

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 0 609 140 B1**

(12)

**FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:  
**23.07.1997 Bulletin 1997/30**

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **F25C 3/04**

(21) Numéro de dépôt: **94400161.9**

(22) Date de dépôt: **25.01.1994**

**(54) Procédé et installation de production de neige**

Verfahren und Anlage zur Schnee-Erzeugung

Process and plant for making snow

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU MC NL  
PT SE**

(30) Priorité: **26.01.1993 FR 9300741**

(43) Date de publication de la demande:  
**03.08.1994 Bulletin 1994/31**

(73) Titulaire: **COMPAGNIE FRANCAISE D'ETUDES  
ET DE CONSTRUCTION "TECHNIP"  
92400 Courbevoie (FR)**

(72) Inventeur: **Bertheliet, Jean Michel François  
F-95170 La Barre (FR)**

(74) Mandataire: **Durand, Yves Armand Louis et al  
CABINET WEINSTEIN  
20, Avenue de Friedland  
75008 Paris (FR)**

(56) Documents cités:

|                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| <b>EP-A- 0 004 803</b> | <b>WO-A-90/10183</b>   |
| <b>FR-A- 747 508</b>   | <b>FR-A- 889 830</b>   |
| <b>FR-A- 1 372 024</b> | <b>FR-A- 2 609 327</b> |
| <b>GB-A- 2 221 024</b> | <b>US-A- 1 837 798</b> |
| <b>US-A- 3 990 260</b> | <b>US-A- 4 767 054</b> |
| <b>US-A- 4 768 711</b> |                        |

**EP 0 609 140 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

La présente invention concerne un procédé et une installation de production de neige en milieu essentiellement confiné, c'est-à-dire isolé au moins en partie et de préférence totalement de l'atmosphère extérieure naturelle.

Le problème de la production de neige en milieu isolé de l'atmosphère se présente notamment à des fins industrielles ou expérimentales. Il est en effet souhaitable de pouvoir étudier le comportement de divers matériaux soumis à des conditions climatiques rigoureuses et en particulier à la neige. Or, si de tels essais peuvent parfois être réalisés à l'extérieur sous des climats particulièrement froids, il n'en va pas de même lorsque la température extérieure est supérieure à zéro degré centigrade ou lorsque les conditions requises, par exemple neige et vent à la fois, ne sont pas obtenues ou correctement maîtrisées. On ne peut pas non plus choisir la qualité de la neige fabriquée (humide ou sèche).

On a déjà proposé de réaliser des installations de production de neige en milieu confiné, notamment pour étudier le comportement de véhicules automobiles face aux intempéries et à leurs conséquences, notamment pénétration de neige par des ouvertures telles que les ouïes d'aération ou de climatisation, dépôt de neige sur le système de refroidissement, notamment sur le radiateur, chocs thermiques sur certaines pièces normalement portées à température élevée, perte d'adhérence au sol, effet d'abrasion sur la peinture ou d'autres parties fragiles du véhicule.

Une installation de production de neige de ce type est décrite, par exemple, dans US-A- 4 798 331. Cette installation en forme de boucle ou circuit essentiellement fermé sur lui-même comporte successivement une zone de soufflage d'un fluide gazeux, par exemple de l'air, aspiré à partir de la zone de collecte ou dépôt de neige ci-après, une zone de refroidissement dudit fluide gazeux soufflé, pour amener sa température au-dessous de 0°C, une zone d'injection d'eau, par exemple sous forme de fines gouttelettes, dans le fluide gazeux soufflé et une zone de collecte ou dépôt de la neige formée, lesdites zones communiquant les unes avec les autres, deux à deux, dans l'ordre de l'énumération précédente qui est aussi le sens de circulation du fluide gazeux. Le fluide gazeux résultant, débarrassé au moins en partie de la neige qui s'est déposée dans la zone de collecte, est repris au moins en partie pour revenir par aspiration à la zone de soufflage.

Dans la réalisation du brevet précité, l'air est repris en amont de la chambre de dépôt de la neige, mais on pourrait envisager de reprendre cet air à l'extrémité opposée de la chambre de dépôt de la neige, notamment si l'installation était réalisée à l'horizontale et non pas à la verticale comme dans le brevet précité.

On connaît en effet des installations, notamment pour tester le comportement des véhicules vis-à-vis de neige entraînée par de l'air à vitesse contrôlée, ces ins-

tallations comportant, dans l'ordre des éléments essentiels d'un circuit fermé, une zone de soufflage de l'air, une zone de refroidissement du courant d'air soufflé, pour amener sa température au-dessous de 0°C, par exemple au-dessous de -2°C et notamment entre -5 et -50°C où au-delà, une zone d'injection d'eau dans le courant d'air soufflé et refroidi et une zone de dépôt de la neige entraînée par le courant d'air soufflé et refroidi. L'air débarrassé au moins en partie de la neige, est réaspiré au moins en partie à partir de la zone de dépôt et retourne à la zone de soufflage.

Les auteurs de la présente invention ont constaté que ce type d'installation ne permettait pas de réaliser un contrôle satisfaisant de la qualité de la neige. En particulier, si l'on désire avoir de la neige sèche, on doit réduire fortement la quantité d'eau injectée, ce qui abaisse la production de neige; en l'absence de cette précaution la neige est humide et collante ce qui ne convient pas pour certains usages de cette neige.

Par ailleurs, dans le document GB-A-2 221 024 il est décrit un procédé de production de neige en milieu d'air confiné. De l'air est repris à partir de ce milieu, refroidi, séché, par exemple au moyen d'un léger réchauffage, et renvoyé audit milieu. La neige est fabriquée par injection d'eau dans un courant d'air provenant d'un compresseur. Toutefois, ce procédé ne prévoit pas une injection d'eau dans un courant de l'air refroidi et séché, ni la production de neige par injection d'eau dans un circuit continu fermé sur lui-même.

En outre, le document FR-A-747 508 décrit le problème de la déshumidification de l'air d'un bâtiment et propose à cette fin de refroidir l'air humide pour en condenser une partie de l'eau, à séparer l'eau condensée et à réchauffer ensuite l'air pour le ramener à la température du bâtiment. Le réchauffage de l'air peut utiliser la source de chaleur que constitue le condenseur de la machine frigorifique qui a pour source froide l'évaporateur refroidissant l'air en question.

Pour remédier aux inconvénients ci-dessus, l'invention a pour objet un procédé de production d'un courant de fluide gazeux et de neige entraînée par ledit courant de fluide gazeux, dans un circuit continu et au moins en partie fermé sur lui-même, en milieu essentiellement confiné, on fait circuler un fluide gazeux, à partir d'une zone de collecte de neige, à travers successivement une zone de refroidissement dudit fluide gazeux, pour amener sa température au-dessous de -2°C, et une zone de réchauffage dudit fluide gazeux refroidi, ledit réchauffage étant positif mais modéré afin que la température du fluide gazeux demeure inférieure à 0°C après ledit réchauffage, on injecte de l'eau dans le fluide gazeux réchauffé, pour former un courant de fluide gazeux et de neige et on entraîne ledit courant de fluide gazeux et de neige dans la zone de collecte de la neige, au moins une partie de l'énergie thermique prélevée sur le fluide gazeux dans la zone de refroidissement étant cédée au fluide gazeux dans la zone de réchauffage.

L'invention concerne également une installation

permettant la mise en oeuvre de procédé ci-dessus et caractérisée en ce qu'elle comprend reliés deux à deux entre eux dans l'ordre indiqué ci-après par des conduits permettant le passage de fluides gazeux et disposés dans un circuit continu au moins en partie fermé sur lui-même, successivement, des moyens de soufflage d'un fluide gazeux, des moyens de refroidissement dudit fluide gazeux, des moyens de réchauffage dudit fluide gazeux, des moyens d'injection d'eau pulvérisée dans ledit fluide gazeux réchauffé, des moyens de collecte de neige, des moyens pour faire circuler en boucle un fluide frigorigène dans lesdits moyens de refroidissement et lesdits moyens de réchauffage, des moyens pour recomprimer ledit fluide frigorigène entre la sortie des moyens de refroidissement et l'entrée des moyens de réchauffage et des moyens pour détendre ledit fluide frigorigène entre la sortie des moyens de réchauffage et l'entrée des moyens de refroidissement.

Selon un autre mode de réalisation, l'installation est caractérisée en ce qu'elle comprend reliés deux à deux entre eux dans l'ordre indiqué ci-après par des conduits permettant le passage de fluides gazeux et disposés dans un circuit continu au moins en partie fermé sur lui-même, successivement, des moyens de soufflage d'un fluide gazeux, des moyens de refroidissement dudit fluide gazeux, des moyens de réchauffage dudit fluide gazeux, des moyens d'injection d'eau pulvérisée dans ledit fluide gazeux réchauffé, des moyens de collecte de neige, des moyens pour faire circuler en boucle un premier fluide caloporteur successivement dans les moyens de refroidissement et dans des premiers moyens d'échange de chaleur et des moyens pour faire circuler en boucle un second fluide caloporteur successivement dans les moyens de réchauffage et dans des seconds moyens d'échange de chaleur et des moyens pour faire passer un fluide frigorigène en boucle successivement dans lesdits premiers et seconds moyens d'échange de chaleur dans des conditions permettant de prélever de l'énergie thermique sur le premier fluide caloporteur et de céder au moins une partie de cette énergie thermique au second fluide caloporteur.

L'invention sera décrite plus en détail ci-après en se référant à l'air qui est le fluide gazeux préféré. A titre d'exemple, si la température de l'air après refroidissement est située entre  $-5^{\circ}\text{C}$  et  $-50^{\circ}\text{C}$ , le réchauffage pourra élever la température de l'air d'au moins  $2^{\circ}\text{C}$  sous réserve que la température de l'air réchauffé demeure inférieure à  $-2^{\circ}\text{C}$  et de préférence inférieure à  $-4^{\circ}\text{C}$ . De préférence on refroidira jusqu'à une température  $T_1$  entre  $-8^{\circ}$  et  $-20^{\circ}\text{C}$  et on réchauffera d'au moins  $3^{\circ}\text{C}$ , de préférence d'au moins  $5^{\circ}\text{C}$  pour obtenir une température  $T_2$  supérieure à  $T_1$  et située de préférence entre  $-5^{\circ}$  et  $-12^{\circ}\text{C}$ .

En opérant selon le perfectionnement ci-dessus, on peut obtenir de la neige "sèche" non collante ou peu collante avec une productivité plus importante que selon la technique connue.

L'installation peut être disposée verticalement ou

en oblique mais on préfère disposer les diverses zones ci-dessus dans un même plan horizontal.

Dans une forme de réalisation préférée on dispose un échangeur de refroidissement à contact indirect, dans la zone de refroidissement et un échangeur de chauffage à contact indirect dans la zone de réchauffage et on fait circuler un fluide frigorigène vaporisable en circuit fermé successivement dans ces deux échangeurs. De préférence le fluide s'évapore au moins en partie dans l'échangeur de la zone de refroidissement et se condense au moins en partie dans l'échangeur de la zone de réchauffage, ce qui provoque respectivement le refroidissement et le réchauffage de l'air circulant sur la face opposée de l'échangeur considéré. La condensation peut être complétée, si on le désire, dans un autre échangeur disposé en série ou en parallèle par rapport à l'échangeur de la zone de réchauffage et échangeant de la chaleur par exemple avec l'atmosphère. Le mode de fonctionnement est de préférence "à compression" c'est-à-dire que le fluide frigorigène au moins en partie condensé à pression relativement élevée dans l'échangeur de réchauffage est détendu et évaporé au moins en partie à plus basse pression, donc à pression relativement basse, dans l'échangeur de refroidissement ; la vapeur résultante est au moins en partie recomprimée, puis une partie au moins de la vapeur comprimée résultante traverse l'échangeur de réchauffage où elle se condense, au moins en partie.

Selon une autre forme de réalisation, le mode de fonctionnement est à absorption, utilisant par exemple un circuit à ammoniac.

Sans vouloir être limité en aucune façon par une théorie expliquant les avantages obtenus, on pense que l'air qui a traversé la zone de refroidissement est totalement, ou très fortement saturé en vapeur d'eau et est relativement impropre à la production de neige autre qu'une neige humide, tandis que l'air qui a été d'abord assez fortement refroidi et qui a abandonné de l'eau sous forme de givre dans la zone de refroidissement, puis a été réchauffé hors de la zone de givrage précitée conformément à l'invention est sous-saturé en vapeur d'eau, ce qui le rend plus apte à la production de neige "sèche" et cela en quantité relativement plus élevée.

Ainsi, par exemple, de l'air saturé de vapeur d'eau à  $-12^{\circ}\text{C}$  et réchauffé ensuite à  $-4^{\circ}\text{C}$  sans nouvel apport d'eau n'est plus saturé qu'à 50% environ.

On préfère dans l'invention que l'air, après réchauffage, ne soit saturé qu'à 20 - 90%, de préférence 30 - 80%.

A titre d'exemple, alors que dans une installation de type classique, l'air était refroidi à  $-5^{\circ}\text{C}$  avant production de la neige, il pourra selon l'invention être d'abord refroidi à, par exemple  $-12^{\circ}\text{C}$ , en abandonnant du givre sur l'échangeur et en quittant cet échangeur saturé à près de 100%. Il pourra ensuite être réchauffé, en l'absence d'apport d'eau, jusqu'à  $-5^{\circ}\text{C}$ , ce qui abaissera son pourcentage de saturation en vapeur d'eau à, par exemple, 70%.

En cas de mise en oeuvre du processus préféré de transfert thermique entre les échangeurs de refroidissement et de réchauffage et grâce aux économies d'énergie qu'il entraîne, le supplément de consommation d'énergie dû à l'abaissement initial de température plus important dans l'invention est assez largement compensé et demeure donc faible par rapport à l'important gain de productivité et/ou de qualité de la neige obtenu.

Les éléments de l'installation autres que le couple refroidissement/réchauffage peuvent être de type classique et ne nécessitent donc pas de description détaillée. Les échangeurs thermiques eux-mêmes peuvent être d'un type quelconque, par exemple échangeurs à plaques ou tubulaires.

Les organes de pulvérisation d'eau sont de type conventionnel et par exemple du type connu comme "canon à neige". L'eau peut être injectée seule ou sous forme pulvérisée dans un courant d'air auxiliaire. On peut également "ensemencer" à l'aide de petits cristaux de neige ou de glace, selon une technique connue.

La vitesse de l'air soufflé (ou autre gaz) peut être choisie à volonté, par exemple de 1 à 30 m/s ou plus, de préférence de 5 à 20 m/s ; l'air peut être par exemple en veine homogène ou pulsée ou turbulente.

L'installation, et c'est là l'un de ses nombreux avantages, peut être aisément modifiée pour fonctionner occasionnellement dans des conditions hors invention, par exemple pour former de la pluie verglaçante ou encore pour fonctionner à des températures supérieures à 0°C. Dans ce dernier cas, les échangeurs ne sont pas utilisés ou sont au contraire parcourus par un fluide chauffant.

Bien que l'invention trouve une application privilégiée dans le domaine automobile, l'installation peut être utilisée pour tester la tenue à la neige de matériaux d'emballage, de vêtements, de lignes électriques, de conduites d'eau, de gaz ou de pétrole, cette liste n'étant pas limitative.

A titre d'exemple de réalisation on a utilisé l'installation en refroidissant l'air soufflé à 10 m/s (circulant en boucle) à -15°C, en le réchauffant à -7°C, en injectant un fin brouillard d'eau pulvérisée à +2°C, entraînée par un courant d'air auxiliaire à -20°C sous pression de 40 bars. On a recueilli une hauteur de 0,2 m de neige sèche en 1 heure dans la chambre de dépôt de neige. L'installation frigorifique fonctionnait avec du R - 22 en utilisant l'échangeur de refroidissement comme évaporateur.

La condensation du R - 22 se faisait en partie dans l'échangeur de réchauffage et en partie dans un échangeur avec l'air extérieur.

Les figures 1 et 2 annexées représentent deux modes de réalisation de l'invention.

Selon la figure 1, l'installation prend la forme d'un tunnel en boucle fermée 1. Le tunnel comprend la chambre de réception de neige 2 où l'on a disposé, par exemple, un véhicule automobile 3, une turbine de soufflage 4, une batterie d'échangeur de refroidissement de l'air

5, une batterie d'échangeur de réchauffage 6 et des canons à neige 7a et 7b. L'installation thermique comprend un compresseur 8 de la vapeur de fluide provenant de l'échangeur de refroidissement 5. Le fluide comprimé est condensé au moins en partie dans l'échangeur de réchauffage 6 et, pour le reste, dans l'échangeur 9 qui est avantageusement disposé à l'extérieur et est refroidi soit par de l'eau soit par l'air atmosphérique. Après passage dans les échangeurs 6 et 9, le fluide est à l'état condensé. Il passe dans le détendeur 10, de type statique ou dynamique, pour rejoindre l'échangeur 5 où il reçoit de la chaleur de l'air pulsé par la turbine de la ventilation 4, provoquant le refroidissement de l'air.

Sur la figure 2, on n'a repris qu'une partie de la figure 1, celle qui comprend la turbine 4 et les échangeurs 5 et 6. Le circuit réfrigérant est différent car le fluide qui subit le cycle de compression/détente ne passe pas dans les échangeurs 5 et 6 ; on utilise deux circuits distincts d'un fluide caloporteur auxiliaire de type quelconque, adapté au domaine de température choisi, pour passage dans chacun de ces échangeurs, le fluide n'étant pas nécessairement le même pour chacun des circuits. Il n'est pas utile que ce fluide auxiliaire subisse un changement d'état, il pourra donc demeurer gazeux ou de préférence liquide sur chacun des circuits.

L'agent frigorigène proprement dit qui subit des changements d'état liquide/vapeur, traverse l'évaporateur 11, le compresseur 12, les condenseurs en parallèle 13 et 14 et le détendeur 15 et les conduites reliant ces appareils, à savoir 16 à 21. Le circuit de refroidissement de l'échangeur 5 comprend seulement les échangeurs 5 et 11 et les lignes 22 et 23 avec une ou plusieurs pompes, par exemple 24 et 25 ; il est parcouru par un premier fluide caloporteur auxiliaire. L'autre fluide caloporteur auxiliaire traverse l'échangeur de condensation 13 et l'échangeur de réchauffage 6 ainsi que les conduites de liaison 26 et 27 en passant par une ou plusieurs pompes (non représentées).

Deux condenseurs en parallèle 13 et 14 ont été représentés, bien que le condenseur 14 ne soit pas totalement indispensable pour l'invention. La chaleur reçue dans ce condenseur est transmise à un fluide auxiliaire qui la rejette dans la tour de refroidissement 28 en passant par la pompe 29 et les lignes 30 et 31.

Comme exemple de fluides auxiliaires, on peut citer le Dowtherm et le Gilotherm 12 (marques déposées).

Il est bien entendu que les installations précitées peuvent être largement modifiées sans sortir du cadre de l'invention. Ainsi le circuit de fluide caloporteur de la figure 1 peut comporter les échangeurs 6 et 9 disposés en série, ou n'utiliser que l'échangeur 6. De même ce circuit peut être à plusieurs étages ou en cascade. Les spécialistes des techniques de réfrigération pourront envisager de nombreuses modifications évidentes. De même, il est possible d'opérer avec un tunnel 1 en boucle partiellement ouverte en ne recyclant qu'une partie de l'air et en complétant par de l'air frais.

## Revendications

1. Procédé de production d'un courant de fluide gazeux et de neige entraînée par ledit courant de fluide gazeux dans un circuit continu et au moins en partie fermé sur lui-même, en milieu essentiellement confiné, dans lequel on fait circuler un fluide gazeux, à partir d'une zone de collecte de neige (2), à travers successivement une zone de refroidissement (5) dudit fluide gazeux, pour amener sa température au-dessous de  $-2^{\circ}\text{C}$ , et une zone de réchauffage (6) dudit fluide gazeux refroidi, ledit réchauffage étant positif mais modéré afin que la température du fluide gazeux demeure inférieure à  $0^{\circ}\text{C}$  après ledit réchauffage, on injecte de l'eau dans le fluide gazeux réchauffé (7a, 7b), pour former un courant de fluide gazeux et de neige et on entraîne ledit courant de fluide gazeux et de neige dans la zone de collecte de la neige (2), au moins une partie de l'énergie thermique prélevée sur le fluide gazeux dans la zone de refroidissement (5) étant cédée au fluide gazeux dans la zone de réchauffage (6).
 

5

10

15

20
2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel on fait circuler le fluide gazeux en l'aspirant (4) à partir de la zone de collecte de neige (2) et en le refoulant à travers la zone de refroidissement (5) et la zone de réchauffage (6).
 

25
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le fluide gazeux est l'air et la température T1 de cet air est entre  $-5^{\circ}\text{C}$  et  $-50^{\circ}\text{C}$  après refroidissement et la température T2 de cet air est au plus égale à  $-2^{\circ}\text{C}$  après réchauffage, tout en étant supérieure à T1 d'au moins  $2^{\circ}\text{C}$ .
 

30

35
4. Procédé selon la revendication 1, 2 ou 3, dans lequel T1 est entre  $-8$  et  $-20^{\circ}\text{C}$  et T2 entre  $-5$  et  $-12^{\circ}\text{C}$ , avec T2 supérieur à T1 d'au moins  $3^{\circ}\text{C}$ .
 

40
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel les zones du circuit sont disposées dans un même plan horizontal.
 

45
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel un même fluide frigorigène vaporisable fournit le refroidissement dans la zone de refroidissement et le réchauffage dans la zone de réchauffage.
 

50
7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel on évapore au moins en partie le fluide frigorigène dans la zone de refroidissement (5) sous une pression relativement basse, puis on recomprime (8) au moins en partie la vapeur résultante, on en envoie au moins une partie dans la zone de réchauffage (6) où elle se condense au moins en partie sous une pression relativement élevée, le condensat résultant étant renvoyé après détente (10) à la zone de refroidissement (5) pour y reconstituer le fluide frigorigène.
 

55
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel on fait circuler en boucle (22, 23) un premier fluide caloporteur pour le refroidissement du fluide gazeux successivement dans la zone de refroidissement (5) et dans une première zone d'échange de chaleur (11) et un second fluide caloporteur (26, 27) pour le réchauffage du fluide gazeux successivement dans la zone de réchauffage (6) et dans une seconde zone d'échange de chaleur (13) et on fait passer un fluide frigorigène en boucle successivement dans la première zone d'échange de chaleur (11) et dans la seconde zone d'échange de chaleur (13) dans des conditions où le fluide frigorigène prélève de l'énergie thermique sur le premier fluide caloporteur pour la refroidir et cède au moins une partie de l'énergie thermique prélevée au second fluide caloporteur pour le réchauffer.
 

5
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel le courant de fluide gazeux a une vitesse d'au moins 1 m/s.
 

25
10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel la vitesse est de 5 à 20 m/s.
 

30
11. Installation pour la mise en oeuvre du procédé de la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend, reliés deux à deux entre eux dans l'ordre indiqué ci-après par des conduits permettant le passage de fluides gazeux et disposés dans un circuit continu au moins en partie fermé sur lui-même, successivement, des moyens de soufflage d'un fluide gazeux (4), des moyens de refroidissement dudit fluide gazeux (5), des moyens de réchauffage dudit fluide gazeux (6), des moyens d'injection d'eau pulvérisée (7a et 7b) dans ledit fluide gazeux réchauffé, des moyens de collecte de neige (2), des moyens pour faire circuler en boucle un fluide frigorigène dans lesdits moyens de refroidissement (5) et lesdits moyens de réchauffage (6), des moyens (8) pour recomprimer ledit fluide frigorigène entre la sortie des moyens de refroidissement et l'entrée des moyens de réchauffage et des moyens (10) pour détendre ledit fluide frigorigène entre la sortie des moyens de réchauffage et l'entrée des moyens de refroidissement.
 

35

40

45

50

55
12. Installation pour la mise en oeuvre du procédé de la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend, reliés deux à deux entre eux dans l'ordre indiqué ci-après par des conduits permettant le passage de fluides gazeux et disposés dans un circuit continu au moins en partie fermé sur lui-même, suc-

cessivement, des moyens de soufflage d'un fluide gazeux (4), des moyens de refroidissement dudit fluide gazeux (5), des moyens de réchauffage dudit fluide gazeux (6), des moyens d'injection d'eau pulvérisée (7a et 7b) dans ledit fluide gazeux réchauffé, des moyens de collecte de neige (2), des moyens pour faire circuler en boucle un premier fluide caloporteur successivement dans les moyens de refroidissement (5) et dans des premiers moyens d'échange de chaleur (11) et des moyens pour faire circuler en boucle un second fluide caloporteur successivement dans les moyens de réchauffage (6) et dans des seconds moyens d'échange de chaleur (13) et des moyens pour faire passer un fluide frigorigène en boucle successivement dans lesdits premiers et seconds moyens d'échange de chaleur dans des conditions permettant de prélever de l'énergie thermique sur le premier fluide caloporteur et de céder au moins une partie de cette énergie thermique au second fluide caloporteur.

13. Utilisation du courant de fluide gazeux et de neige entraînée par ledit courant de fluide gazeux tel qu'obtenu par le procédé de l'une des revendications 1 à 10, pour tester la tenue d'un matériau face aux intempéries et à leurs conséquences.
14. Utilisation selon la revendication 13, dans laquelle le matériau est une automobile.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung eines Stroms aus einem gasförmigen Medium und aus Schnee, der durch das zuvor genannte gasförmige Medium in einem ununterbrochenen Kreislauf befördert wird, der zumindest zum Teil in sich geschlossen ist; der Schnee befindet sich in einem eingeschlossenen Medium, in dem das gasförmige Medium von einem Schneesammelbereich (2) aus über einen Kühlbereich (5) für das besagte gasförmige Medium zur Kühlung auf eine Temperatur unter  $-2^{\circ}\text{C}$  und einen Erwärmungsbereich (6) für das besagte gekühlte gasförmige Medium, der positiv aber gemäßigt ist, um die Temperatur des gasförmigen Mediums auf unter  $0^{\circ}\text{C}$  zu halten, fließt; nach besagter Erwärmung wird dem erwärmten gasförmigen Medium (7a, 7b) Wasser zugeführt, so daß ein Strom aus gasförmigem Medium und Schnee entsteht; besagter Strom aus gasförmigem Medium und Schnee wird dem Schneesammelbereich (2) zugeführt, wenigstens ein Teil der Wärmeenergie, die dem gasförmigen Medium im Kühlbereich (5) entzogen wurde, wird dem gasförmigen Medium im Erwärmungsbereich (6) wieder zugeführt.
2. Verfahren gemäß dem Patentanspruch 1, bei dem

ein gasförmiges Medium fließt, das ab dem Schneesammelbereich (2) angesaugt (4) und dann über den Kühlbereich (5) und den Erwärmungsbereich (6) wieder zurückgeführt wird.

3. Verfahren gemäß dem Patentanspruch 1 oder 2, bei dem als gasförmiges Medium Luft eingesetzt wird und die Temperatur  $T_1$  dieser Luft zwischen  $-5^{\circ}\text{C}$  und  $-50^{\circ}\text{C}$  nach dem Abkühlen beträgt und die Temperatur  $T_2$  dieser Luft nach dem Erwärmen höchstens  $-2^{\circ}\text{C}$  beträgt, wobei diese mindestens um  $2^{\circ}\text{C}$  über  $T_1$  liegt.
4. Verfahren gemäß dem Patentanspruch 1, 2 oder 3, bei dem  $T_1$  zwischen  $-8^{\circ}\text{C}$  und  $-20^{\circ}\text{C}$  und  $T_2$  zwischen  $-5^{\circ}\text{C}$  und  $-12^{\circ}\text{C}$  beträgt und  $T_2$  mindestens um  $3^{\circ}\text{C}$  über  $T_1$  liegt.
5. Verfahren gemäß einem der hier aufgeführten Patentansprüche 1-4, bei dem die verschiedenen Bereiche des Kreislaufs auf einer horizontalen Ebene angeordnet sind.
6. Verfahren gemäß einem der hier aufgeführten Patentansprüche 1-5, bei dem ein und dasselbe verdampfbare Kältemittel zur Kühlung im Kühlbereich und zum Erwärmen im Erwärmungsbereich eingesetzt wird.
7. Verfahren gemäß dem Patentanspruch 6, bei dem zumindest ein Teil des Kältemittels im Kühlbereich (5) unter einem relativ niedrigen Druck verdampft, anschließend zumindest ein Teil des Dampfes nachverdichtet (8) wird und zumindest ein Teil hiervon dem Erwärmungsbereich (6) zugeführt wird, wo der nachverdichtete Dampf zumindest teilweise unter relativ hohem Druck kondensiert; das Kondenswasser wird nach der Entspannung (10) dem Kühlbereich (5) wieder zugeführt, um dort wieder als Kältemittel zu fungieren.
8. Verfahren gemäß einem der hier aufgeführten Patentansprüche 1-7, bei dem ein erstes flüssiges Kühlmittel zum Abkühlen des gasförmigen Mediums erst in dem Kühlbereich (5) und dann in einem ersten Wärmetauschbereich (11) und ein zweites flüssiges Kühlmittel (26, 27) zur Erwärmung des gasförmigen Mediums erst im Erwärmungsbereich (6) und dann in einem zweiten Wärmetauschbereich (13) in einer Schleife (22, 23) fließt; ein Kältemittel fließt in Schleife nacheinander durch den ersten Wärmetauschbereich (11) und den zweiten Wärmetauschbereich (13), wobei das Kältemittel dem ersten flüssigen Kühlmittel die Wärmeenergie entzieht, um es zu kühlen und zumindest einen Teil der Wärmeenergie dem zweiten flüssigen Kühlmittel wieder zuführt, um dieses zu erwärmen.

9. Verfahren gemäß einem der hier aufgeführten Patentansprüche 1-8, bei dem die Flußgeschwindigkeit des gasförmigen Mediums mindestens 1 m/s beträgt.

10. Verfahren gemäß dem Patentanspruch 9, bei dem die Flußgeschwindigkeit zwischen 5 und 20 m/s beträgt.

11. Anlage zur Umsetzung des Verfahrens aus Patentanspruch 1; die Anlage besteht aus Umwälzvorrichtungen für ein gasförmiges Medium (4), der Kühlvorrichtung für besagtes gasförmiges Medium (5), der Heizvorrichtung für besagtes gasförmiges Medium (6), der Zuführvorrichtung für zerstäubtes Wasser (7a und 7b) in besagtem erwärmten gasförmigen Medium, der Schneesammelvorrichtung (2), der Vorrichtung zum Durchschleifen eines Kältemittels durch besagte Kühlvorrichtung (5) und besagte Heizvorrichtung (6), der Vorrichtung (8) zur Nachverdichtung besagten Kältemittels zwischen dem Ausgang der Kühlvorrichtung und dem Eingang der Heizvorrichtung und der Vorrichtung (19) zur Entspannung besagten Kältemittels zwischen dem Ausgang der Heizvorrichtung und dem Eingang der Kühlvorrichtung; die Vorrichtungen sind hintereinander jeweils zwei zu zwei in oben aufgeführter Reihenfolge und über Leitungen, in denen die gasförmigen Medien fließen können, untereinander verbunden und sind in einem ununterbrochenen Kreislauf, der zumindest zum Teil in sich geschlossen ist, angeordnet.

12. Anlage zur Umsetzung des Verfahrens aus Patentanspruch 1; die Anlage besteht aus Umwälzvorrichtungen für ein gasförmiges Medium (4), der Kühlvorrichtung für besagtes gasförmiges Medium (5), der Heizvorrichtung für besagtes gasförmiges Medium (6), der Zuführvorrichtung für zerstäubtes Wasser (7a und 7b) in besagtem erwärmten gasförmigen Medium, der Schneesammelvorrichtung (2), der Vorrichtung zum Durchschleifen eines ersten flüssigen Kühlmittels erst durch besagte Kühlvorrichtung (5) und dann durch den ersten Wärmetauscher (11) und der Vorrichtung zum Durchschleifen eines zweiten flüssigen Kühlmittels erst durch besagte Heizvorrichtung (6) und dann durch den zweiten Wärmetauscher (13), Vorrichtungen zum Durchschleifen eines Kältemittels nacheinander durch den ersten und zweiten Wärmetauscher, wobei dem ersten flüssigen Kühlmittel die Wärmeenergie entzogen und dem zweiten flüssigen Kühlmittel diese Wärmeenergie zumindest teilweise wieder zugeführt wird; die Vorrichtungen sind hintereinander jeweils zwei zu zwei in oben aufgeführter Reihenfolge und über Leitungen, in denen die gasförmigen Medien fließen können, untereinander verbunden und sind in einem ununterbrochenen Kreis-

lauf, der zumindest zum Teil in sich geschlossen ist, angeordnet.

13. Einsatz des Stroms aus gasförmigem Medium und Schnee, der durch das zuvor genannte gasförmige Medium, wie es durch eines der in den Patentansprüchen 1-10 aufgeführten Verfahren entstanden ist, zum Testen des Verhaltens eines Materials bei Unwetter und dessen Folgen.

14. Einsatz gemäß dem Patentanspruch 13, bei dem das Material ein Fahrzeug ist.

## Claims

1. Method of producing a flow or gaseous fluid and of snow carried along by the said flow of gaseous fluid in a continuous circuit at least closed on itself, in an essentially confined medium, wherein one causes a gaseous fluid to circulate from a snow collecting zone (2) successively through a zone (5) for cooling the said gaseous fluid to bring its temperature below  $-2^{\circ}\text{C}$  and a zone (6) for reheating the said cooled gaseous fluid, the said reheating being positive but moderate in order that the temperature of the gaseous fluid remains lower than  $0^{\circ}\text{C}$  after the said reheating, one injects water into the reheated gaseous fluid (7a, 7b) to form a flow of gaseous fluid and of snow and one carries along the said flow of gaseous fluid and of snow into the snow collecting zone (2), at least one part of the thermal energy taken from the gaseous fluid in the cooling zone (5) being released to the gaseous fluid within the reheating zone (6).
2. Method according to claim 1, wherein one circulates the gaseous fluid by sucking (4) it from the snow collecting zone (2) and by driving it back through the cooling zone (5) and the reheating zone (6).
3. Method according to claim 1 or 2, wherein the gaseous fluid is air and the temperature  $T_1$  of this air is between  $-5^{\circ}\text{C}$  and  $-50^{\circ}\text{C}$  after cooling and the temperature  $T_2$  of this air is at most equal to  $-2^{\circ}\text{C}$  after reheating while being higher than  $T_1$  by at least  $2^{\circ}\text{C}$ .
4. Method according to claim 1, 2 or 3, wherein  $T_1$  is between  $-8$  and  $-20^{\circ}\text{C}$  and  $T_2$  between  $-5$  and  $-12^{\circ}\text{C}$ , with  $T_2$  being higher than  $T_1$  by at least  $3^{\circ}\text{C}$ .
5. Method according to any one of claims 1 to 4, wherein the zones of the circuit are arranged in a same horizontal plane.
6. Method according to any one of claims 1 to 5, wherein a same vaporizable refrigerant fluid pro-

vides the cooling in the cooling zone and the reheating in the reheating zone.

7. Method according to claim 6, wherein one evaporates at least in part the refrigerant fluid in the cooling zone (5) under a relatively low pressure and then one recompresses (8) at least in part the resulting vapor, one conveys it at least in part into the reheating zone (6) where it condenses at least in part under a relatively high pressure, the resulting condensate being carried back after expansion (10) to the cooling zone (5) to there reconstitute the refrigerant fluid. 5
8. Method according to any one of claims 1 to 7, wherein one circulates in a loop (22, 23) a first heat-carrying fluid for the cooling of the gaseous fluid successively in the cooling zone (5) and in a first heat exchange zone (11) and a second heat-carrying fluid (26, 27) for reheating the gaseous fluid successively in the reheating zone (6) and in a second heat exchange zone (13) and one passes a refrigerant fluid in a loop successively in the first heat exchange zone (11) and in the second heat exchange zone (13) under conditions where the refrigerant fluid takes the thermal energy from the first heat-carrying fluid to cool it and releases at least one part of the taken thermal energy to the second heat-carrying fluid for reheating it. 10 15 20 25 30
9. Method according to any one of claims 1 to 8, wherein the flow of gaseous fluid has a speed of at least 1 m/s.
10. Method according to claim 9, wherein the speed is 5 to 20 m/s. 35
11. Equipment for carrying out the method of claim 1, characterized in that it comprises, connected two by two to each other in the order stated hereinafter by ducts permitting the passage of gaseous fluids and disposed in a continuous circuit closed on itself at least in part, successively, means (4) for blowing a gaseous fluid, means (5) for the cooling of the said gaseous fluid, means (6) for the reheating of the said gaseous fluid, means (7a and 7b) for injecting atomized water into the said reheated gaseous fluid, snow collecting means (2), means for circulating in a loop a refrigerant fluid in the said cooling means (5) and the said reheating means (6), means (8) for recompressing the said refrigerant fluid between the outlet of the cooling means and the inlet of the reheating means and means (10) for expanding the said refrigerant fluid between the outlet of the reheating means and the inlet of the cooling means. 40 45 50 55
12. Equipment for carrying out the method of claim 1, characterized in that it comprises, connected two

by two to one another in the order stated hereinafter by ducts permitting the passage of gaseous fluids and disposed in a continuous circuit closed at least in part on itself, successively, means (4) for blowing a gaseous fluid, means (5) for the cooling of the said gaseous fluid, means (6) for the reheating of the said gaseous fluid, means (7a and 7b) for injecting atomized water into the said reheated gaseous fluid, snow collecting means (2), means (5) for circulating in a loop a first heat-carrying fluid successively in the reheating means (5) and in first heat exchange means (11) and means for circulating in a loop a second heat-carrying fluid successively in the reheating means (6) and in second heat exchange means (13) and means for passing a refrigerant fluid in a loop successively in the said first and second heat exchanging means under conditions permitting to take the thermal energy from the first heat-carrying fluid and to release at least one part of this thermal energy to the second heat-carrying fluid.

13. Utilization of the flow of gaseous fluid and of snow carried along by said flow of gaseous fluid such as obtained by the method of one of claims 1 to 10 for testing the behaviour of a material facing bad weather and its consequences.
14. Utilization according to claim 13, wherein the material is an automobile.



