

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication:

**0 399 937**  
**A1**

(12)

# **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt: 90450008.9

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>: **F24F 3/14**

(22) Date de dépôt: 23.05.90

(30) Priorité: 25.05.89 FR 8907045

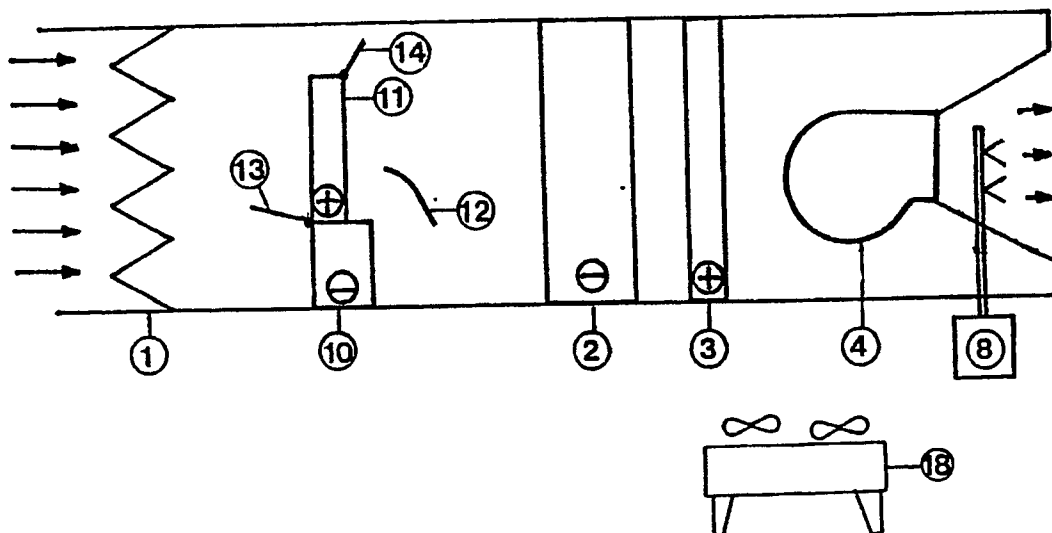
**F-40460 Sanguinet(FR)**(43) Date de publication de la demande:  
28.11.90 Bulletin 90/48(72) Inventeur: **Boizard, Michel**  
**19 l'Orée**  
**F-40460 Sanguinet(FR)**(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE CH DE ES GB GR IT LI LU NL**(71) Demandeur: **Boizard, Michel**  
**19 l'Orée**(74) Mandataire: **Thébault, Jean-Louis**  
**Cabinet Thébault S.A. 50 Cours de Verdun**  
**F-33000 Bordeaux(FR)**(54) **Deshumidificateur hautes performances pour la climatisation.**

(57) - L'objet de l'invention est un déshumidificateur hautes performances pour installation de climatisation du type comprenant successivement entre l'admission de l'air à traiter et la restitution de l'air traité dans l'enceinte à climatiser, une batterie froide (2), une batterie chaude (3), un ventilateur (4) et un humidificateur, caractérisé en ce qu'il est constitué d'un ensemble disposé en amont de la batterie froide et comprenant, d'une part, un évaporateur ou batterie froide (10) agencé de façon à n'être traversé

que par une partie du flux d'air à traiter destiné à ladite batterie froide (2) et, d'autre part, un condenseur ou batterie chaude (11) relié audit évaporateur (10) et agencé de façon à être traversé par au moins une partie du flux d'air à traiter ne traversant pas ledit évaporateur (10), et de moyens (16,19,20) pour récupérer le fluide évaporé provenant dudit évaporateur (10), le comprimer et l'envoyer sur ledit condenseur (11).

- Application à la climatisation.

fig 5



EP 0 399 937 A1

La présente invention concerne un dispositif s'intégrant dans les systèmes de climatisation et destiné à déshumidifier l'air traité tout en apportant, pour l'essentiel, au système un accroissement sensible des performances, une plus grande stabilité des résultats ainsi que d'importantes économies d'énergie.

Une installation de climatisation a pour mission le maintien, dans une plage définie, des paramètres température et hygrométrie relative d'une enceinte climatisée. Pour ce faire, l'air de la salle climatisée chemine au travers d'un appareillage de traitement d'air essentiellement constitué de (figure 1 des dessins annexés) :

- un filtre à air 1 ;
- une batterie d'échange thermique de réfrigération alimentée en eau réfrigérée dite "eau glacée" ou à évaporation directe du fluide frigorigène 2 ;
- une batterie d'échange thermique de chauffage à eau chaude, vapeur ou électrique 3 ;
- un ventilateur 4 assurant la circulation de l'air traité depuis son captage jusqu'à sa réintroduction dans le local climatisé ;
- un réseau de gaines assurant :
  - . l'acheminement de l'air à traiter du local climatisé 9 vers le groupe de traitement d'air (gaines de reprise 5) ;
  - . l'acheminement de l'air traité jusqu'au local climatisé (gaines de soufflage 6) ;
  - . l'admission d'air neuf hygiénique ou technique (gaine d'air neuf 7).

Un dispositif de régulation pilote, par l'intermédiaire de capteurs, de convertisseurs et d'actionneurs, les éléments de l'installation afin de corriger, selon les besoins, les paramètres température et hygrométrie relative du local climatisé. Les actions conduites par la régulation sont :

- Activation de la batterie froide 2 en cas de température trop élevée ;
- Activation de la batterie chaude 3 en cas de température trop basse ;
- Activation de l'humidificateur 8 en cas d'hygrométrie relative trop basse.
- Activation de la batterie froide 2 en cas d'hygrométrie relative trop élevée afin de condenser une partie de la vapeur d'eau contenue dans l'air. La baisse de température indésirable résultant de cette action sera compensée par l'activation de la batterie chaude 3.

Dans une installation de climatisation, il est difficilement envisageable de mesurer séparément l'énergie consommée pour la régulation de la température et celle consommée pour la déshumidification car, dans les deux cas, ce sont les mêmes batteries qui sont sollicitées selon le schéma suivant :

- batterie froide ou batterie chaude pour la température ;

- batterie froide et batterie chaude pour la déshumidification.

S'il n'est point de règle permettant le calcul de l'énergie annuelle nécessaire à la déshumidification, trop de facteurs aléatoires entrant en jeu (quantité d'air neuf introduite, hygrométrie du site, étanchéité des locaux à l'air et à la vapeur d'eau, nombre et activités des occupants...), il n'est pas excessif d'affirmer que la part d'énergie à lui attribuer est de l'ordre de 20 à 50% du bilan énergétique annuel dans les régions tempérées ou méditerranéennes. Ce taux peut être largement dépassé lorsque les locaux traités sont peu étanches et les tolérances de régulation serrées ou lorsque les capacités des batteries ont été mal établies.

L'utilisation de la même batterie froide pour la réfrigération sensible et latente (ou réfrigération et déshumidification) présente de nombreuses imperfections.

Lors de l'établissement du bilan thermique, les gains sensibles et latents sont calculés séparément, la batterie de réfrigération est construite pour répondre, à sa puissance nominale, à la fois aux gains sensibles et aux gains latents. Ces puissances nominales sont, pour la batterie froide, indissociables, pourtant elles ne sont rencontrées que quelques jours par an par le local climatisé et pas nécessairement en même temps. Mais, pour des conditions de l'air à l'entrée données, chaque fois que la batterie froide produira une puissance sensible, elle produira aussi la puissance latente correspondante même si à ce moment-là l'air traité est déficitaire en vapeur d'eau. De la même manière, chaque fois que la batterie froide sera sollicitée pour déshumidifier, elle produira la puissance sensible correspondant à son taux d'activation, même si à ce moment-là l'air traité a besoin d'être chauffé. Il serait intéressant de dissocier les puissances sensible et latente et, ainsi, de traiter indépendamment refroidissement et déshumidification.

Si l'on examine de quelle manière une batterie froide alimentée en eau glacée à 6°C (cas courant) dispense ses puissances sensible et latente, on s'aperçoit qu'aux régimes intermédiaires l'évolution de la puissance latente est loin de suivre celle de la puissance sensible. Ainsi, à une activation de 40% de la batterie froide correspond encore une puissance sensible de 75% alors que la puissance latente n'est plus que de 25% (voir figure 2 sur laquelle S = évolution de la puissance sensible; L = évolution de la puissance latente). Ainsi, il est clair que lorsque la régulation sollicite la déshumidification aux régimes intermédiaires, l'effet de l'indésirable puissance sensible est amplifié.

La batterie froide étant le plus souvent, dans les installations industrielles, alimentée en eau glacée, sa régulation est progressive, de type proportionnel, proportionnel-intégral, ou proportionnel-

intégral-dérivé en ce qui concerne la régulation de température. Côté déshumidification, la régulation est simplement proportionnelle à cause des lentes fluctuations de ce paramètre. Si l'on considère un réglage du point de consigne de l'hygrométrie à 50%, un début d'action à 55% et une bande proportionnelle de 10%, cela signifie :

- qu'entre 50 et 55% aucune action n'est déclenchée ;
- qu'à partir de 55% on commence à activer la batterie froide ;
- qu'à 65% (55 + 10) la batterie froide est activée à 100% par la déshumidification.

Si les éléments naturels font se stabiliser l'hygrométrie relative à 30% de son amplitude, c'est-à-dire  $55 + (0,3 \times 10) = 58\%$ , la régulation va envoyer un ordre d'action de 30% sur l'organe de réglage, lequel libérera 30% du débit nominal d'eau glacée dans la batterie. A ce taux d'activation, la batterie froide va produire 65% de sa puissance sensible nominale mais ne produira aucune puissance latente (voir figure 2), c'est la batterie de chauffage qui devra compenser l'indésirable réfrigération sensible. Cette situation se reproduit en fait aussi souvent et aussi longtemps que les éléments naturels rendent excessive l'hygrométrie relative, car après toute action de déshumidification, ce seuil de 30% est un passage obligé que l'installation est incapable de franchir sans une baisse naturelle de l'hygrométrie. La valeur minimum à laquelle l'installation est capable de ramener une hygrométrie excessive n'est donc pas de 55% comme le laisse supposer le réglage, mais de 58%.

La figure 3 représente un exemple de réglage de régulation proportionnelle de température et appelle les commentaires suivants :

- $X_k$  = point de consigne =  $20^\circ\text{C}$  ;
- entre  $19,5$  et  $20,5^\circ\text{C}$  aucune action n'est provoquée, la température erre librement dans cette fourchette ;
- à  $20,5^\circ\text{C}$  = début d'action de refroidissement ;
- à  $21^\circ\text{C}$  = action maximum sur le refroidissement ;
- à  $19,5^\circ\text{C}$  = début d'action sur le chauffage ;
- à  $19^\circ\text{C}$  = action maximum sur le chauffage.

Durant la phase "A", la charge thermique des locaux climatisés a été mise en service, la température s'est accrue jusqu'à  $20,5^\circ\text{C}$ , puis jusqu'à un équilibre entre la production frigorifique sensible et les apports thermiques.

Si les apports thermiques ne varient pas ou peu, cet équilibre est durable et la température du local climatisé est stable. Quand les apports de vapeur d'eau provoquent une activation de la déshumidification, la batterie froide va être suractivée par la régulation et l'équilibre sera rompu. La température va s'abaisser d'abord dans la zone neutre entre  $20,5$  et  $19,5^\circ\text{C}$ , puis en deçà de  $19,5^\circ\text{C}$  ; à

ce moment-là le chauffage va entrer en action pour créer un nouvel équilibre avec la surproduction frigorifique -déroulement de la phase "B"- mais dès l'entrée en action de la déshumidification, c'est un abaissement de la température et donc une augmentation de l'hygrométrie relative que l'on a obtenu (à teneur en vapeur d'eau constante, une baisse de température entraîne une hausse de l'hygrométrie relative et réciproquement). Le bilan de l'action se traduit donc :

- par une baisse indésirable de la température entraînant un inconfort ;
- dans un premier temps, par un accroissement de l'hygrométrie relative ;
- par une consommation importante d'énergie (surproduction frigorifique et chauffage) ;
- par une hausse brusque de la température quand l'action en déshumidification est interrompue.

Cet exemple dénonce une autre imperfection de la batterie froide à double usage.

A l'aide du diagramme psychrométrique (figure 4) on peut déterminer les diverses évolutions de l'air humide et chiffrer les énergies mises en jeu lors de la déshumidification. Si l'on désire enlever 1g de vapeur d'eau à une masse d'air contenant 1kg d'air sec (masse de référence pour laquelle est établi le diagramme) à  $20^\circ\text{C}$ , 57% HR et le ramener à  $20^\circ\text{C}$ , 50% HR, on va devoir effectuer un refroidissement en deux phases :

- phase de refroidissement sensible (AB) jusqu'au point de rosée ; la différence d'enthalpie donne  $9,8 - 7,8 = 2 \text{ kcal}$  ;
- phase de refroidissement sensible + latent (BC) de  $7,8 - 6,7 = 1,1 \text{ kcal}$ .

Il sera ensuite indispensable d'effectuer un réchauffement jusqu'à  $20^\circ\text{C}$  (CD) soit  $9,3 - 6,7 = 2,6 \text{ kcal}$ .

L'énergie totale dépensée est :  $2 + 1,1 + 2,6 = 5,7 \text{ kcal}$ .

De ces 5,7 kcal, seule une énergie de 1,1 kcal a été utile à la déshumidification. La phase de refroidissement sensible de 2 kcal n'a servi qu'à atteindre les conditions où la vapeur d'eau est prête à être condensée (point de rosée) et la phase de réchauffage de 2,6 kcal ne sert qu'à rejoindre la température de départ.

La déshumidification hautes performances, objet de l'invention, vise à décharger la batterie froide de son double rôle en ne lui laissant que celui de la réfrigération sensible et en prenant à son compte avec une efficacité maximum la condensation de vapeur d'eau.

Après être assuré que le marché français peut proposer aux concepteurs d'installations des batteries de réfrigération capables de produire, aux conditions habituelles de fonctionnement (eau à  $6^\circ\text{C}$  ; air à  $20^\circ\text{C}$  ; 60% HR) une puissance de réfrigération exclusivement sensible, il suffit de

concevoir un système frigorifique hautement efficace en déshumidification, excluant les imperfections des fonctionnements précédemment décrits et écartant les gâchis d'énergie mis en évidence par le diagramme psychrométrique. Ainsi, la phase de refroidissement sensible est un passage obligatoire pour l'air que l'on veut amener au point de rosée, mais pourquoi y amener tout l'air ? Il suffit de ne traiter en déshumidification qu'une partie de l'air et l'assécher davantage, de telle sorte qu'après mélange avec la partie non traitée on obtienne le résultat souhaité au départ. Quant à la phase de réchauffage, elle est réduite d'autant puisque seule une partie de l'air a subi le refroidissement sensible. Comme il est nécessaire, après déshumidification d'une partie de l'air, de la mélanger avec la partie non déshumidifiée, rien n'impose d'effectuer la phase de réchauffage sur l'air déshumidifié.

Le système frigorifique qui sera capable de condenser le maximum de vapeur d'eau sur une masse d'air donnée sera celui qui refroidira cette masse d'air le plus près possible de 0 °C sans prendre le risque de givrage. Un système frigorifique à évaporation directe suffit.

Le but de l'invention est atteint en proposant un déshumidificateur dont les caractéristiques sont énoncées dans la revendication 1 annexée à la présente description.

Les figures 5 à 10 des dessins annexés à la présente description illustrent divers modes de réalisation du dispositif de l'invention.

La figure 5 montre l'implantation d'un déshumidificateur à hautes performances au sein d'un appareillage de traitement d'air classique. On retrouve le filtre 1, la batterie froide 2 qui n'est désormais capable que de délivrer une puissance frigorifique sensible, la batterie chaude 3, le ventilateur 4 et l'humidificateur 8. La batterie froide 10 du déshumidificateur à hautes performances ne va intéresser qu'une partie du flux d'air entrant dans l'appareil de traitement pour deux raisons : sa surface n'occupe qu'une partie de la section de l'appareil de traitement d'air et ses pertes de charge aérodynamiques spécifiques sont élevées (nombre de rangs important). Par ailleurs, un volet 13 permet d'affiner le débit d'air franchissant cette batterie. La puissance frigorifique totale (sensible + latente) produite à l'évaporateur 10 sera rejetée au condenseur 11 qui sera dimensionné pour pouvoir évacuer cette puissance avec des pertes de charge aérodynamiques égales à celles de l'évaporateur 10 pour un débit d'air au plus égal au débit nominal diminué du débit traversant l'évaporateur. Ces conditions seront faciles à obtenir car l'écart de température sur l'air au niveau du condenseur admet une grande latitude et un volet 14 permet de by-passer-toujours avec la même perte de charge- l'éventuel excédent de débit d'air au condenseur. L'écou-

ment turbulent de l'air dans l'appareil de traitement assure un bon mélange des flux en aval du déshumidificateur. Eventuellement, un turbulateur 12 favorisera ce mélange.

La figure 6 donne une autre disposition des batteries évaporateur et condenseur favorisant encore le mélange du flux d'air déshumidifié avec le flux réchauffé, le volet 14 permettant toujours l'équilibrage aérodynamique de l'ensemble. Le condenseur 11 est ici placé horizontalement, c'est-à-dire avec son plan parallèle à l'axe d'écoulement de l'air traité, ce qui permet l'utilisation de surfaces plus grandes tant pour le condenseur 11 que pour l'évaporateur 10.

Sur la figure 7, le condenseur 11 occupe toute la section de l'appareil de traitement. Il est donc traversé par la totalité du débit d'air. L'évaporateur 10, placé partiellement devant le condenseur ne pouvant être franchi par le volume d'air nominal que grâce à un volet 15 permettant la récupération de la pression dynamique nécessaire. Cette pression dynamique aurait aussi pu être récupérée par une configuration particulière du réseau en amont de l'évaporateur.

La figure 8 montre un évaporateur 10 placé à la sortie d'un coude sur la partie extérieure. C'est la vitesse importante de l'air dans cette partie du coude qui assure le franchissement de l'évaporateur. Cette mise en série aérodynamique du condenseur 11 et de l'évaporateur 10 améliore encore le rendement du cycle frigorifique en sous-refroidissant le fluide frigorigène sortant du condenseur.

Le déshumidificateur à hautes performances comporte de préférence un deuxième condenseur 18 placé en atmosphère extérieure. Cette disposition permet au déshumidificateur de sélectionner lui-même, par l'intermédiaire de la régulation, lequel des condenseurs sera utilisé selon que la puissance frigorifique sensible produite à l'évaporateur 10 est ou n'est pas utile à la charge thermique sensible du moment.

La figure 9 représente le schéma frigorifique de principe du déshumidificateur à hautes performances. Un compresseur frigorifique 16 comprime le fluide frigorigène vers une vanne à trois voies 17, laquelle sélectionne le condenseur extérieur 18 ou le condenseur placé dans le flux d'air traité 11 selon qu'il est intéressant ou non de récupérer la puissance frigorifique sensible du système. L'un ou l'autre des condenseurs alimente ensuite, par l'intermédiaire de clapets de retenue 21, un détendeur 19 qui assure le remplissage de l'évaporateur 10 en fluide frigorigène à basse pression. Le fluide évaporé retourne au compresseur par l'intermédiaire d'une vanne à pression constante 20 qui interdit à la température d'évaporation du fluide frigorigène de s'abaisser au dessous de 0 °C, prévenant ainsi tout risque de givrage et autorisant des tolérances

au niveau du réglage du débit d'air traversant l'évaporateur. Il est intéressant d'observer que lorsque c'est le condenseur extérieur 18 qui est sélectionné, c'est-à-dire lorsqu'on décide de récupérer la puissance sensible du déshumidificateur, l'enthalpie de l'air en aval du déshumidificateur est diminuée de la puissance frigorifique de celui-ci, tandis que lorsque c'est le condenseur 11, placé dans le flux d'air traité, qui est sélectionné, l'enthalpie en aval du déshumidificateur se trouve majorée de l'équivalent calorifique du travail mécanique du compresseur 16. C'est l'effet pompe à chaleur qui est obtenu. De cette observation il faut retenir qu'il est désormais inutile de faire intervenir la batterie de chauffage 3 pour relever la température de l'air après déshumidification. La batterie de chauffage 3 ne sera plus dimensionnée que pour compenser le bilan thermique hiver des locaux climatisés. Il devient donc inutile de maintenir activés, hors saison de chauffage, les réseaux de chaleur pour alimenter les climatisations équipées du déshumidificateur hautes performances.

On va donner ci-dessous un exemple de détermination d'un déshumidificateur hautes performances destiné à équiper une installation de climatisation existante, dont les principales caractéristiques sont :

- puissance frigorifique sensible : 25 kW ;
- puissance frigorifique latente : 3 kW (soit une capacité à condenser  $3/0,673 = 4,45$  kg de vapeur d'eau par heure, avec  $0,673 =$  chaleur latente de condensation de 1 kg de vapeur d'eau en kwh) ;
- débit d'air traité :  $10.000 \text{ m}^3/\text{h}$  ;
- section de l'appareil de traitement existant :  $1,11 \text{ m}^2$  pour une vitesse de passage de  $2,5 \text{ m/s}$  ;
- bilan thermique hiver : 7 kW ;
- Conditions à maintenir dans les locaux :  $20^\circ \text{C} \pm 1 \text{ K}$  ; 50% HR  $\pm 10\%$  ;
- Puissance batterie chaude : 32 kW (compensation des 25 kW frigorifiques sensibles + 7 kW de bilan hiver).

La batterie froide d'une puissance totale de  $25 + 3 = 28 \text{ kW}$  sera remplacée par une batterie ne produisant que 25 kW de puissance sensible. Il peut être suffisant d'augmenter la température du circuit d'eau glacée pour obtenir ce résultat (selon avis du constructeur). La batterie chaude d'une puissance de 32 kW peut être remplacée par une batterie n'assurant que le bilan hiver, soit 7 kW. Elle ne fonctionnera plus qu'en période de chauffage.

L'évaporateur du déshumidificateur sera calculé en considérant que le marché offre des batteries à évaporation directe capables, à une température d'évaporation de  $0^\circ \text{C}$  et une vitesse de passage de  $1,15 \text{ m/s}$ , d'assurer des conditions de sortie de l'air à  $+3^\circ \text{C}$ , 96% HR, dans les conditions de l'exemple, soit  $20^\circ \text{C}$ , 60% HR à l'entrée

sur la batterie. Une telle batterie condense donc :  $8,7 - 4,6 = 4,1 \text{ g}$  de vapeur d'eau par masse d'air de référence à  $20^\circ \text{C}$ , 60% HR (figure 4) avec :

- \*  $8,7 =$  teneur en vapeur d'eau en g d'une masse d'air de référence à  $20^\circ \text{C}$ , 60% HR ;
- \*  $4,6 =$  teneur en vapeur d'eau en g d'une masse d'air de référence à  $3^\circ \text{C}$ , 96% HR ;
- \* Masse d'air de référence = masse d'air humide contenant 1 kg d'air sec.

Pour condenser  $4.450 \text{ g}$  de vapeur d'eau à l'heure, la batterie évaporateur du déshumidificateur devra être traversée par  $4.450/4,1 = 1.085$  masses d'air de référence à  $20^\circ \text{C}$ , 60% HR avec :

- \*  $4.450 =$  masse de vapeur d'eau à condenser en 1 h en g ;
- \*  $4,1 =$  masse de vapeur d'eau en g condensable par l'évaporateur du déshumidificateur par masse d'air de référence dans les conditions précitées.

Ce qui donne un débit volumique sur l'évaporateur du déshumidificateur de  $1.085 \times 0,84 = 911 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $0,84$  étant le volume spécifique de l'air à  $20^\circ \text{C}$ , 60% HR.

Pour respecter une vitesse de passage de  $1,15 \text{ m/s}$  (donnée constructeur), la batterie évaporateur doit avoir une surface de  $911/(3.600 \times 1,15) = 0,22 \text{ m}^2$  avec :

- \*  $911 =$  débit en  $\text{m}^3/\text{h}$  ;
- \*  $3.600 =$  conversion en  $\text{m}^3/\text{s}$  ;
- \*  $1,15 =$  vitesse en  $\text{m/s}$ .

La section totale de l'appareil de traitement d'air étant de  $1,11 \text{ m}^2$ , il reste :  $1,11 - 0,22 = 0,89 \text{ m}^2$  pour placer la batterie condenseur et éventuellement le volet d'équilibrage du déshumidificateur à hautes performances.

La puissance frigorifique à fournir à l'évaporateur est de (voir figure 4) :  $(10,1 - 3,4) \times 1.085 \times 1,16 = 8.433 \text{ W} = 8,43 \text{ kW}$  avec :

- \*  $10,1 =$  enthalpie de l'air à l'entrée sur l'évaporateur (kcal) ;
- \*  $3,4 =$  enthalpie de l'air à la sortie de l'évaporateur (kcal) ;
- \*  $1.085 =$  masse de référence d'air traversant l'évaporateur ( $\text{kg/h}$ ) ;
- \*  $1,16 =$  conversion des kcal en Wh.

Le compresseur frigorifique disponible sur le marché capable de produire cette puissance frigorifique a une puissance électrique de  $2,25 \text{ kW}$  et sa puissance de réjection au condenseur est de  $10,46 \text{ kW}$ .

A l'aide de logiciels informatiques, les constructeurs peuvent, connaissant certains éléments, déterminer une batterie ainsi que l'ensemble de ses autres caractéristiques. Dans le cas de l'évaporateur, les éléments fournis sont :

- alimentation en fluide frigorigène R22 s'évaporant à  $0^\circ \text{C}$  ;
- les conditions de l'air à l'entrée et à la sortie ;
- le débit d'air à traiter ;

- la vitesse de passage.

Un constructeur propose une batterie à six rangs de tubes avec des formes et des pas d'ailettes qui relèvent de ses techniques de construction. Cette batterie a, entre autres caractéristiques, une perte de charge aéraulique de 42 Pa.

Pour la détermination de la batterie condenseur, les trois éléments fondamentaux à considérer sont :

- la capacité du condenseur à évacuer les calories du circuit thermodynamique. Cet élément est assez peu contraignant car l'écart de température amont-aval sur l'air permet une large marge ;
- les pertes de charge aérauliques ont une grande importance. Elles doivent être, à débit différent et à batterie différente, égales à celles de l'évaporateur. Là, il sera quand même possible d'augmenter au-delà du nécessaire le débit d'air sur le condenseur pour accroître si besoin les pertes de charge et rejoindre celles de l'évaporateur. La grande stabilité de la température de l'air entrant sur le condenseur évite tout risque de refroidissement excessif (température du local climatisé) ;
- la surface du condenseur devra permettre un logement de front avec l'évaporateur, sinon il faudra adopter une configuration horizontale plus encombrante (figure 6).

Les éléments communiqués au constructeur seront :

- une perte de charge aéraulique de 42 Pa ;
- une puissance calorifique à évacuer de 10,46 kW avec une différence de température n'excédant pas 10K.

Entre autres possibilités on retiendra une batterie dont les principales caractéristiques sont :

- pertes de charge aérauliques = 42 Pa ;
- deux rangs de tubes ;
- débit d'air = 6.000 m<sup>3</sup> h ;
- puissance évacuée = 10,46 kW ;
- écart de température entrée-sortie = 5,2 K ;
- surface 0,56 m<sup>2</sup> ;
- vitesse frontale 2,98 m s ;

La somme des surfaces de l'évaporateur et du condenseur étant de 0,22 + 0,56 = 0,78 m<sup>2</sup> et la section de l'appareil de traitement d'air étant de 1,11 m<sup>2</sup>, il suffira de prévoir un passage libre de 1,11-0,78=0,33 m<sup>2</sup>, muni d'un volet dont le réglage consistera à provoquer une perte de charge là aussi égale à 42 Pa.

Le débit d'air franchissant le volet sera de 10.000-(911 + 6.000)=3.089 m<sup>3</sup> h avec :

\* 10.000 = débit total dans l'appareil de traitement d'air;

\* 911 = débit d'air sur l'évaporateur ;

\* 6.000 = débit d'air sur le condenseur.

La vitesse de circulation dans le passage libre est de : 3.089/(3.600x0,33)=2,60 m/s.

L'équilibrage aéraulique du dispositif sera très

simple à réaliser. Il suffira d'effectuer le démarrage de l'installation volet fermé, puis d'ouvrir progressivement celui-ci jusqu'à ce que la perte de charge amont-aval des batteries soit de 42 Pa.

Pendant le fonctionnement du déshumidificateur nous aurons à l'évaporateur une production frigorifique totale de 8,43 kW dont 3 kW latents. La puissance de réfrigération sensible est donc de : 8,43-3=5,43 kW. Au condenseur, le rejet calorifique sera de 10,46 kW (donnée constructeur du compresseur). Si c'est le condenseur intérieur qui est sélectionné, le bilan des puissances sensibles s'établit à 10,46-5,43=5 kW. Si au moment de la déshumidification l'installation est en phase de chauffage, alors le fonctionnement du déshumidificateur apportera, grâce à l'effet pompe à chaleur, une puissance calorifique gratuite de 5 kW. Si, au contraire, pendant la phase de déshumidification l'installation est en phase de refroidissement, il sera judicieux de sélectionner le condenseur extérieur et ainsi de faire bénéficier l'installation des 5,43 kW frigorifiques sensibles inhérents au fonctionnement du déshumidificateur. Le déshumidificateur fonctionnant en "tout ou rien", il y aura lieu de ne faire fonctionner la récupération frigorifique sensible que si la demande de réfrigération est au moins égale à 5,43 kW. En effet, en deça de cette puissance, il y aurait perturbation de la souplesse de la régulation progressive de la réfrigération.

Dans le cas où, ni la réfrigération sensible, ni le chauffage, ne sont intéressants à récupérer pour l'installation de climatisation (c'est-à-dire lorsque le point de consigne est atteint sans demande de chaud ni de froid), alors on pourra toujours faire fonctionner le déshumidificateur en alternant les condenseurs de telle sorte que les productions calorifique et frigorifique secondaires s'annulent. On peut aussi équiper d'une régulation la vanne trois voies 17 qui répartirait alors judicieusement l'évacuation des calories simultanément sur les deux condenseurs, assurant en aval du déshumidificateur, un bilan thermique sensible positif, négatif, ou nul, exactement adapté à la situation du moment.

Dans cet exemple de détermination, la vitesse initiale de circulation dans l'appareil est de 2,5 m/s. Cette vitesse est considérée comme étant la vitesse limite d'utilisation d'une batterie de réfrigération à production latente sans utilisation d'un séparateur de gouttelettes. Au-delà de cette vitesse, il y a un entraînement inacceptable de gouttes d'eau dans le circuit aéraulique. Le séparateur de gouttelettes remédie à cet inconvénient jusqu'à une vitesse de l'ordre de 3,5 m/s. Il induit cependant des pertes de charge et des opérations d'entretien supplémentaires. De plus, les séparateurs de gouttelettes, de par leur constitution et le milieu humide permanent qu'ils offrent, sont des nids à microbes tra-

qués par les services sanitaires notamment depuis l'apparition du trop célèbre virus du légionnaire.

Le projeteur d'installations de climatisation se trouve donc confronté au délicat choix de la taille de l'appareil de traitement d'air, donc de la vitesse de passage de l'air traité et finalement de l'installation ou non d'un séparateur de gouttelettes avec l'incidence sur le prix et l'encombrement du matériel choisi. Avec un déshumidificateur à hautes performances installé en tête de l'appareillage de traitement d'air, le problème de l'entraînement de gouttes d'eau dans le circuit aéraulique ne se pose plus. En effet, la condensation ne s'effectue plus que sur l'évaporateur où la vitesse de passage de l'air est très faible (1,15 m/s dans l'exemple) et la batterie de réfrigération ne condensant plus, on peut désormais, sans risque, adopter des vitesses de passage plus rapides donc des machines moins encombrantes et moins coûteuses tout en excluant le séparateur de gouttelettes.

Le déshumidificateur à hautes performances engendre une perte de charge aéraulique de l'ordre de 40 Pa (42 dans l'exemple), cette perte de charge est peu pénalisante au regard d'un appareillage de traitement d'air qui représente à lui seul de l'ordre de 500 à 700 Pa. La perte de charge du déshumidificateur est équivalente à celle d'un préfiltre propre. Si l'on désire ne pas subir la modique chute de débit d'air provoquée par le déshumidificateur, il faut :

- tenir compte de sa perte de charge dans le dimensionnement du ventilateur (cas d'une installation nouvelle) ;
- augmenter la vitesse de rotation du ventilateur en utilisant les courbes du constructeur ou remplacer les filtres à air à un encrassement de 40 Pa inférieur (par exemple remplacer les filtres à une perte de charge de 210 Pa au lieu de 250 Pa).

En général, les approximations admises lors des calculs de débits, comme lors des calculs de pertes de charge, feront que l'installation d'un déshumidificateur hautes performances ne remettra nullement en cause les performances de l'installation. Au contraire, celui-ci apporte un surplus de puissance frigorifique à l'installation.

Côté économies d'énergie, il est intéressant de comparer le système décrit dans l'exemple, avant et après installation du déshumidificateur.

Avant installation du déshumidificateur, la batterie froide devait être activée pendant une heure pour condenser 4,45 kg de vapeur d'eau.

Les énergies mises en jeu étaient :  $25 + 3 = 28$  kWh pour la batterie froide, équivalant, pour un coefficient d'effet frigorifique de 2,5, à  $28/2,5 = 11,2$  kWh électriques.

La batterie de chauffage devait ensuite produire 25 kWh correspondant à la puissance sensible de la batterie froide.

Au total, la condensation de 4,45 kg de vapeur d'eau nécessitait  $11,2 + 25 = 36,2$  kWh (encore estimée à la puissance nominale, car on a vu qu'aux puissances intermédiaires le rendement chutait de façon importante).

Le déshumidificateur hautes performances est, lui, capable de la même performance puisqu'il a été dimensionné pour cela, seulement sa consommation ne sera que de 2,25 kWh électriques (énergie absorbée par le compresseur), soit un rendement  $36,2/2,25 = 16$  fois meilleur.

Si l'on reprend la part estimée de la déshumidification dans une installation de climatisation, soit 20 à 25% de l'énergie absorbée annuellement par l'installation, cette part devient 20/16 à 50/16, soit 1,25 à 3,1%. L'économie d'énergie est de l'ordre de :

$$20 - 1,25 \approx 19$$

$$50 - 3,1 \approx 47$$

soit 19 à 47% pour une installation de configuration courante.

Par rapport au traitement conventionnel de la déshumidification dans les installations de climatisation, le déshumidificateur hautes performances apporte :

- une économie importante d'énergie qui peut atteindre de 20 à près de 50% grâce à :
  - . une action sur une partie seulement du débit d'air traité ;
  - . une efficacité maximum par l'emploi d'un cycle de réfrigération thermodynamique à évaporation directe et un fonctionnement en "tout ou rien" évitant les pertes de rendement aux charges intermédiaires ;
  - . la récupération au condenseur de la puissance nécessaire au réchauffage après déshumidification (effet pompe à chaleur).

Le déshumidificateur hautes performances ne vient pas perturber le fonctionnement de la batterie de réfrigération par des actions dépassant les ordres du régulateur de température. Il permet une grande stabilité de la température des locaux traités.

Par son double condenseur, le déshumidificateur hautes performances permet la récupération de sa production frigorifique sensible au profit de l'installation de climatisation, constituant ainsi un appoint de puissance pour une installation essoufflée ou surchargée.

Le groupe principal de production d'eau glacée de l'installation de climatisation a deux bonnes raisons d'être de moindre puissance :

- . il n'a plus à produire la puissance frigorifique latente de l'installation ;
- . il peut désormais fonctionner à un régime de température d'eau plus élevé (par exemple 8-13°C au lieu de 6-11°C). La régulation de température d'eau glacée en fonction de la température exté-

rieure devient possible (elle ne l'était pas car une température d'eau de 6°C était indispensable au fonctionnement de la déshumidification). Le coefficient d'effet frigorifique du groupe de production d'eau glacée se trouve amélioré.

Les installations de climatisation sont parfois la cause du maintien en fonctionnement des réseaux de chaleur et chaufferies hors saison de chauffage ; avec le déshumidificateur hautes performances ils pourront être stoppés.

Le déshumidificateur hautes performances permet l'adoption de vitesses de passage plus élevées dans l'appareil de traitement d'air sans risque d'entraînement de gouttes d'eau dans le circuit aéraulique. Il rend inutile l'emploi d'un séparateur de gouttelettes. L'appareil de traitement d'air devient plus petit et moins coûteux.

En ne produisant plus qu'une puissance frigorifique sensible, la batterie de réfrigération ne condense plus la vapeur d'eau que l'humidificateur vient de produire. C'est, là aussi, une source d'économie d'énergie.

La batterie chaude n'est plus conçue que pour le bilan thermique hiver (déperditions) et sa puissance est diminuée de la puissance sensible de la batterie froide. Il devient raisonnable de prendre en compte la puissance du ventilateur dans les gains thermiques. Ainsi, dans l'exemple traité, le bilan thermique hiver est de 7 kW. Si le ventilateur a une puissance de 4 kW, une batterie de chauffage de  $7-4=3$  kW suffit au lieu des 32 kW primitifs. Une simple résistance électrique suffit. L'installation de chauffage à eau devient inutile, la chaufferie aussi.

Le déshumidificateur hautes performances est un dispositif technologique simple et autonome. Il ne complique pas l'installation de climatisation et ne saurait altérer sa fiabilité. Il apporte au contraire la qualité dans la déshumidification et assure une amélioration des performances de la régulation.

Le déshumidificateur hautes performances est un appareil qui peut être utilisé dans une large plage de débits. Dans l'exemple traité, si l'on ferme le volet de by-pass 14, il suffit d'un débit d'air total de :  $911+6.000=6.911$  m<sup>3</sup>/h (débits sur l'évaporateur et le condenseur) pour que le déshumidificateur fonctionne correctement. Par ailleurs, si l'on admet une vitesse maximale de passage de 6 m/s dans le volet de by-pass 14, c'est-à-dire pour une surface de 0,33 m<sup>2</sup>, un débit de :  $0,33 \times 6 \times 3.600 = 7.218$  m<sup>3</sup>/h, alors le débit admissible dans le déshumidificateur est :  $6.911+7.218=14.039$  m<sup>3</sup>/h. La plage de débits va donc de 6.911 à 14.039 m<sup>3</sup>/h pour le déshumidificateur étudié dans l'exemple.

Le déshumidificateur hautes performances peut être un appareil monobloc entièrement fabriqué en atelier et ne nécessitant sur chantier que le raccordement du condenseur extérieur et la mise en

service. Le croquis de la figure 10 représente un appareil de construction compacte prêt à être raccordé en tête d'une centrale de traitement d'air horizontale. On reconnaît le condenseur intérieur 11, le condenseur extérieur 18 ainsi que l'évaporateur 10 sur lequel on peut ajuster le débit d'air grâce au volet 13. Les éléments du circuit frigorifique sont essentiellement regroupés dans une cavité technique faisant partie intégrante de l'appareil. Ce sont le compresseur frigorifique de type hermétique 16, la vanne à trois voies 17 de sélection du condenseur (ou un dispositif équivalent, par exemple deux vannes électromagnétiques à deux voies, une vanne étant ouverte, l'autre fermée), les clapets de retenue 21 en sortie des condenseurs, le détendeur 19 et la vanne à pression constante 20. Les éléments annexes du circuit frigorifique (déshydrateur, voyant liquide, réservoir à réfrigérant...) n'ont pas été représentés.

Le déshumidificateur hautes performances est aussi intéressant pour les installations dont on ne régule pas l'hygrométrie relative. En effet, lorsqu'un exploitant de matériel technique sensible acquiert une installation de climatisation sans régulation de l'hygrométrie relative, il sous-entend implicitement que celle-ci n'atteint pas des sommets tels que l'eau ruisselle sur les murs et les matériels. Projeteurs et constructeurs savent bien cela, c'est pourquoi les batteries de réfrigération prévues dans ces installations ont aussi une puissance de réfrigération latente déterminée soit par le calcul, soit de façon standard. Cette batterie déshumidifie donc l'air traité évitant les pointes indésirables mais déshumidifie aussi lorsque ce n'est pas utile. L'adoption dans cette configuration d'une batterie de refroidissement à puissance uniquement sensible, ou, en tous cas, au maximum sensible, et d'un déshumidificateur hautes performances, permet des économies substantielles d'énergie et résout le problème du séparateur de gouttelettes tout en autorisant des vitesses de passage plus élevées dans l'appareil de traitement. Le déshumidificateur préservera également, avec une meilleure efficacité, des excès d'humidité.

## Revendications

1. Déshumidificateur hautes performances pour installation de climatisation du type comprenant successivement entre l'admission de l'air à traiter et la restitution de l'air traité dans l'enceinte à climatiser, une batterie froide (2), une batterie chaude (3), un ventilateur (4) et un humidificateur, caractérisé en ce qu'il est constitué d'un ensemble disposé en amont de la batterie froide et comprenant, d'une part, un évaporateur ou batterie froide (10) agencé de façon à n'être traversé que par une



partie du flux d'air à traiter destiné à ladite batterie froide (2) et, d'autre part, un condenseur ou batterie chaude (11) relié audit évaporateur (10) et agencé de façon à être traversé par au moins une partie du flux d'air à traiter ne traversant pas ledit évaporateur (10), et de moyens (16,19,20) pour récupérer le fluide évaporé provenant dudit évaporateur (10), le comprimer et l'envoyer sur ledit condenseur (11).

2. Déshumidificateur suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte, en outre, un condenseur (18) extérieur au circuit de traitement de l'installation et relié audit évaporateur (10) en parallèle avec ledit condenseur (11) placé dans le flux d'air traité et des moyens (16,17,19,20,21) pour récupérer le fluide évaporé dudit évaporateur (10), le comprimer et l'envoyer sélectivement sur ledit condenseur (11) placé dans le flux d'air traité ou sur ledit condenseur extérieur (18).

3. Déshumidificateur suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que ledit condenseur (11) placé dans le flux d'air traité est disposé à côté dudit évaporateur (10) et n'est traversé que par une partie du flux d'air ne traversant pas cet évaporateur (10), un volet (14) permettant de by-passer l'éventuel excédent de débit d'air audit condenseur (11).

4. Déshumidificateur suivant l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'en aval de l'évaporateur (10) et du condenseur (11) placé dans le flux d'air traité, est disposé un turbulateur (12) favorisant le mélange des flux traversant lesdits évaporateur et condenseur.

5. Déshumidificateur suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que ledit condenseur (11) placé dans le flux d'air traité est disposé en aval dudit évaporateur (10) et occupe toute la section du conduit d'air à traiter.

6. Déshumidificateur suivant l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'évaporateur (10) est muni d'un volet (13,15) de réglage du débit d'air franchissant l'évaporateur.

7. Déshumidificateur suivant la revendication 5, caractérisé en ce que ledit évaporateur (10) est placé à la sortie d'un coude d'amenée de l'air à traiter, sur la partie extérieure dudit coude.

8. Déshumidificateur suivant l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit condenseur (11) placé dans le flux d'air traité est disposé horizontalement, avec son plan parallèle à l'axe d'écoulement dudit air traité.

9. Déshumidificateur suivant l'une des revendications 2 à 8, caractérisé en ce que lesdits moyens de récupération du fluide évaporé, de compression et d'envoi sélectif vers ledit condenseur (11) disposé dans le flux d'air traité ou vers ledit condenseur extérieur (18), sont constitués d'un compresseur frigorifique (16) relié audit éva-

porateur (10) par l'intermédiaire d'une vanne à pression constante (20), d'une vanne à trois voies (17) ou dispositif analogue, reliée audit compresseur (16) et auxdits condenseurs (11,18), de clapets de retenue (21) interposés entre lesdits condenseurs (11,18) et ledit évaporateur (10) et d'un détendeur (19) assurant le remplissage de l'évaporateur (10) en fluide frigorigène à basse pression.

fig 1

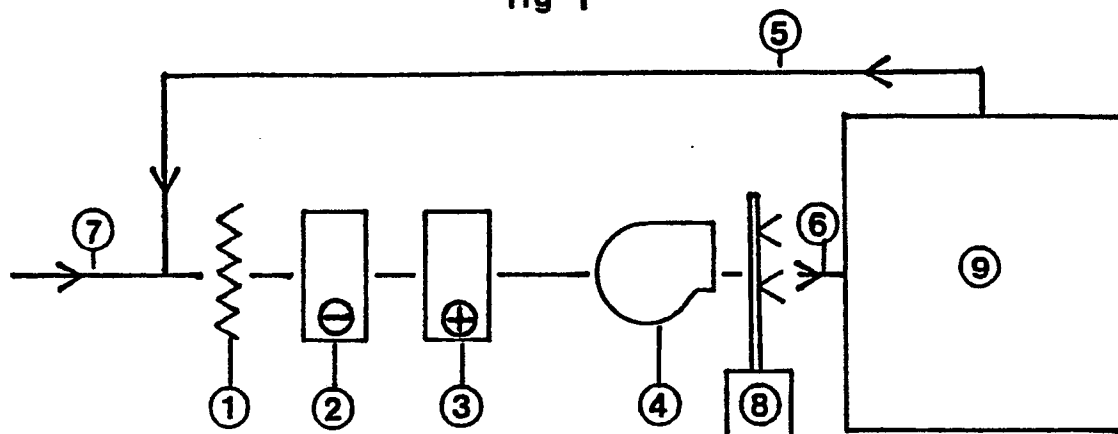


fig 2

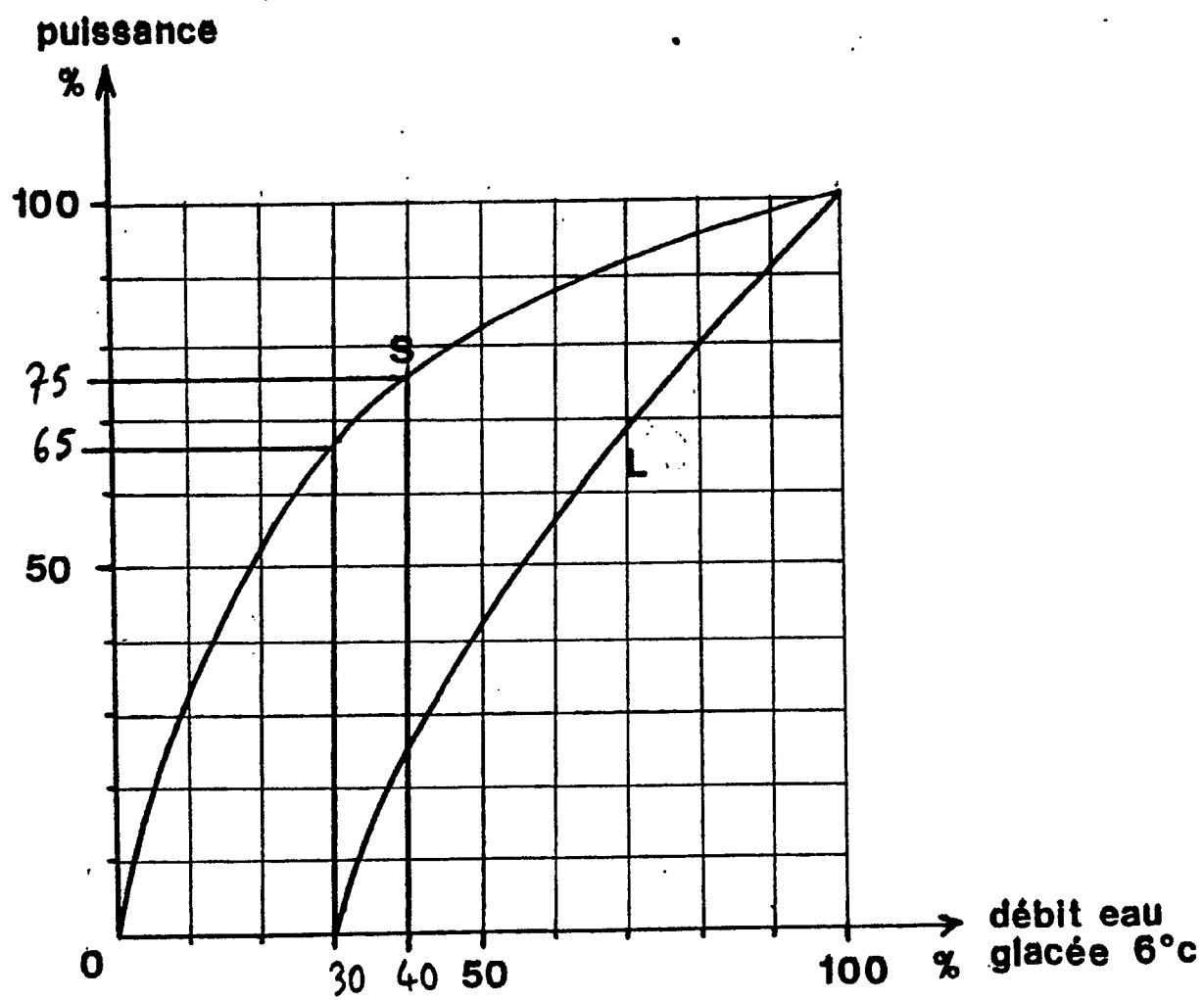
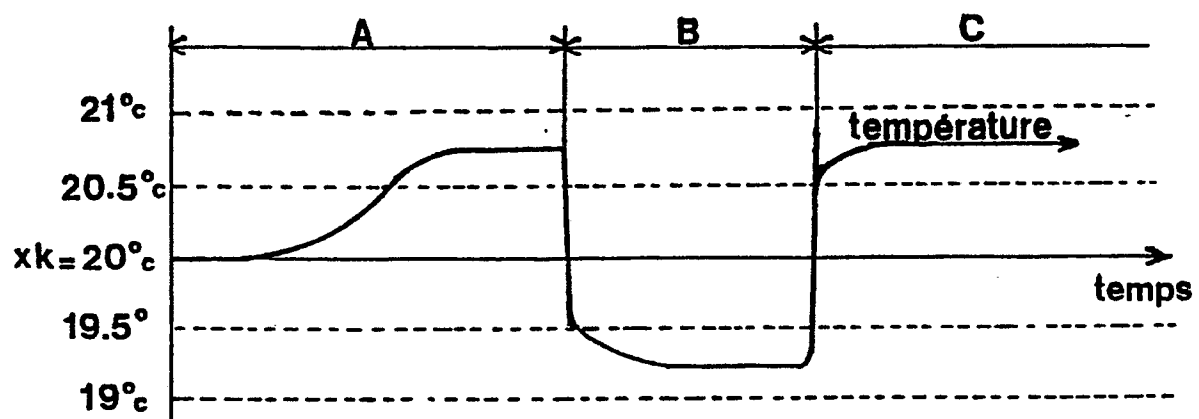


fig 3



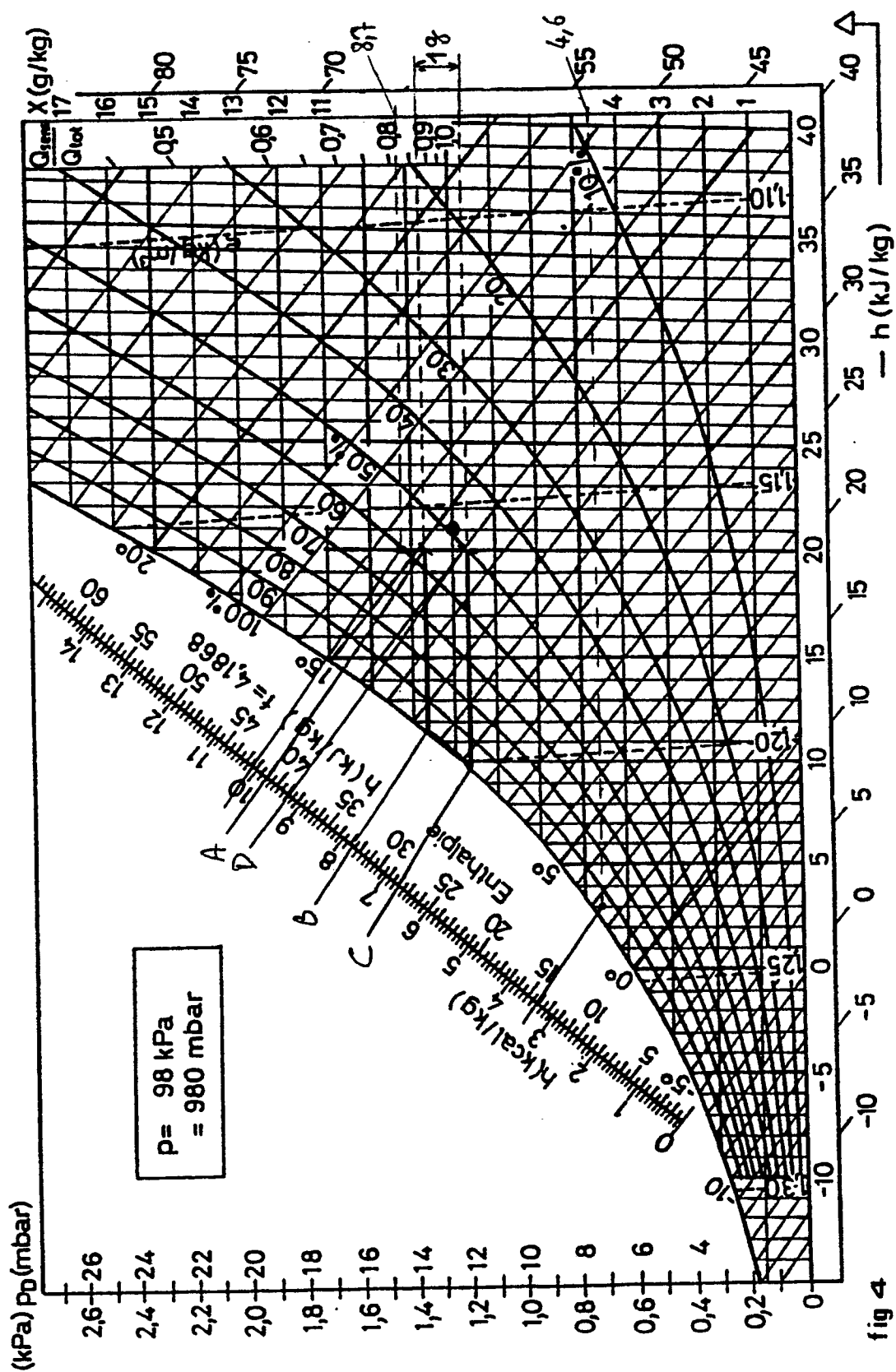


fig 5

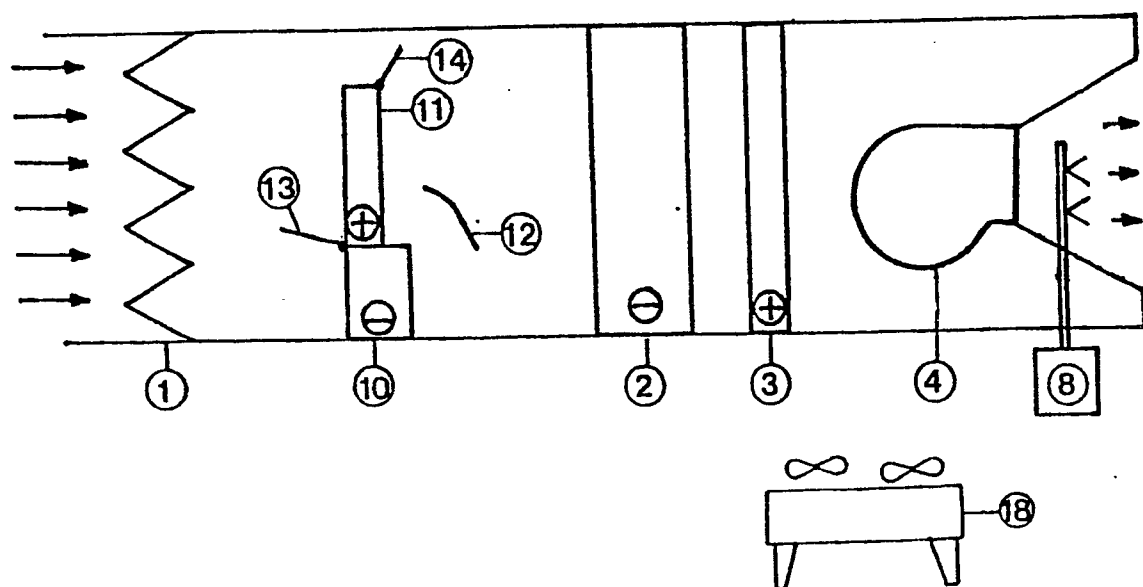


fig 6

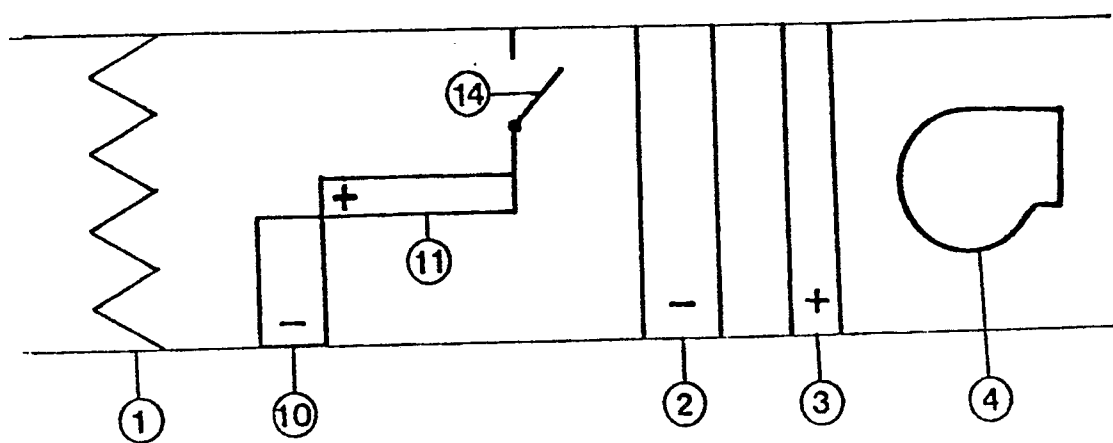


fig 7

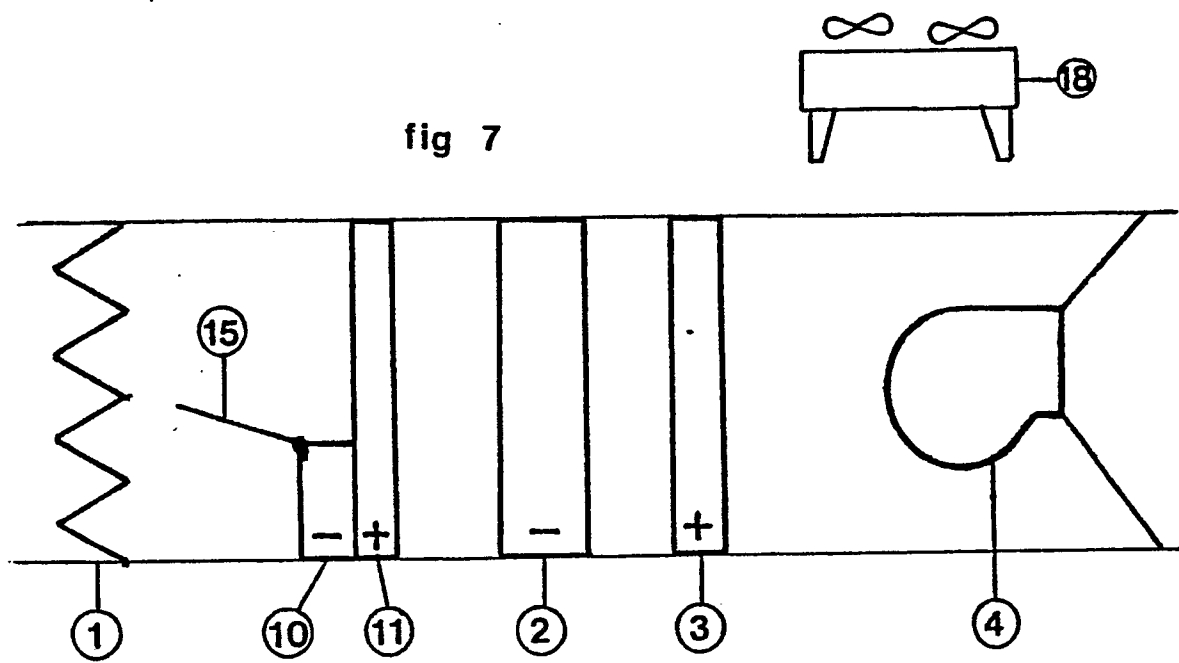
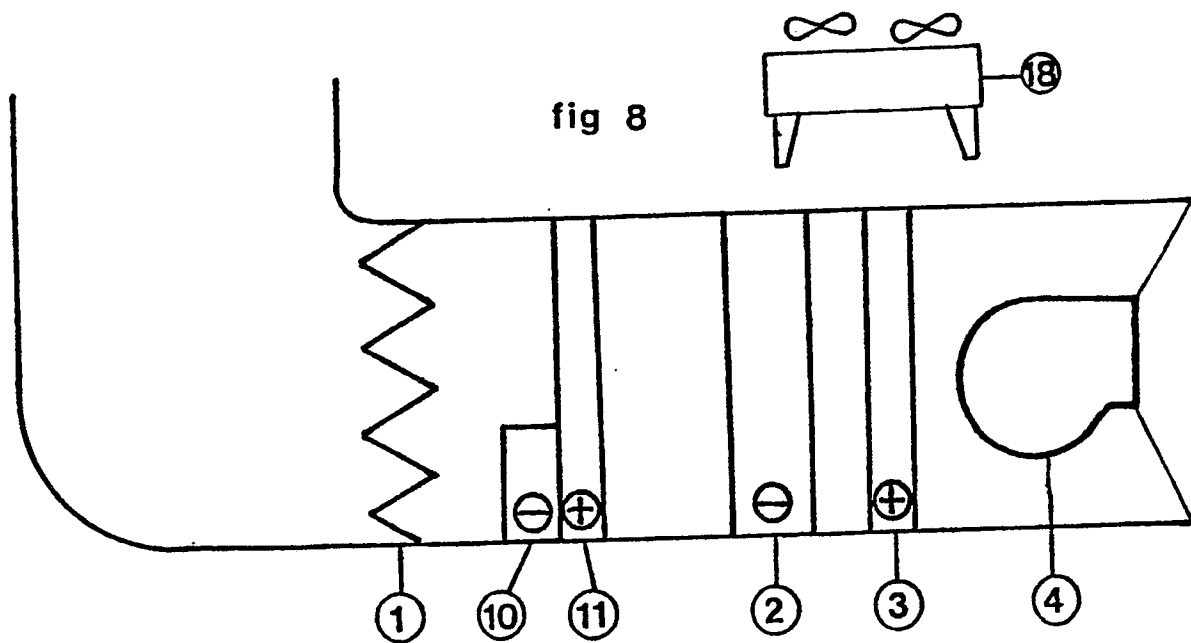


fig 8



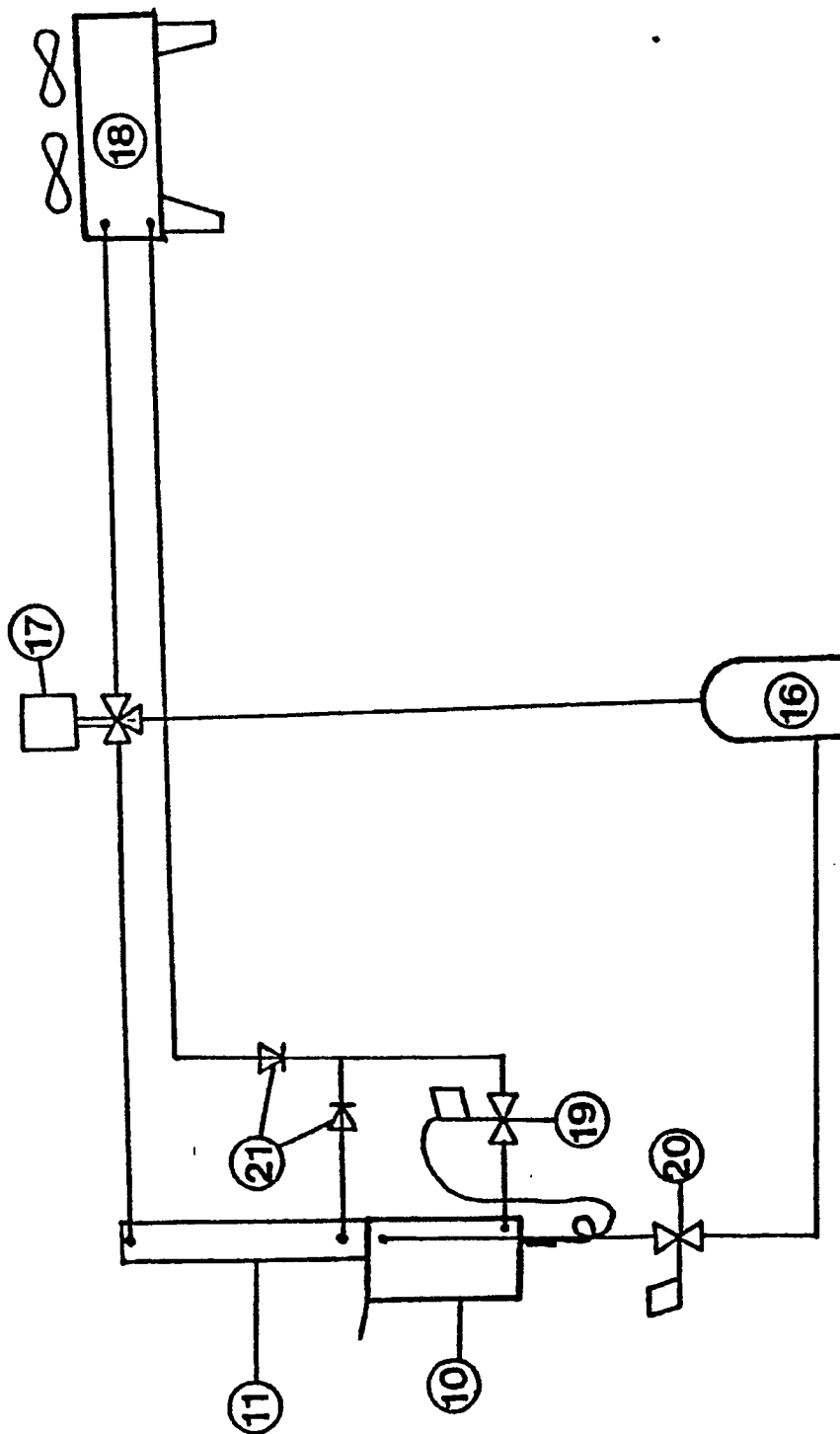
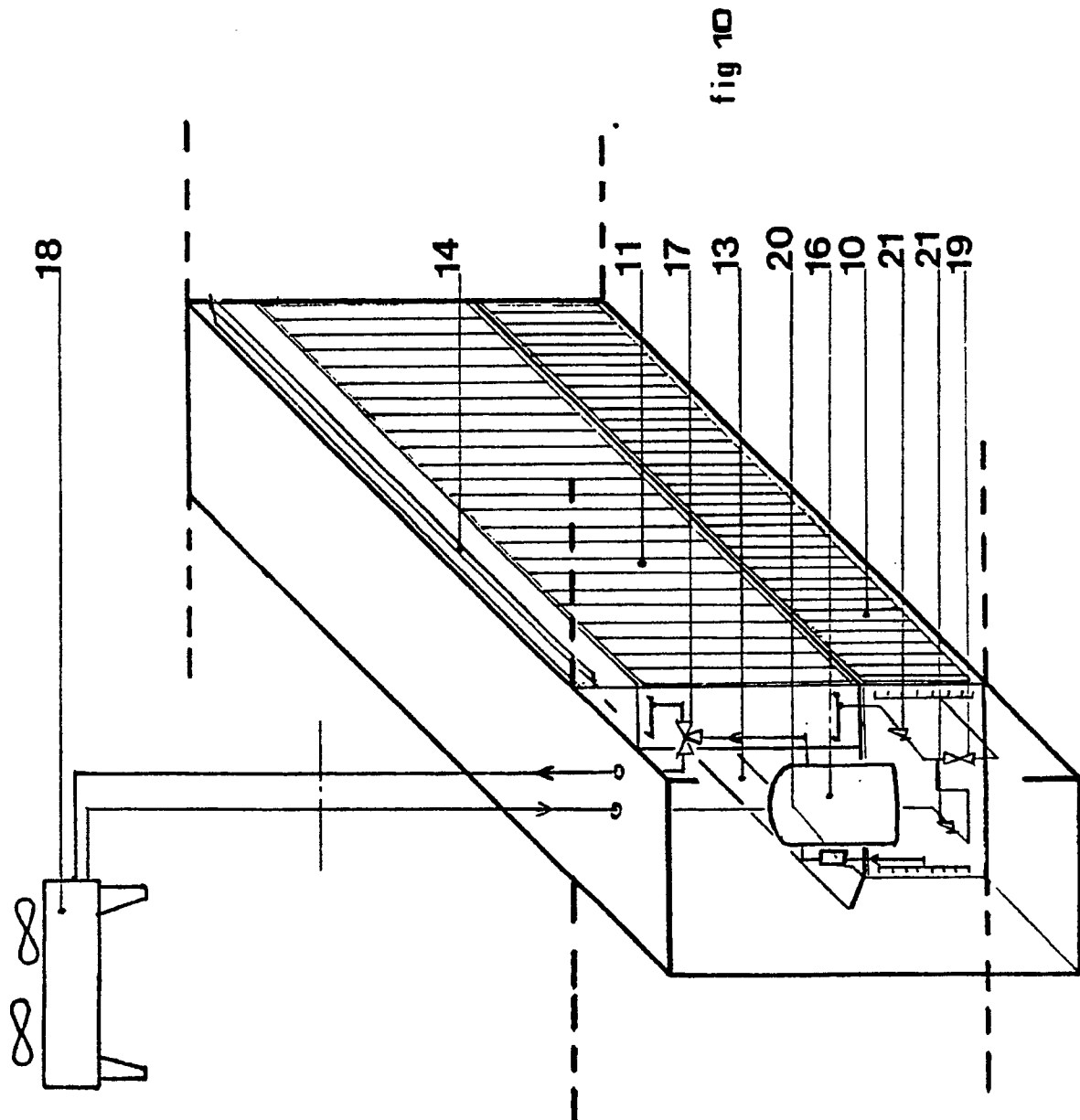


fig 9







Office européen  
des brevets

## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 90 45 0008

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
A	US-A-4135370 (HOSADA ET AL.) * colonne 1, ligne 56 - colonne 2, ligne 21; figure 1 *	1	F24F3/14
A	CH-A-247188 (CARBA)		
A	US-A-2702456 (RINGQUIST ET AL.)		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			F24F
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 07 AOUT 1990	Examineur PESCHEL G.
<b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b> X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande I : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			