dans les différents canaux humides.

[0053] Sur la [Fig.3G], on a représenté une entrée 51 d'une chambre d'évacuation 5 décrite par la suite. L'entrée 51 est reliée à l'ouverture d'évacuation 42.

[0054] La [Fig.3H] montre le dispositif 1, comportant la première partie 1A, décrite en lien avec les figures 3F et 3G, ainsi qu'une deuxième partie 1B. Les empilements 30 formant la première partie 1A sont adjacents, selon l'axe longitudinal X, des empilements 30 formant la deuxième partie 1B. Le dispositif comporte une cavité centrale 2, s'étendant entre les empilements formant respectivement les parties 1A et 1B. Les parties 1A et 1B sont symétriques par rapport à un plan parallèle à l'axe latéral Y et à l'axe transversal Z, et passant dans la cavité centrale 2, à égale distance des parties 1A et 1B. Au sein d'une même partie, chaque empilement 30 est relié au moins à une

chambre de collecte humide 35. La chambre de collecte secondaire 40 s'étend dans la cavité centrale 2. La chambre de collecte secondaire 40 est configurée pour recueillir l'air humide résultant des chambres de collectes humides 35. La disposition de la chambre de collecte secondaire dans la cavité centrale, entre empilements formant les première et deuxième parties 1A, 1B, permet un gain en compacité.

[0055] L'air refroidi débouche de chaque empilement dans la cavité centrale 2. La cavité centrale 2, autour de la chambre de collecte secondaire 40, forme une chambre de collecte froide, reliée aux sorties froides respectives de canaux secs de chaque empilement. La chambre de collecte froide est configurée pour collecter l'air débouchant de chaque sortie froide.

[0056] La [Fig.3I] montre la première partie 1A du dispositif précédemment décrit, reliée à une chambre d'évacuation 5. La chambre d'évacuation 5 s'étend entre une interface 51, reliée à la chambre de collecte secondaire 40, et un conduit d'évacuation 52. La chambre d'évacuation comporte un ventilateur 50, assurant l'écoulement de l'air humide successivement à travers les conduites humides 17, les chambre de collecte humides 35, la chambre de collecte secondaire 40 et la chambre d'évacuation 5.

[0057] La [Fig.3J] montre le dispositif décrit en lien avec les figures 3F à 3H. On a représenté une chambre d'admission 3, permettant l'admission d'air à refroidir vers l'entrée des canaux secs 20_a, ainsi qu'un collecteur de sortie 6, configuré pour diriger l'air refroidi collecté dans la cavité centrale 2 vers la pièce à refroidir. Le collecteur de sortie comporte un ventilateur 60, de façon à insuffler l'air refroidi dans une pièce à refroidir.

[0058] Les figures 4A à 4C représentent un dispositif 1' selon un deuxième mode de réalisation. Le dispositif comporte des empilements, s'étendant entre une face avant 1f et une face arrière 1r. La [Fig.4A] représente l'extérieur du dispositif 1'. La [Fig.4B] représente une vue en coupe dans un plan passant par l'axe transversal Z et l'axe latéral Y. La structure générale du dispositif selon le deuxième mode de réalisation est analogue à celle du dispositif selon le premier mode de réalisation. Le dispositif est divisé en deux parties symétriques 1A, 1B. Chaque partie comporte des empilements alignés selon l'axe transversal et séparés les uns des autres par une chambre de collecte humide 35. Chaque empilement comporte une succession de canaux secs et de canaux humides. Le plan de coupe passe par les conduites humides 17 qui recueillent l'air humide débouchant de chaque canal humide. Chaque empilement 30 est disposé entre deux chambres de collecte 35.

[0059] Comme décrit en lien avec le premier mode de réalisation, à l'intérieur de chaque empilement, l'air humide s'écoule selon deux directions opposées vers la chambre de collecte humide 35 la plus proche. Sur la [Fig.4B], l'écoulement de l'air humide est matérialisé par des flèches droites. Cela permet de limiter la perte de charge, comme

décrit en lien avec la [Fig.3F].

- [0060] Au débouché de chaque conduite humide 17, l'air humide se propage à l'intérieur d'une chambre de collecte 35, jusqu'à une ouverture d'évacuation 39. Contrairement au mode de réalisation précédent, la chambre de collecte humide 35 est configurée pour diriger l'air de la vers la face longitudinale 30_l de l'empilement. Chaque ouverture d'évacuation 39 s'étend sur la face longitudinale 30_l d'un empilement.
- [0061] Le dispositif comporte une première partie 1A et une deuxième partie 1B. Les empilements respectifs de chaque partie 30 sont alignés selon l'axe longitudinal Z. Une cavité centrale 2 s'étend entre les deux parties 1A, 1B. Deux empilements adjacents, selon l'axe latéral Y, appartenant respectivement à deux parties différentes, sont séparés par la cavité centrale. La cavité centrale fait office de chambre de collecte secondaire 40. Cette dernière est reliée aux chambres de collecte humides 35 de chaque empilement. La chambre de collecte secondaire débouche sur une chambre d'évacuation 5, prenant la forme d'un conduit. La circulation de l'air humide successivement dans les conduites humides 17, les chambres de collecte humides 35 et la chambre de collecte secondaire 40, est commandée par un ventilateur 50.
- [0062] Sur la [Fig.4B], chaque empilement comporte une plaque médiane 32, pleine, obturant les conduites humides 17. Dans chaque conduite, la propagation de l'air humide résultant des canaux humides est effectuée de la plaque médiane 32 vers les ouvertures d'admission 37. La plaque médiane 32 assure également une fonction de maintien mécanique de chaque empilement. Elle est insérée dans des encoches ménagées dans la face latérale 30_l des empilements.
- [0063] Sur la [Fig.4C], on a représenté la face arrière 1_r et la face avant 1_f du dispositif 1'. La face avant permet l'admission d'air à refroidir, par le biais d'une chambre d'admission 3. La chambre d'admission forme l'entrée d'air à refroidir. La face arrière permet un écoulement d'air refroidi, débouchant des canaux secs.
- [0064] Le deuxième mode de réalisation est particulièrement adapté à une configuration selon laquelle la face arrière du dispositif est disposée contre un mur. Cela permet d'obtenir un dispositif dont l'encombrement, selon l'axe longitudinal X, est réduit.
- [0065] Selon une variante, le dispositif peut être tel qu'au moins un empilement est relié à au moins plusieurs conduites d'admission, réparties selon l'axe latéral Y. Chaque conduite d'admission est reliée à plusieurs entrées de différents canaux secs respectifs de l'empilement. Chaque conduite d'admission est configurée pour distribuer l'air à refroidir dans différents canaux secs. Selon une telle variante, les conduites d'admission reliées à l'empilement s'étendent à partir d'une même chambre d'admission, la chambre d'admission formant l'entrée d'air à refroidir.
- [0066] L'invention permet une gestion optimisée des écoulements d'air, en particulier d'air humide, en limitant les pertes de charges. Elle permet ainsi une certaine homogéné-

néisation du débit d'air circulant dans les canaux des empilements. Elle permet également de proposer des dispositifs compacts, ou dont la géométrie est adaptée à un usage particulier.

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 au moins un empilement (30), les plaques de l'empilement étant espacées les unes des autres selon un axe transversal (Z), chaque plaque comportant une face sèche (10_d) opposée à une face humide (10_w), la face humide 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 humide, chaque plaque s'étendant selon un axe longitudinal, entre une première bordure et une deuxième bordure, chaque bordure formant une extrémité de la plaque dans un plan perpendiculaire à l'axe transversal ;

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 humides (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, deux canaux respectivement sec et humide adjacents étant reliés par une jonction fluidique (21) ;
- chaque canal sec (20_d) s'étend, selon l'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 la jonction fluidique (21) et plusieurs sorties humides (20_{w,out}), chaque sortie humide étant destinée à une évacuation

d'air humidifié suite à l'écoulement dans le canal humide ;

le dispositif étant caractérisé en ce que, pour chaque empilement :

- les sorties humides de chaque canal humide sont réparties selon un axe latéral (Y), perpendiculaire à l'axe longitudinal et à l'axe transversal ;
- l'empilement comporte plusieurs conduites humides (17), réparties selon l'axe latéral, chaque conduite humide étant reliée à plusieurs sorties humides de différents canaux humides respectifs de l'empilement, chaque conduite humide étant configurée pour recevoir l'air humidifié débouchant de différents canaux humides ;
- les conduites humides de l'empilement débouchent dans une même chambre de collecte humide (35);
- la chambre de collecte humide débouche sur une ouverture d'évacuation (39), configurée pour évacuer l'air humide collecté dans la chambre de collecte humide, la chambre de collecte humide s'étendant entre les conduites humides (17) de l'empilement et l'ouverture d'évacuation ;

et en ce que le dispositif comporte deux empilements adjacents, la chambre de collecte humide s'étendant entre les deux empilements adjacents.

[Revendication 2]

Dispositif selon la revendication 1, comportant plusieurs chambres de collecte humides (35), chaque chambre de collecte humide étant reliée à un ou plusieurs empilements (30), les ouvertures d'évacuation respectives des chambres de collecte humides débouchant dans une même chambre de collecte secondaire (40), de façon que l'air débouchant de chacune desdites chambres de collecte humides est collecté dans la chambre de collecte secondaire.

[Revendication 3]

Dispositif selon la revendication l'une quelconque des revendications précédentes , dans lequel :

- le dispositif comporte deux empilements adjacents selon l'axe transversal ;
- les conduites humides desdits deux empilements adjacents débouchent dans la chambre de collecte humide.

- [Revendication 4] Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 ou 3 dans lequel :
- le dispositif comporte deux empilements adjacents, le long de l'axe longitudinal, les empilements adjacents étant disposés de part et d'autre d'une cavité centrale (2) ;
 - les deux empilements adjacents sont chacun reliés à une chambre de collecte humide ;
 - les ouvertures d'évacuation respectives de chacune des chambres de collectes humides débouchent dans la cavité centrale, la cavité centrale formant la chambre de collecte secondaire.

- [Revendication 5] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chaque empilement comporte :

- une partie avant, comportant les entrées d'air des canaux secs et les sorties humides des canaux humides de l'empilement, ainsi que les conduites humides ;
- une partie arrière, comportant les sorties froides des canaux secs de l'empilement ;

et dans lequel la chambre de collecte humide est configurée pour diriger l'air de la partie avant vers la partie arrière de l'empilement, l'ouverture d'évacuation débouchant de la partie arrière de l'empilement.

- [Revendication 6] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chaque empilement comporte

- une partie avant, comportant les entrées d'air des canaux secs et les sorties humides des canaux humides de l'empilement, ainsi que les conduites humides ;
- une partie arrière, comportant les sorties froides des canaux secs de l'empilement ;
- une face longitudinale, reliant la partie avant et la partie arrière ;

et dans lequel la chambre de collecte humide est configurée pour diriger

l'air de la partie avant vers la face longitudinale de l'empilement, l'ouverture d'évacuation s'étendant sur la face longitudinale de l'empilement.

[Revendication 7] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant une chambre de collecte froide, reliée aux sorties froides respectives de canaux secs de l'empilement, la chambre de collecte froide étant configurée pour collecter l'air débouchant de chaque sortie froide.

[Revendication 8] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel :

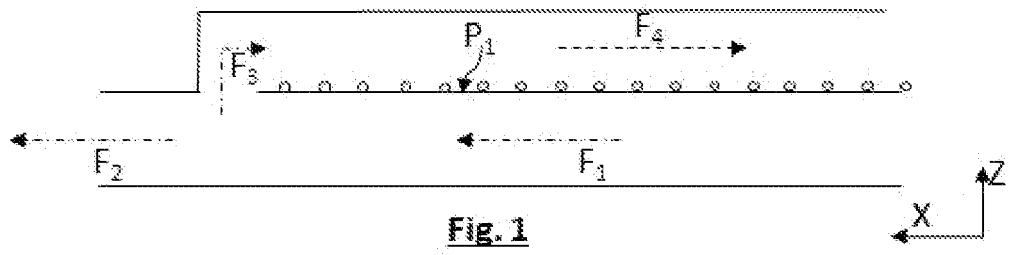
- l'empilement est relié à au moins plusieurs conduites d'admission, réparties selon l'axe latéral, chaque conduite d'admission étant reliée à plusieurs entrées sèches de différents canaux secs respectifs de l'empilement, chaque conduite d'admission étant configurée pour distribuer l'air à refroidir dans différents canaux secs ;
- les conduites d'admission s'étendent à partir d'une même chambre d'admission, la chambre d'admission formant l'entrée d'air à refroidir.

[Revendication 9] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel :

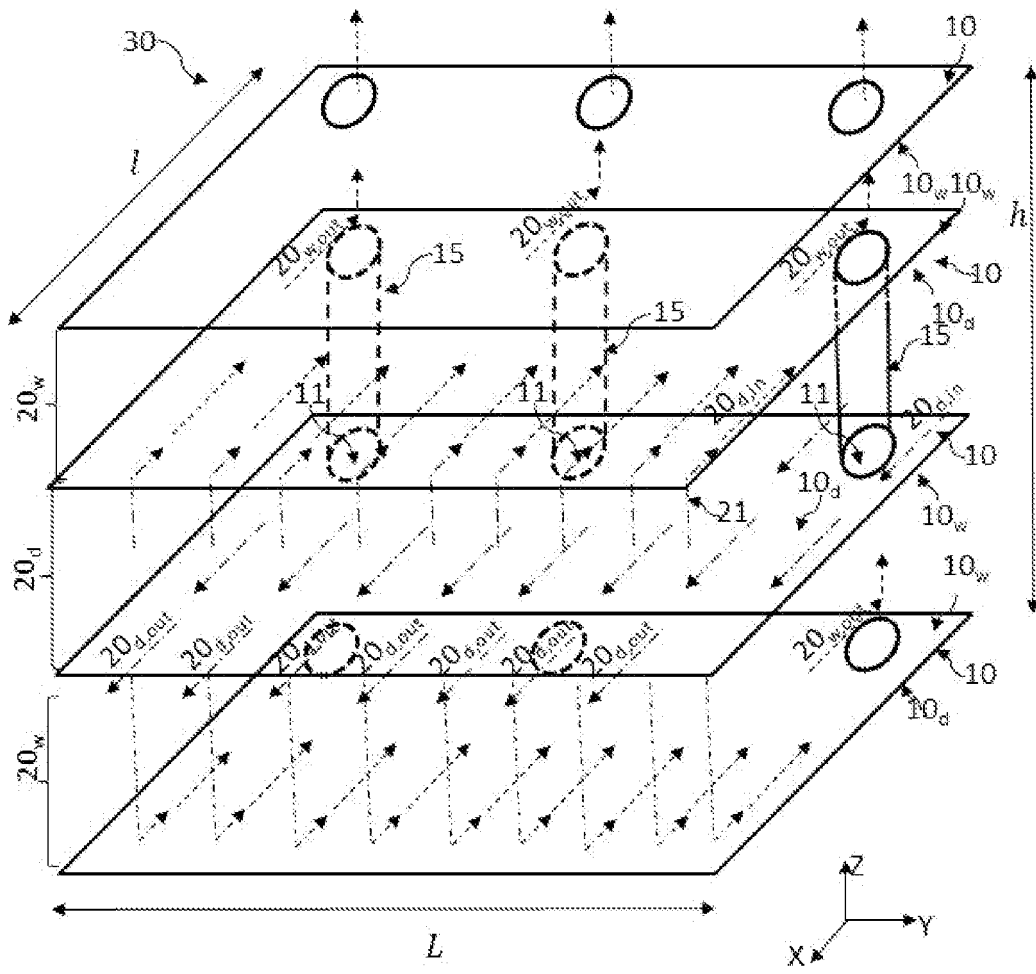
- chaque conduite humide s'étend, perpendiculairement à l'axe transversal, selon une section transversale ;
- la ou chaque chambre de collecte humide s'étend, perpendiculairement à l'axe transversal, selon une section transversale ;

la section transversale de la ou chaque chambre de collecte humide est supérieure à la section transversale de chaque conduite humide à laquelle la ou chaque chambre de collecte est reliée.

[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3A]

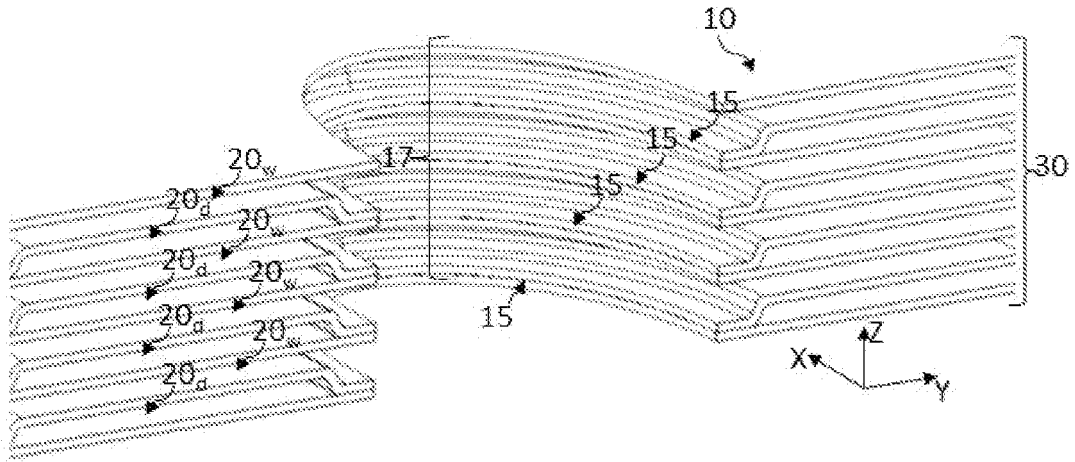


Fig. 3A

[Fig. 3B]

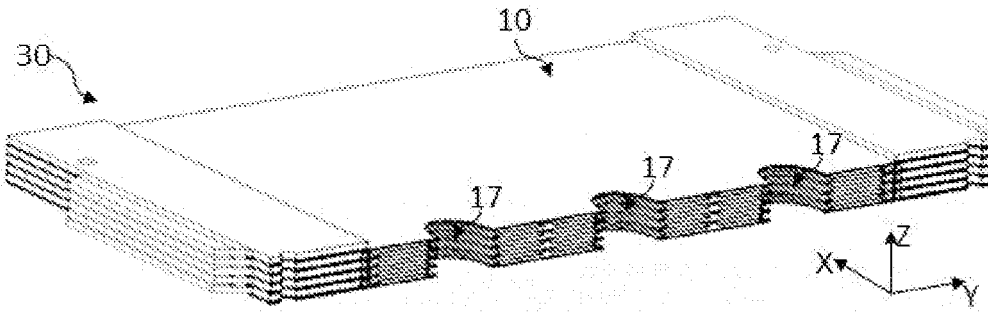


Fig. 3B

[Fig. 3C]

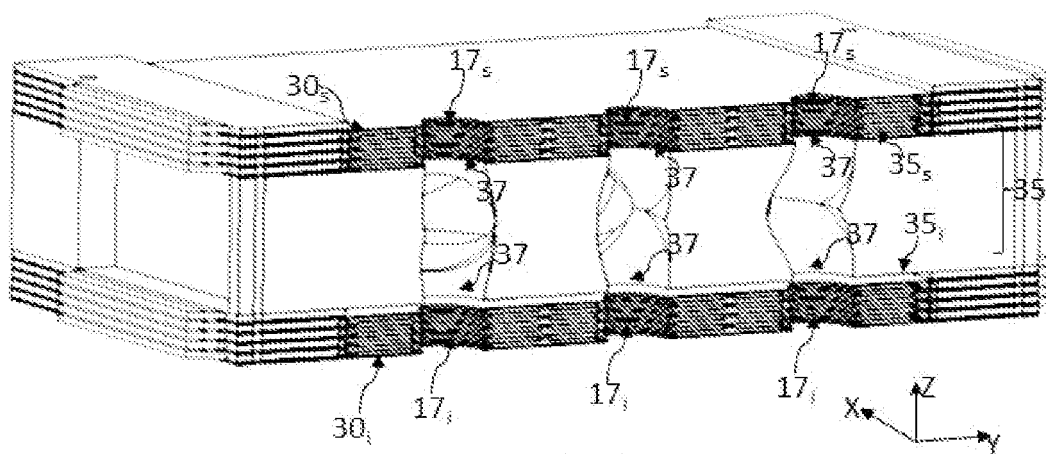
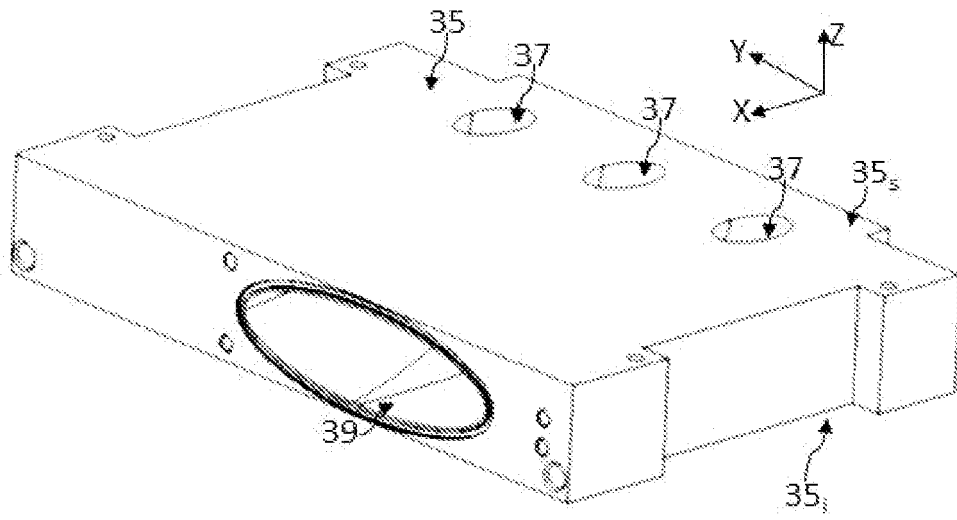
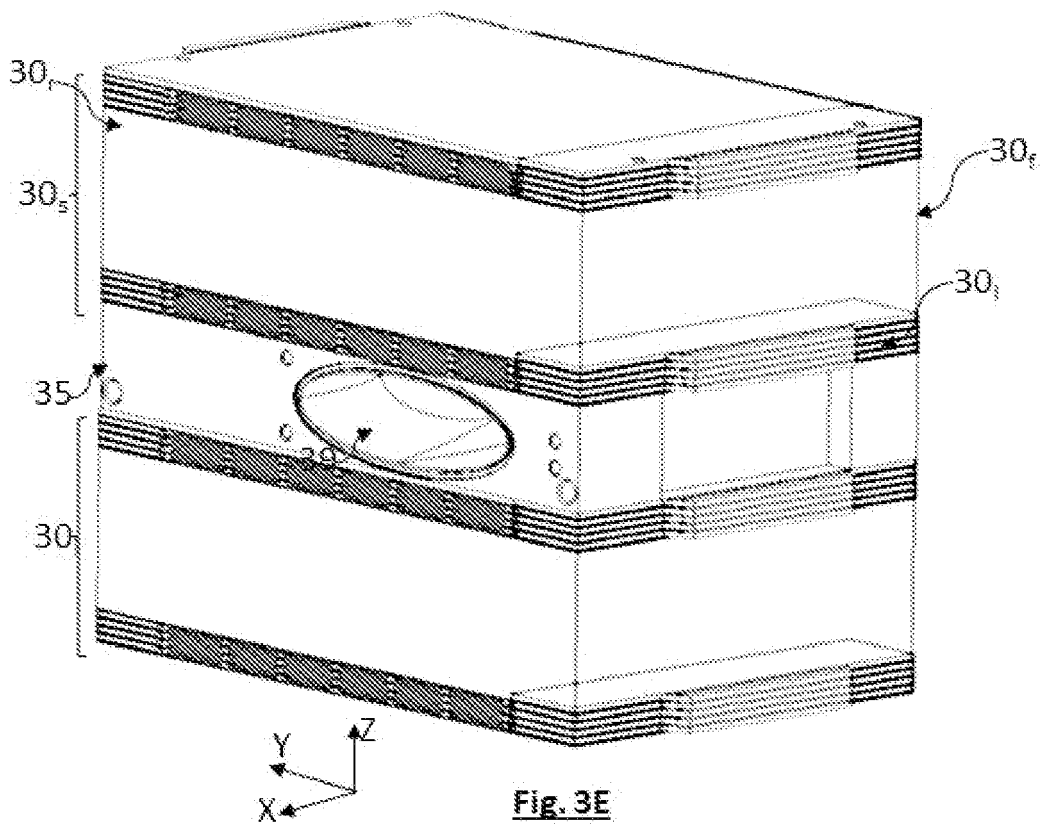


Fig. 3C

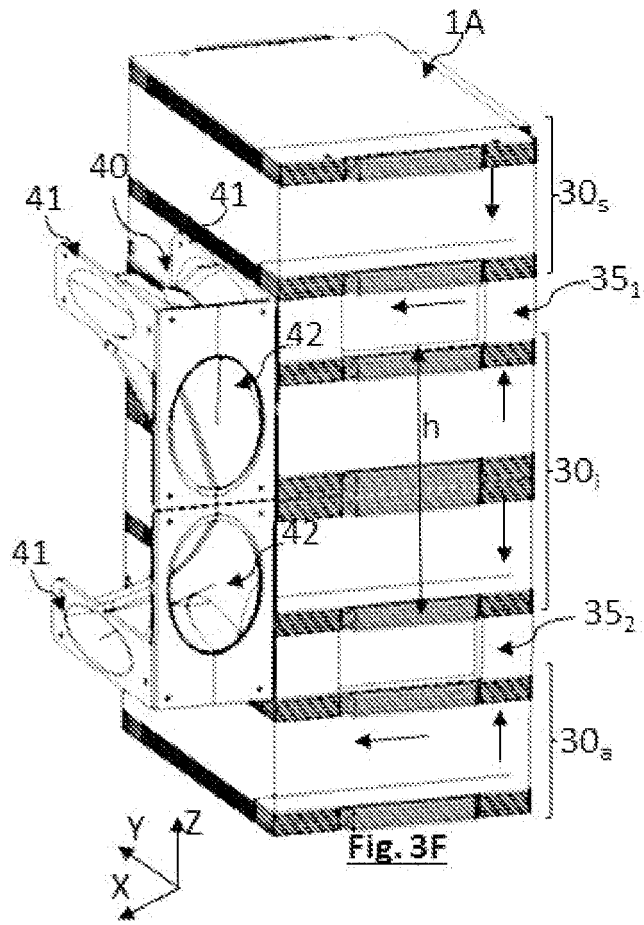
[Fig. 3D]

**Fig. 3D**

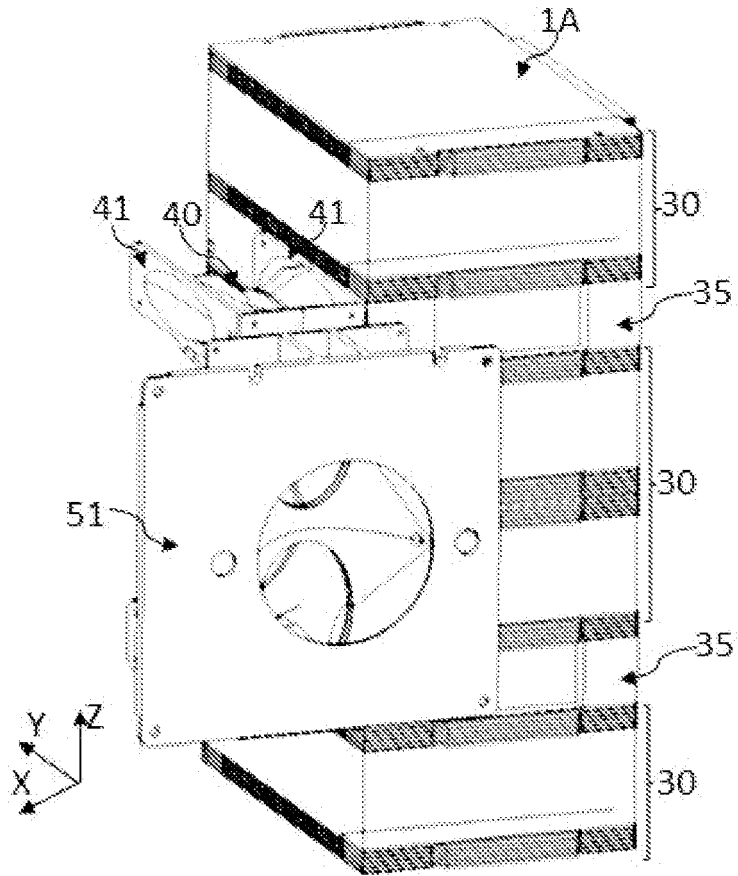
[Fig. 3E]

**Fig. 3E**

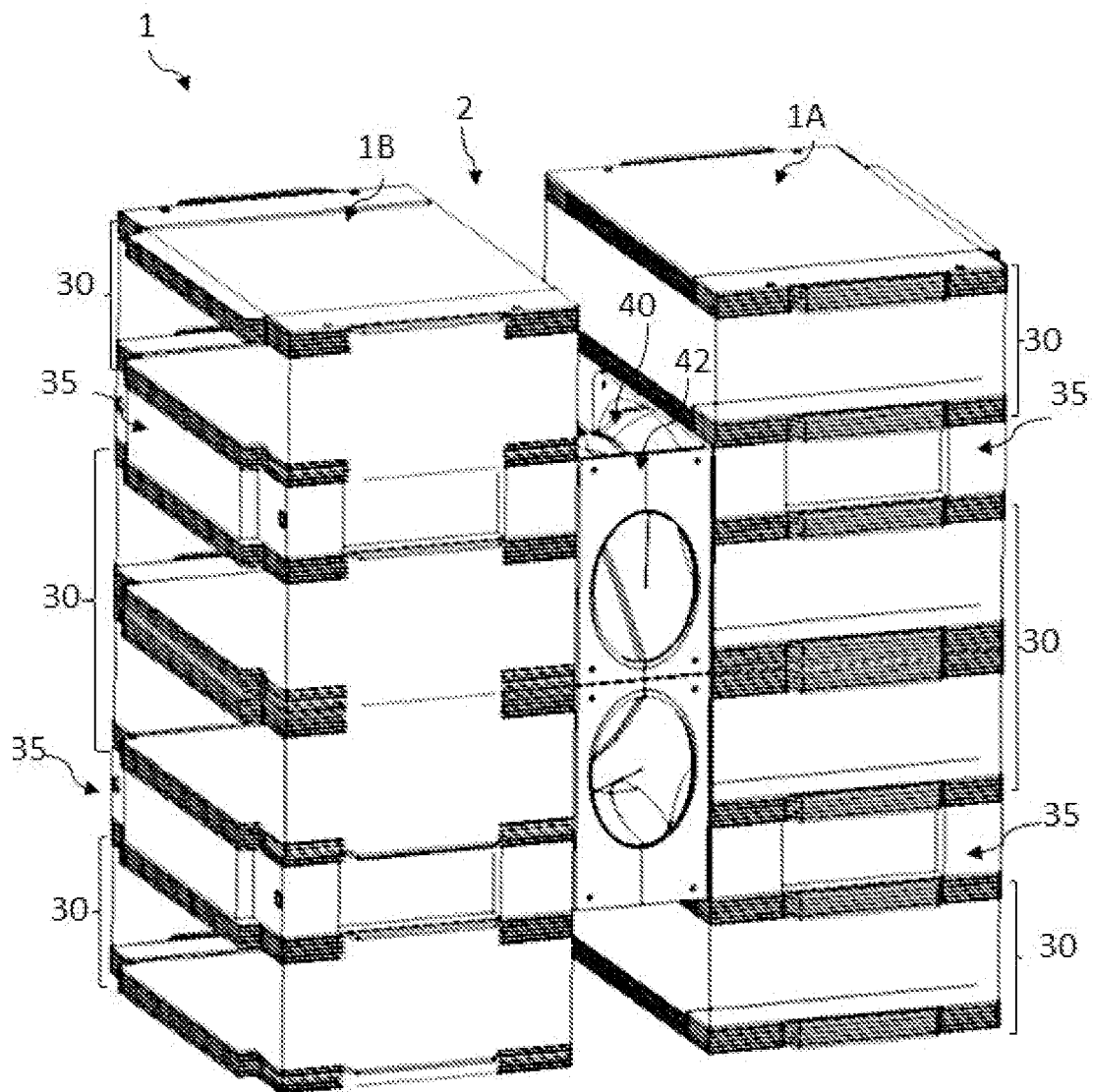
[Fig. 3F]



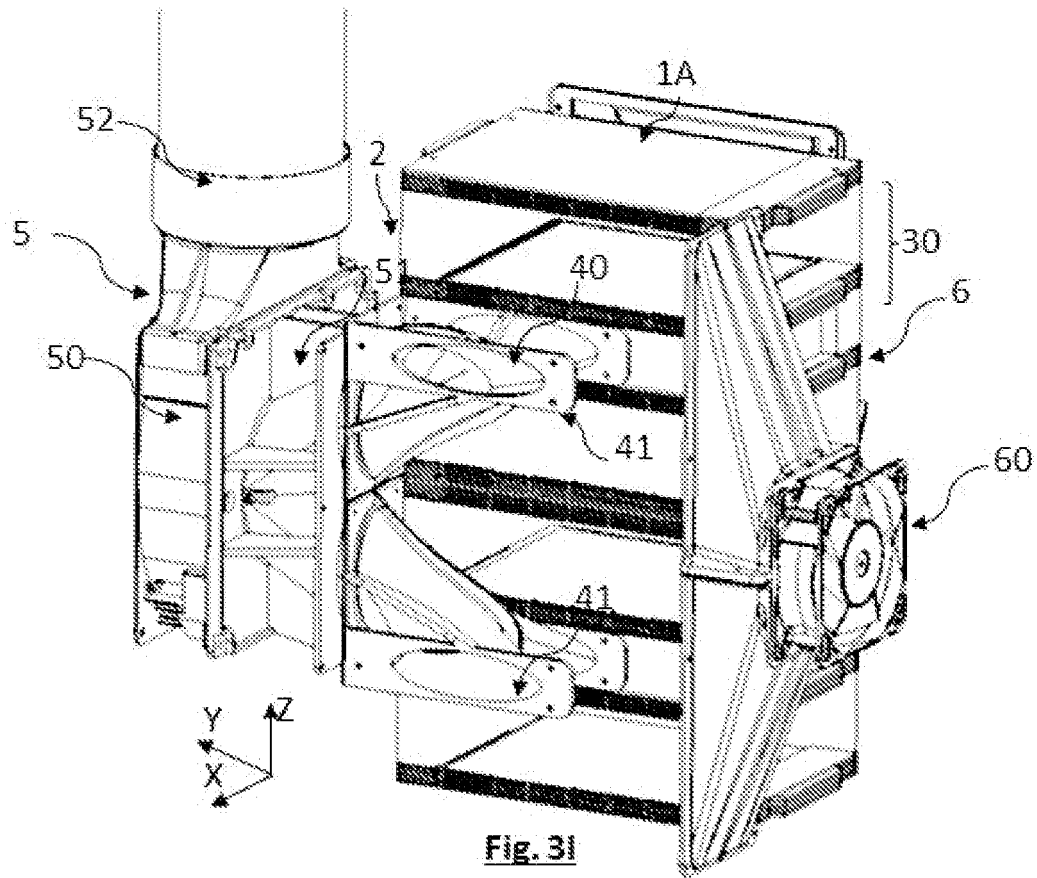
[Fig. 3G]

**Fig. 3G**

[Fig. 3H]

**Fig. 3H**

[Fig. 3I]

**Fig. 3I**

[Fig. 3J]

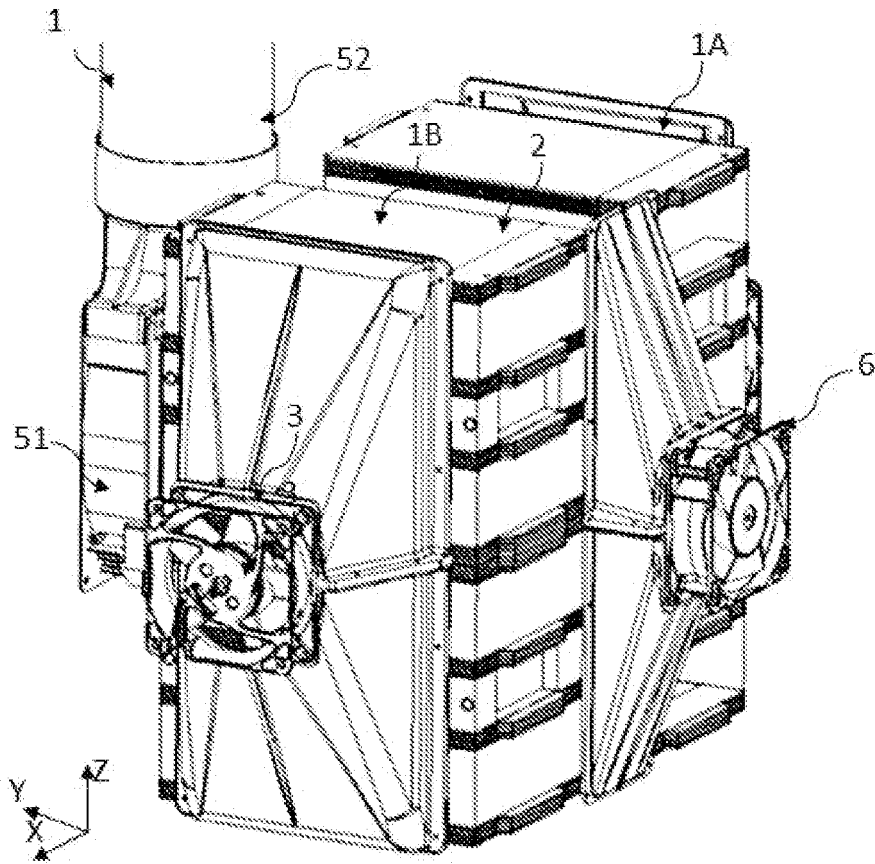


Fig. 3J

[Fig. 4A]

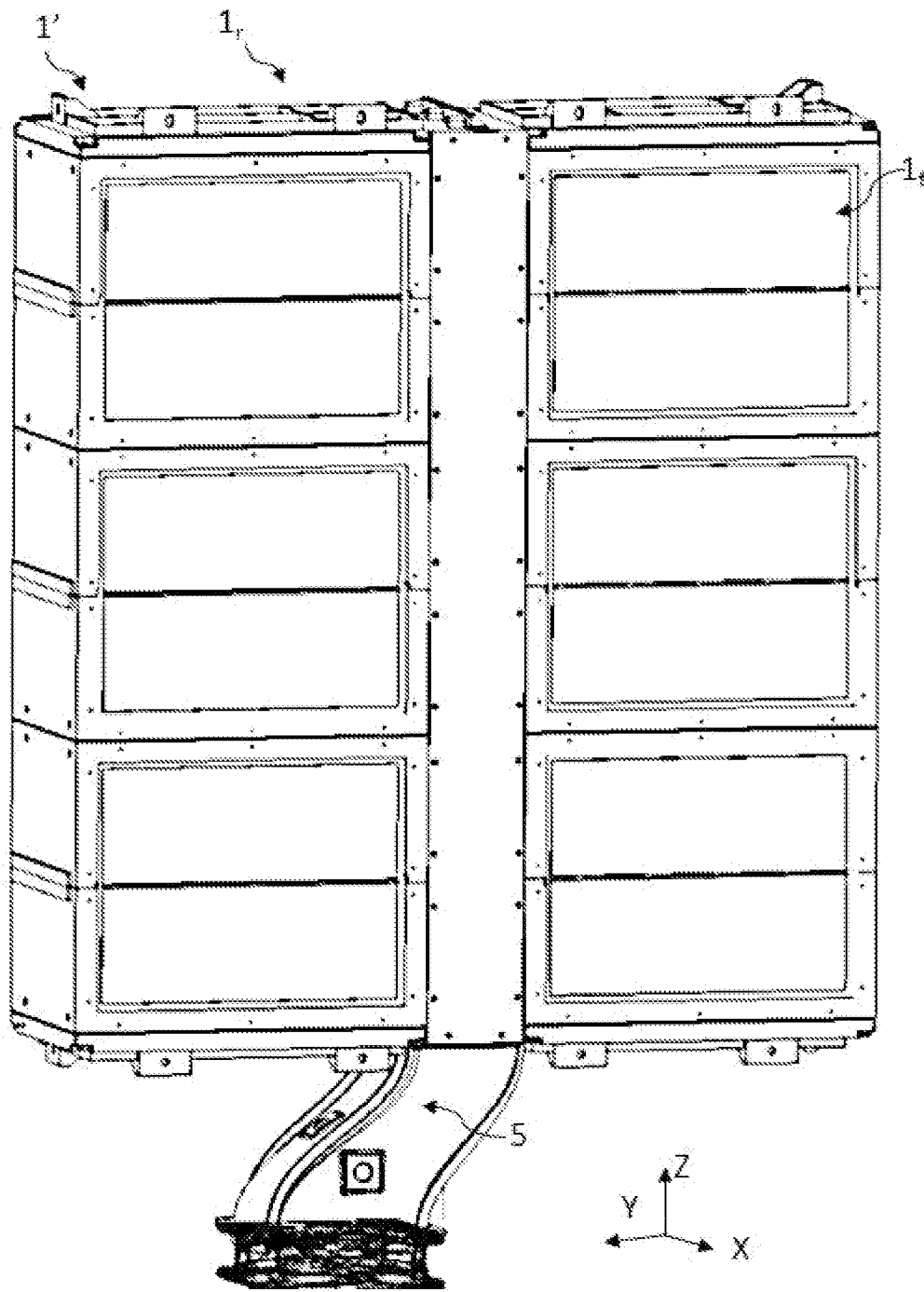


Fig. 4A

[Fig. 4B]

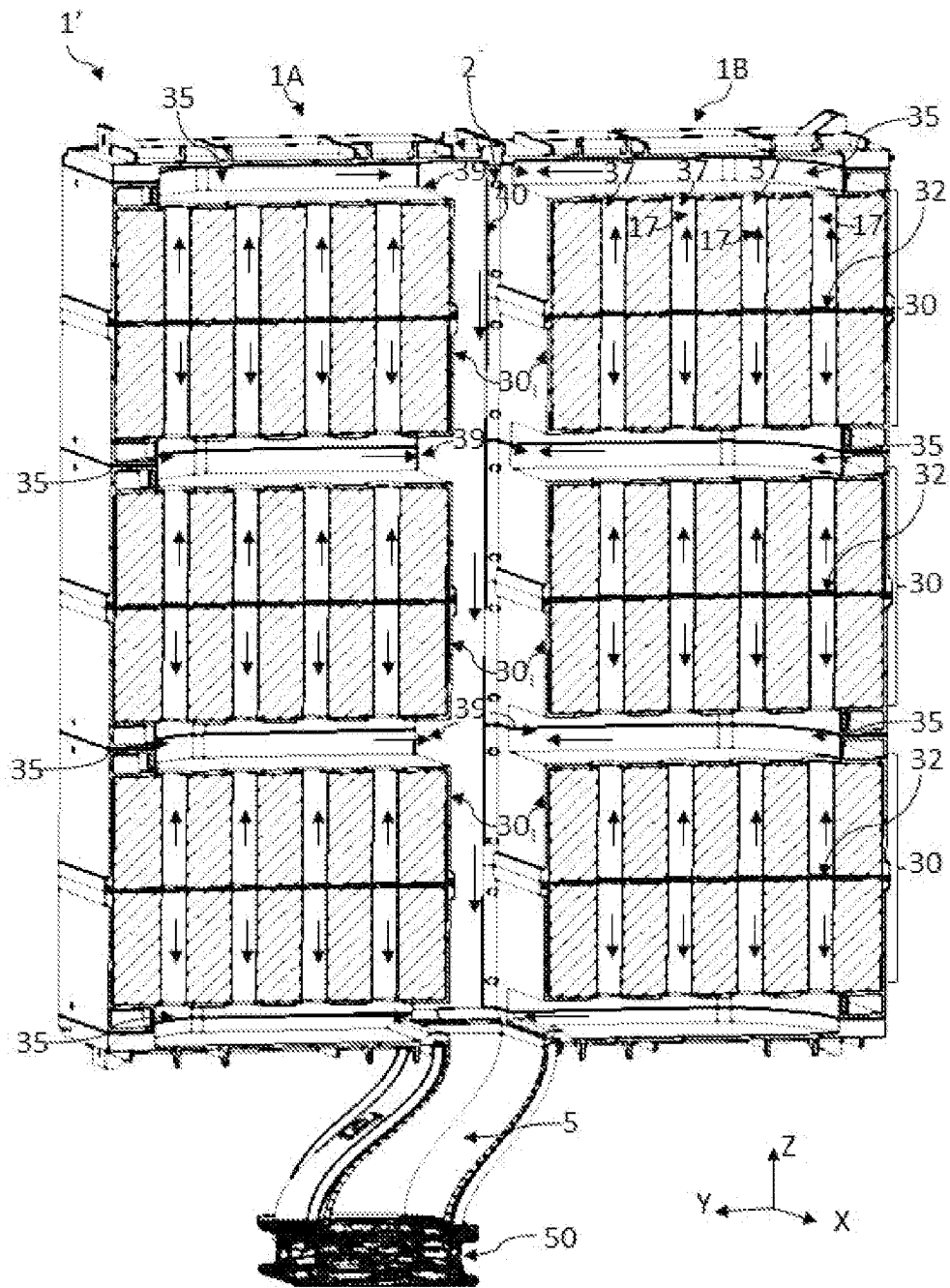
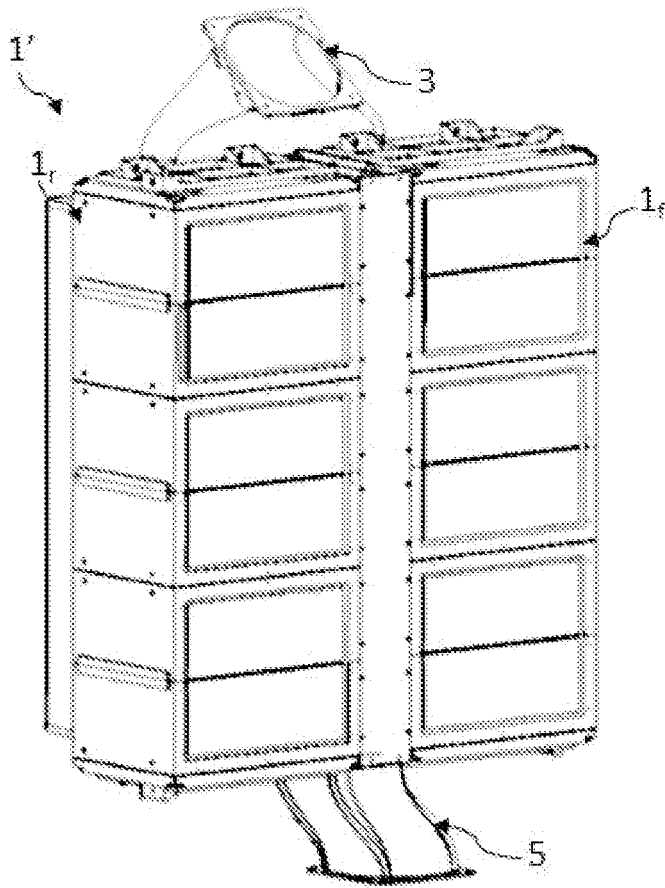


Fig. 4B

[Fig. 4C]

**Fig. 4C**

RAPPORT DE RECHERCHE

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

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

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

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

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

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

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

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

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

WO 2016/134417 A1 (SEELEY INT PTY LTD
[AU]) 1 septembre 2016 (2016-09-01)

GB 2 367 886 A (CENTRAX LTD [GB])
17 avril 2002 (2002-04-17)

WO 2014/205204 A1 (COOLERADO CORP [US])
24 décembre 2014 (2014-12-24)

WO 2011/161360 A2 (ALDES AERAILIQUE [FR];
DAMIZET PATRICK [FR]; BOULANGER XAVIER
[FR]) 29 décembre 2011 (2011-12-29)

**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