

ROYAUME DE BELGIQUE

# BREVET D'INVENTION



MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

NUMERO DE PUBLICATION : 1001214A5

NUMERO DE DEPOT : 8800851

Classif. Internat.: E21F B61D

Date de délivrance : 22 Aout 1989

Le Ministre des Affaires Economiques,

Vu la loi du 28 Mars 1984 sur les brevets d' invention, notamment l' article 22;

Vu l' arrêté royal du 2 Décembre 1986 relatif à la demande, à la délivrance et au maintien en vigueur des brevets d' invention, notamment l' article 28;

Vu le procès verbal dressé le 20 Juillet 1988 à 14h00  
à l' Office de la Propriété Industrielle

## ARRETE :

ARTICLE 1.- Il est délivré à : AIR ET CHALEUR S.A.  
Digue du canal 112/113, 1070 Bruxelles(BELGIQUE)

représenté(e)(s) par : PLUCKER Guy, OFFICE KIRKPATRICK, Square de Meeûs, 4  
- 1040 BRUXELLES.

un brevet d' invention d' une durée de 20 ans, sous réserve du paiement des taxes annuelles, pour : PROCEDE DE REFROIDISSEMENT DE L'ATMOSPHERE D'UN TUNNEL PAR UN VEHICULE ET VEHICULE POUR CE PROCEDE.

INVENTEUR(S) : Meurice Pierre, route provinciale 192, 1301 Bierges(BE);Mallet Jean, rue Aubriot 4, 75004 Paris(FR)

ARTICLE 2.- Ce brevet est délivré sans examen préalable de la brevetabilité de l' invention, sans garantie du mérite de l' invention ou de l' exactitude de la description de celle-ci et aux risques et périls du(des) demandeur(s).

Bruxelles, le 22 Aout 1989  
PAR DELEGATION SPECIALE :

D. VANDERGHEYNST  
Conseiller-adjoint à l'Office  
de la Propriété industrielle

Procédé de refroidissement de l'atmosphère d'un tunnel  
par un véhicule et véhicule pour ce procédé.

La présente invention concerne un procédé de refroidissement de l'atmosphère d'un tunnel au moyen d'un véhicule mobile et un véhicule pour appliquer ce procédé.

Le mot "tunnel" est utilisé dans le sens d'un espace confiné de section quelconque et comparativement de grande longueur; il peut donc s'appliquer tant à des tunnels ferroviaires ou des voies routières souterraines qu'à des galeries, voire à des conduits d'un certain diamètre.

Lorsque de l'énergie calorifique est dégagée dans de tels espaces, soit pour y propulser des véhicules ou un convoi, soit par effet Joule, soit rayonnée par le milieu ambiant, il est nécessaire d'évacuer régulièrement cette énergie.

Par exemple, le passage d'un convoi ferroviaire dans un tunnel nécessite une certaine quantité d'énergie pour le mouvoir. Or, on constate que la quasi-totalité de cette énergie est transmise en définitive, sous forme de chaleur, à l'air ambiant et à la surface des parois du tunnel.

Dans des tunnels d'assez faible longueur ou dans lesquels la densité du trafic est relativement faible, cette chaleur se dissipe naturellement et quitte le tunnel, notamment par le renouvellement - naturel ou forcé - de l'atmosphère du tunnel. On sait par ailleurs que les convois ou les véhicules qui circulent dans un tunnel unidirectionnel, provoquent un effet de piston qui accentue le phénomène de circulation de l'air, provoquant ainsi l'évacuation de la chaleur hors de ce tunnel.

L'évacuation de la chaleur pose cependant de

réels problèmes lorsque la longueur des tunnels s'accroît (plusieurs dizaines de kilomètres, par exemple) et particulièrement lorsque la cadence de passage des convois ou des véhicules y est très élevée.

L'évacuation de la chaleur pose également des problèmes dans des galeries où la paroi, voire les équipements installés à demeure, provoquent un dégagement thermique important.

L'effet de piston que provoquent les convois qui circulent dans des tunnels unidirectionnels n'est efficace en effet que pour des tunnels d'assez faible longueur. Dans des tunnels de l'ordre de plusieurs dizaines de kilomètres, cet effet avantageux de piston ne se produit quasi plus et ne peut dès lors plus contribuer à l'évacuation de la chaleur hors du tunnel.

Cette évacuation doit dès lors être provoquée par d'autres moyens et on notera que la quantité de chaleur à évacuer de la sorte peut être très élevée.

Ainsi, supposons un tunnel unidirectionnel de grande longueur où la somme des apports calorifiques dégagés, notamment par des trains de véhicules, est égale à 40 MWh par heure. La quantité de chaleur dissipée par les parois du tunnel et par l'effet piston est négligeable en comparaison de l'énergie thermique introduite.

Il importe donc d'évacuer du tunnel, par d'autres moyens, la totalité de ces apports énergétiques.

Compte tenu de la quantité de chaleur dégagée dans le tunnel, il est pratiquement impossible d'évacuer cette chaleur par ventilation forcée. En effet, les vitesses de déplacement d'air à mettre en oeuvre rendraient le tunnel impraticable pour le service.

Une autre solution qui peut, en principe, être

envisagée consisterait en une distribution d'eau glacée dans le tunnel, alimentant des appareils terminaux à poste fixe tels que des ventilo-convecteurs ou des plaques d'échange statiques ou autres échangeurs. De tels réseaux de distribution de froid seraient alimentés depuis des centrales de production installées à l'extérieur du tunnel. De tels systèmes sont très coûteux et nécessitent des travaux de maintenance à effectuer dans le tunnel en imposant des interruptions prolongées du trafic. De plus, ils constituent des obstacles aéroliques importants.

Un but de la présente invention est de réaliser le refroidissement d'un tunnel de grande longueur par un procédé qui soit économiquement avantageux.

L'invention a également pour but de réaliser ce refroidissement par un procédé qui offre un maximum de sécurité et qui ne nécessite pas de travaux de maintenance à effectuer dans le tunnel.

Un autre but de l'invention est de réaliser le refroidissement d'un tel tunnel sans recourir à des installations ou dispositifs installés à poste fixe, empiétant de façon permanente sur la section du tunnel.

L'objet de l'invention est un véhicule destiné à circuler dans un tunnel qui comporte, monté sur au moins un châssis :

- au moins un réservoir de stockage apte à contenir une masse accumulatrice de froid;

- au moins un frigorigène apte à assurer les échanges thermiques entre un liquide caloporteur circulant dans le dit frigorigène et l'atmosphère du tunnel; par "frigorigène", on entend ici tout type d'échangeur par le biais duquel un système producteur de froid ou une masse accumulatrice de froid cède de l'énergie thermique négative à l'atmosphère;

- un circuit de circulation comprenant des canalisations de soutirage partant du réservoir de stockage, des moyens de pompage aptes à faire circuler le dit liquide caloporteur dans les canalisations et dans le frigorigère, et des canalisations ramenant le dit liquide caloporteur du frigorigère au réservoir de stockage.

De façon préférée, la masse accumulatrice de froid est constituée d'un mélange de liquide caloporteur et d'une masse parcellaire de liquide congelé.

De façon avantageuse, la masse parcellaire est constituée de capsules scellées contenant un liquide congelé. Ce liquide est, de façon préférée, un mélange eutectique de sels hydratés.

Suivant une autre forme de réalisation avantageuse, la masse parcellaire est constituée de glace.

On utilisera de préférence l'eau comme liquide caloporteur, additionnée au besoin de sels, de glycols et/ou d'un agent tensio-actif, voire d'autres additifs.

Suivant une forme de réalisation avantageuse de l'invention, le réservoir de stockage est doté d'au moins un orifice obturable par lequel un liquide caloporteur peut être introduit dans le réservoir et d'au moins un orifice obturable par lequel ce liquide caloporteur peut être soutiré du réservoir.

Suivant une autre forme de réalisation avantageuse, le réservoir comporte au moins un orifice obturable par lequel une masse accumulatrice de froid peut être introduite dans le réservoir et au moins un orifice obturable par lequel tout ou partie du contenu du dit réservoir peut être évacué.

Suivant une forme d'exécution préférée de la présente invention, le frigorigère est constitué de

batteries d'échangeurs disposées verticalement dans le volume compris entre le réservoir et le gabarit d'encombrement maximum pour les véhicules circulant dans le tunnel; les batteries d'échangeurs sont alors par exemple décalées alternativement vers la gauche et vers la droite par rapport à l'axe longitudinal du véhicule.

Dans une forme d'exécution particulière du véhicule selon l'invention, le frigorifère est constitué d'au moins une batterie d'échangeurs disposée frontalement par rapport au sens de déplacement du véhicule, au-dessus du réservoir.

Suivant un mode de réalisation préféré de cette forme d'exécution, des prises d'air sont disposées sur la face avant des frigorifères, la section déterminée par ces prises d'air allant en s'évasant depuis l'entrée de ces prises d'air situées en avant de chaque frigorifère, par rapport au sens de déplacement du véhicule, jusqu'à leur section terminale qui coïncide avec la face avant du frigorifère.

Suivant une autre forme d'exécution le frigorifère est constitué de batteries d'échangeurs disposées horizontalement dans le volume compris entre le réservoir et le gabarit d'encombrement maximum pour les véhicules circulant dans le tunnel.

Dans un mode d'exécution particulier, le réservoir de stockage a une forme allongée et est disposé avec son grand axe suivant l'axe de déplacement du véhicule, ce réservoir de stockage est muni à sa partie supérieure d'un caisson longitudinal médian, le frigorifère étant constitué de batteries d'échangeurs disposées horizontalement de part et d'autre de ce caisson.

Dans ces formes d'exécution, le véhicule comporte des déflecteurs aptes à dévier l'air

rencontré, lors du déplacement du véhicule, en direction des batteries d'échangeurs. Des ventilateurs peuvent forcer le flux d'air au travers de ces batteries d'échangeurs.

Avantageusement, un collecteur d'eau de condensation est disposé au-dessous des batteries d'échangeurs.

Dans une forme d'exécution avantageuse de l'invention, un carénage est disposé sensiblement suivant le gabarit d'encombrement maximum prévu pour les véhicules circulant dans le tunnel, le long des flancs et à la partie supérieure du véhicule; la face avant et la face arrière du véhicule demeurent par ailleurs ouvertes.

Une autre forme d'exécution avantageuse prévoit qu'un carénage fermé est disposé sensiblement suivant le gabarit d'encombrement maximum pour les véhicules circulant dans le tunnel, des orifices d'extraction d'air et des orifices d'entrée d'air étant ménagés dans ce carénage, les ventilateurs étant montés sur ces orifices d'extraction d'air, et des batteries de frigorifères étant disposées dans l'axe des orifices d'entrée d'air.

Suivant un mode de réalisation particulier, un carénage fermé peut être disposé sensiblement suivant le gabarit d'encombrement maximum pour les véhicules circulant dans le tunnel, des orifices d'entrée de l'air et des orifices d'extraction d'air étant ménagés dans ce carénage, des manches à air se raccordent aux orifices d'entrée d'air, et les ventilateurs étant montés dans ces manches à air; des batteries de frigorifères sont disposées dans l'axe de ces manches à air, aux orifices d'entrée d'air.

Dans une autre forme d'exécution avantageuse du véhicule suivant l'invention, le frigorifère est un

échangeur à pulvérisation dans lequel le fluide caloporteur vient en contact direct avec l'atmosphère du tunnel, ce véhicule comportant des rampes de pulvérisation; les dites rampes sont raccordées au réservoir de stockage par un ou des moyens de pompage aptes à prélever du liquide caloporteur dans le réservoir. Un carénage est disposé sensiblement suivant le gabarit d'encombrement maximum prévu pour les véhicules circulant dans le tunnel, le long des flancs et à la partie supérieure du véhicule; la face avant et la face arrière du véhicule demeurent par ailleurs ouvertes. Le carénage comporte de préférence des soufflets aptes à être raccordés aux soufflets correspondants d'un autre véhicule du même type, le volume interne des véhicules accolés formant comme un conduit continu.

Un bassin récolteur apte à recueillir le liquide pulvérisé par les rampes est, de préférence, disposé vers l'arrière du véhicule, par rapport au sens de déplacement; ce bassin récolteur est muni de moyens de réinjection aptes à ramener le liquide recueilli vers le réservoir de stockage.

Les rampes de pulvérisation du véhicule suivant l'invention peuvent porter des gicleurs qui sont orientés dans le sens opposé à celui du passage du flux d'air dans le véhicule ou perpendiculairement à ce sens de passage.

Un ou plusieurs éliminateurs de gouttelettes peuvent être avantageusement montés sur au moins un châssis distinct accouplé au véhicule suivant l'invention, du côté arrière par rapport au sens de déplacement normal du dit véhicule; les parois de ces éliminateurs sont disposées en V de façon à ramener la vitesse de l'air qui les traverse à une valeur compatible avec un fonctionnement efficace de ces

éliminateurs, les dits éliminateurs étant munis de moyens de pompage aptes à ramener le liquide recueilli vers les réservoirs de stockage.

Dans certains modes de réalisation avantageux de l'invention, le véhicule comprend des moyens de ventilation aptes à favoriser le passage de l'air au travers de son carénage.

Suivant un autre mode de réalisation, le frigorigère a des surfaces d'échange de chaleur qui forment les surfaces supérieure et latérales du dit véhicule.

Dans une version avantageuse de réalisation de l'invention, le frigorigère est constitué de faisceaux de tubes disposés, en une ou plusieurs nappes, au-dessus et sur les côtés du réservoir de stockage, sensiblement selon le gabarit maximum prévu pour les véhicules circulant dans le tunnel.

Le véhicule suivant l'invention peut comporter des frigorigères de types différents fonctionnant simultanément ou de façon alternée.

Des organes de commande agissant sur les moyens de pompage peuvent, de façon optionnelle, être montés sur le dit véhicule.

Un autre objet de l'invention est un procédé de refroidissement d'un tunnel, qui comprend les opérations suivantes :

- chargement d'une masse accumulatrice de froid dans un réservoir d'un véhicule adapté pour circuler dans le tunnel et comportant outre ce réservoir, un ou plusieurs frigorigères et des moyens de pompage;

- mise en circulation du véhicule le long du tunnel;

- refroidissement d'un liquide caloporteur par contact avec la masse accumulatrice de froid;

- prélèvement du liquide caloporteur au niveau du réservoir;
- circulation de liquide caloporteur dans les frigorifères;
- collecte d'énergie thermique dans l'atmosphère du tunnel par les frigorifères;
- refroidissement de ces frigorifères par circulation du liquide caloporteur;
- transfert du liquide caloporteur réchauffé, de façon à amener l'énergie thermique collectée vers la masse accumulatrice de froid;
- retour du liquide caloporteur du frigorifère vers le réservoir;
- réinjection du liquide caloporteur réchauffé dans le réservoir;
- fusion progressive de la masse accumulatrice de froid.

De façon avantageuse, cette masse accumulatrice de froid est un mélange d'une masse parcellaire de liquide congelé et de liquide caloporteur.

Le procédé peut comprendre, en outre, les opérations suivantes :

- pulvérisation dans le frigorifère du liquide en gouttelettes venant en contact direct avec l'atmosphère du tunnel;
- récolte des gouttelettes en aval de la pulvérisation;
- réinjection du liquide récolté dans le réservoir.

Ce procédé peut être mis en oeuvre avec certains des véhicules tels que décrits ci-dessus.

Un autre procédé avantageux comprend les opérations suivantes :

- chargement d'une masse accumulatrice de

froid dans un réservoir monté sur un véhicule adapté pour circuler dans un tunnel et comportant outre ce réservoir, un ou plusieurs frigorifères et des moyens de pompage, reliant le dit réservoir et les dits frigorifères;

- refroidissement de la masse accumulatrice de froid par circulation dans cette masse accumulatrice d'un liquide caloporteur dont la température est inférieure au point de congélation de la dite masse;

- congélation de la dite masse accumulatrice;
- mise en circulation du véhicule le long du tunnel;

- refroidissement d'un liquide caloporteur par contact avec la masse accumulatrice de froid;

- prélèvement du liquide caloporteur au niveau du réservoir;

- injection par pompage de liquide caloporteur dans des frigorifères;

- collecte d'énergie thermique dans l'atmosphère du tunnel par les frigorifères;

- refroidissement de ces frigorifères par circulation du liquide caloporteur;

- transfert par pompage du liquide caloporteur réchauffé, de façon à amener l'énergie thermique collectée vers la masse accumulatrice de froid;

- retour du liquide caloporteur des frigorifères vers le réservoir;

- réinjection du liquide caloporteur réchauffé dans le réservoir;

- réchauffement progressif de la masse accumulatrice de froid.

Suivant une forme préférée de ce procédé, la masse accumulatrice de froid comporte des capsules hermétiques contenant un liquide congelable.

De façon avantageuse, le procédé comprend, en

outre, les opérations suivantes :

- formation de convois comportant plusieurs véhicules à frigorifères;
- passage en convoi des dits véhicules dans le tunnel.

Dans ce procédé, la charge en masse accumulatrice de froid de chaque véhicule est de préférence établie par des moyens automatisés.

Suivant une forme d'exécution particulière du procédé, la masse accumulatrice de froid est placée préalablement dans un conteneur modulaire, et le procédé comporte alors, en outre, l'opération suivante :

- chargement et branchement du conteneur modulaire sur le véhicule; un tel conteneur modulaire peut d'ailleurs comprendre le réservoir contenant la masse accumulatrice de froid, l'ensemble des frigorifères, les moyens de pompage et l'appareillage auxiliaire, qui sont chargés et branchés sur un châssis pour former le véhicule complet.

La glace est produite dans une centrale de production qui fait partie des installations des stations d'arrêt (à proximité de chaque extrémité du tunnel). L'eau soutirée du réservoir de stockage (après un passage du convoi dans le tunnel) peut alors être conduite directement vers la centrale de production pour y être congelée ou, avant d'être évacuée, passer dans des échangeurs permettant de récupérer les frigories qui y sont encore contenues en refroidissant l'eau destinée à alimenter la centrale de production de glace. Cette manière de procéder permet non seulement de récupérer d'importantes quantités d'eau et/ou d'énergie, puisque l'eau soutirée des réservoirs de stockage est déjà à basse température (proche de 0°C).

En effet, après chaque passage du véhicule

dans le tunnel, une quantité de glace est chargée dans le réservoir de stockage du véhicule et une quantité équivalente d'eau en est soutirée.

On comprendra que la quantité de matière congelée chargée dans le réservoir de stockage est de préférence telle qu'elle soit en majeure partie fondue pendant le passage du véhicule dans le tunnel.

Suivant une autre forme du procédé, la masse accumulatrice de froid, sous forme de capsules hermétiques, séjourne de façon permanente dans le réservoir de stockage, le procédé comportant une phase préliminaire de refroidissement de la masse accumulatrice de froid par circulation en son sein d'un liquide froid, de température inférieure au point de congélation des capsules.

Dans ce cas, le liquide eutectique contenu dans les capsules et le fluide caloporteur sont choisis pour pouvoir atteindre des températures très basses (par exemple,  $-20$  à  $-40^{\circ}\text{C}$ ) dans les frigorifères.

D'autres particularités et avantages de l'invention ressortiront de la description de formes d'exécution particulières destinées au refroidissement d'un tunnel ferroviaire; ces formes d'exécution de l'invention qui utilisent généralement comme masse accumulatrice de froid de la glace sont détaillées ci-après, référence étant faite aux dessins annexés, dans lesquels :

la Fig. 1 est une vue schématique, latérale, d'un véhicule ferroviaire selon l'invention, équipé d'un frigorifère à pulvérisation;

la Fig. 2 est une vue en coupe suivant la ligne II-II de la Fig. 1;

la Fig. 3 est une vue schématique d'un convoi ferroviaire comportant des véhicules à frigorifères à pulvérisation;

la Fig. 4 est une vue d'un détail du convoi de la Fig. 3;

la Fig. 5 est une vue en coupe, latérale, d'un véhicule ferroviaire selon l'invention, équipé de frigorifères secs et à carénage fermé;

la Fig. 6 est une vue en coupe suivant la ligne VI-VI de la Fig. 5;

la Fig. 7 est une vue schématique d'un convoi ferroviaire comportant des frigorifères selon les Fig. 5 et 6;

la Fig. 8 est une vue d'un détail de la Fig. 7;

la Fig. 9 est une vue en coupe transversale d'un autre type de véhicule équipé de frigorifères secs;

la Fig. 10 est une vue schématique d'un convoi comportant un véhicule selon la Fig. 9;

la Fig. 11 est une vue d'un détail de la Fig. 10;

la Fig. 12 est une vue schématique latérale d'une autre forme de réalisation d'un véhicule à frigorifère frontal;

la Fig. 13 est une vue schématique d'un convoi ferroviaire comportant des véhicules tels que celui représenté à la Fig. 12, et

la Fig. 14 est une vue d'un détail de la Fig. 13.

Le véhicule 1 représenté à la Fig. 1 est censé se déplacer vers la gauche de cette figure lors de son passage dans un tunnel et, ce suivant la direction des flèches blanches figurées à la hauteur des essieux. Les flèches noires indiquent le sens de passage du flux d'air en mouvement relatif. Le véhicule 1 comporte un réservoir 2 disposé sur un châssis 3 en épousant au maximum son gabarit de surface. Le châssis 3 est lui-

même monté sur des bogies 4. Un frigorifère 5 fonctionnant par pulvérisation est disposé par-dessus le réservoir 2. Ce frigorifère 5 est entouré d'un carénage 6 qui s'étend sensiblement selon le gabarit d'encombrement maximum des véhicules destinés à circuler dans le tunnel. A l'avant et à l'arrière du carénage 6 sont montés des soufflets 7 destinés à être raccordés aux soufflets 7 correspondants d'autres véhicules 1 du convoi, de façon telle que le volume interne de ces véhicules 1 forme un boyau continu, ouvert à ses deux extrémités.

Le frigorifère 5 du véhicule 1 est constitué d'une série de rampes de pulvérisation 8 échelonnées dans le volume délimité par le carénage 6. Ces rampes de pulvérisation 8 sont alimentées par une pompe 9 raccordée à des rampes de prélèvement ou de soutirage 10 qui s'étendent dans le fond du réservoir 2.

A l'arrière du véhicule 1 par rapport au sens de marche est disposé un bassin récolteur 11 dans lequel la majeure partie des eaux de pulvérisation sont recueillies. Une pompe 12 de vidange est branchée entre le bassin récolteur 11 et des rampes de réinjection 13 disposées à la partie supérieure du réservoir de stockage 2.

Une seconde série de rampes de réinjection 14 s'étend parallèlement à la première; des moyens de raccordement 15 permettent de brancher ces secondes rampes 14 aux rampes 14 des véhicules attenants pour rejoindre, en queue de convoi, un véhicule éliminateur de gouttelettes D, comme cela sera montré plus loin. Le fonctionnement du véhicule à pulvérisation 1 sera expliqué en se référant plus particulièrement à la Fig. 2 qui illustre la disposition des rampes de pulvérisation 8.

Le réservoir de stockage 2 est doté sur une de

ses faces latérales d'orifices 16 munis de raccords qui permettent la connexion de ce réservoir 2 à des installations extérieures (non représentées) destinées à son approvisionnement en parcelles de glace 17. Sur la face latérale opposée du réservoir 2 sont disposés d'autres orifices 18 munis de raccords permettant de soutirer simultanément le liquide résiduel provenant de la charge précédente.

Suivant un autre procédé non illustré, le réservoir peut être rempli en permanence de capsules hermétiques contenant un liquide congelable. Dans ce cas, les orifices 16, 18 munis de raccords permettent de faire circuler au sein du réservoir 2 un fluide à très basse température destiné à refroidir rapidement le contenu des capsules.

Lorsque le véhicule 1 est mis en service dans le tunnel, la pompe 9 entre en action. Le liquide contenu dans le réservoir 2 est aspiré au travers des rampes de soutirage 10. Pour éviter tout phénomène de stratification de température ou l'établissement de cheminements préférentiels au sein de la masse parcellaire de glace 17, les orifices des rampes de soutirage 10 sont répartis sur tout le fond du réservoir de stockage 2. Des crépines 19 préviennent l'entraînement de particules solides dans le circuit de pompage.

La pompe 9 refoule l'eau dans les rampes de pulvérisation 8, sur lesquelles sont montés des gicleurs 20, comme on le voit à la Fig. 2. Ces gicleurs 20 déversent à l'intérieur du volume du carénage 6, une masse d'eau froide divisée en fines gouttelettes.

Cependant, lorsque le convoi est en mouvement dans le tunnel, une importante fraction de l'atmosphère du tunnel (flèches noires) s'engouffre par l'avant du premier véhicule 1 et traverse les véhicules 1 réunis

par leurs soufflets 7; le mouvement relatif de l'air et la surface d'échange importante développée par les gouttelettes d'eau froide engendrent un taux d'échange thermique élevé.

L'air, fortement refroidi et, de surcroît, asséché s'échappe en queue de convoi en traversant un éliminateur de gouttelettes D. L'eau réchauffée retombe en pluie et ruisselle en majeure partie jusqu'au bassin récolteur 11 d'où elle est réinjectée dans le réservoir 2 par la pompe 12 de vidange via les premières rampes de réinjection 13. On notera que les rampes de réinjection 13 sont disposées - dans la partie supérieure du réservoir 2 - de façon à répartir uniformément le liquide introduit de manière à obtenir un échange uniforme avec la masse parcellaire de glace 17.

Un exemple de convoi équipé de véhicules 1 selon l'invention est donné à la Fig. 3. Comme l'on désire profiter de l'effet aérolitique provoqué par le passage du convoi, une motrice avant A, placée en tête du convoi, est suivie d'un wagon plat B qui réduit l'effet de traînée provoqué par cette motrice A. Le convoi proprement dit est constitué d'un certain nombre de véhicules à frigorifères C, en fonction de l'énergie thermique à capter.

Deux de ces véhicules C sont représentés sur la Fig. 3. A la suite de ces véhicules à pulvérisation C est placé un éliminateur de gouttelettes D destiné à recueillir les ultimes particules d'eau subsistant dans l'air refroidi. Un wagon plat B est attelé à la suite du collecteur à gouttelettes D pour permettre au flux d'air de se refermer avant le passage de la motrice arrière E.

La Fig. 4 montre plus en détail l'éliminateur de gouttelettes D de la Fig. 3. L'utilisation d'un tel

éliminateur est bien connue de l'homme du métier, ne requiert pas d'explications particulières. Les parois 21 de l'éliminateur D sont disposées en V de façon telle que la vitesse de l'air (flèches blanches) passant dans cet éliminateur D soit réduite suffisamment pour être compatible avec la gamme de vitesses usuelles d'un tel dispositif. Les dernières gouttelettes, piégées par le passage de l'air humide sur les parois en V 21 de l'éliminateur de gouttelettes D, sont réinjectées par la pompe 22 de l'éliminateur D dans les secondes rampes de réinjection 14 des véhicules 1 formant le convoi. Outre son taux d'échange thermique élevé, un avantage annexe du véhicule à frigorifères à pulvérisation 1 est qu'il provoque un séchage de l'air du tunnel et un effet assainisseur dû à la captation d'aérosols et de matières en suspension.

Il va de soi que la disposition de convoi illustrée ici n'est qu'un exemple et que les véhicules à frigorifères 1 pourraient également être dotés d'essieux automoteurs. Dans ces conditions, le wagon plat B de tête du convoi (ou le premier véhicule à frigorifères) serait simplement doté d'une cabine de pilotage et d'un moyen de captation de l'énergie motrice. Par ailleurs, la présence des wagons plats B, illustrée ici à titre d'exemple, peut se révéler superflue, en fonction notamment du profil effectif des véhicules et des motrices composant le convoi.

La Fig. 5 montre une autre forme de réalisation d'un véhicule à frigorifères selon l'invention.

Les frigorifères 23 comportent des échangeurs "secs", c'est-à-dire qu'il n'y a pas de contact direct entre le fluide caloporteur et l'atmosphère du tunnel, ce qui permet d'utiliser comme fluide caloporteur par exemple de l'eau additionnée de différents additifs

susceptibles d'affecter son point de congélation, notamment de l'antigel ou différents sels.

Dans cette forme de réalisation, le véhicule 1 est pourvu d'un carénage fermé 24 sur les faces latérales, la face supérieure, à l'avant et à l'arrière.

Le réservoir de stockage 2 occupe la partie inférieure du véhicule 1. Des orifices 25 sont ménagés le long des flancs du carénage 24 et des frigorigères 23 sont placés verticalement en regard de ces orifices 25, de part et d'autre du véhicule 1. A la face supérieure du carénage 24 s'ouvrent des orifices 26 d'extraction d'air dans lesquels sont encastrés des ventilateurs 27.

Le fonctionnement de ces véhicules sera décrit en se référant plus particulièrement à la Fig. 6.

Comme décrit plus haut, le réservoir 2 du véhicule 1 est rempli au préalable d'un mélange de capsules hermétiques 28 et de liquide caloporteur. Ceci peut se réaliser aisément, l'ensemble du dispositif ayant ici la forme d'un conteneur doté de moyens d'amarrage 29 et pouvant être, pour cette opération, soulevé de son châssis mobile 30 par des moyens de levage appropriés et stocké dans une réserve.

En service, la pompe 9 prélève le liquide caloporteur froid à la partie inférieure du réservoir de stockage 2 et le refoule dans les frigorigères 23 auxquels il cède son énergie thermique négative. Réchauffé par son passage au travers des frigorigères 23, ce liquide caloporteur retourne ensuite au réservoir 2 via une canalisation de réinjection 31 desservant les rampes de réinjection 13 placées à la partie supérieure du réservoir 2..

Le passage de l'air (flèches noires) au travers des frigorigères 23 est ici obtenu par l'action

des ventilateurs 27 qui, en extracteurs, aspirent l'air (flèches blanches) contenu dans le carénage 24, d'où un meilleur contrôle des échanges de froid.

Dans cette version, il subsiste dans le véhicule 1 un espace important, ce qui permet l'installation éventuelle de batteries de frigorifères 23 supplémentaires, ou encore de disposer autrement du volume subsistant.

La Fig. 7 montre un exemple de disposition d'un convoi comportant des véhicules à frigorifères F de ce type. En tête, une motrice classique A, suivie d'un wagon plat B permettant aux filets d'air de se refermer; viennent ensuite, en fonction de la puissance thermique, à absorber, un certain nombre de véhicules F aspirant l'air chaud en mouvement relatif entre le convoi et la paroi du tunnel (flèches blanches) et rejetant l'air refroidi (flèches noires) à la partie supérieure de la section du tunnel, comme cela est montré plus en détail à la Fig. 8. Le dernier véhicule F est suivi d'un wagon plat B auquel est accrochée la motrice de fin de convoi E.

La Fig. 9 est une vue en coupe selon un plan perpendiculaire au sens du déplacement d'une autre forme de réalisation d'un véhicule selon l'invention dépourvu de carénage.

Le réservoir de stockage 2 s'étend à la partie inférieure du véhicule 1, la partie médiane du réservoir 2 se prolonge, vers le haut, d'un caisson 32 longitudinal qui confère à sa section l'allure d'un T renversé.

Des batteries de frigorifères 33 sont disposées de part et d'autre de ce caisson 32 médian. Chaque batterie de frigorifère 33 est surmontée d'un ventilateur 34 qui force l'air du tunnel à rencontrer les surfaces d'échange de ces frigorifères 33.

Au moment du chargement du véhicule 1, de la glace 17 est déversée par les orifices 16 munis de raccords du caisson 32. Cette glace 17 s'empile sur la crépine 19 et occupe la plus grande partie du caisson 32 et du dessus du réservoir 2.

Lors de la mise en service, la pompe 9 aspire le liquide caloporteur froid à la partie inférieure du réservoir 2 via les rampes de soutirage 10 et l'injecte dans les frigorifères 33 dont il refroidit les surfaces d'échange. Le liquide caloporteur moins froid quitte les frigorifères 33 et regagne le réservoir 2. En fait, il est réinjecté en pluie dans le haut du caisson 32.

Cette disposition permet au liquide réinjecté de ruisseler au travers d'une forte épaisseur de glace en parcelles 17, d'où une amélioration du taux d'échange thermique eau-glace.

Les batteries de frigorifères 33 peuvent être, au choix, des échangeurs à ailettes, à plaques, platulaires ou à faisceaux tubulaires. Elles doivent cependant offrir une faible résistance au passage de l'air, de façon à ce qu'une fraction importante de l'atmosphère du tunnel passe effectivement au travers sans dépense d'énergie excessive.

La Fig. 10 montre un convoi comportant des véhicules à frigorifères tels que décrits ci-dessus.

Un wagon plat B attelé après la motrice A permet aux filets d'air - en mouvement relatif par rapport au convoi - de se refermer et de passer le long des wagons munis de frigorifères G.

Au passage (Fig. 11) une fraction de l'air (flèches blanches) du tunnel se refroidit au contact des frigorifères échelonnés le long de chaque véhicule.

A l'arrière du dernier véhicule à frigorifère G, est attelé un wagon plat B auquel fait suite la motrice arrière E du convoi.

En fonction des conditions régnant dans le tunnel à desservir, on pourra ou non placer le carénage décrit pour certaines versions sans pour autant s'écarter du cadre de l'invention, ou prévoir d'autres artifices tels que des déflecteurs ramenant les filets d'air vers la surface des échangeurs.

La Fig. 12 montre une autre forme de réalisation appropriée pour de hautes vitesses de défilement du véhicule 1 dans le tunnel.

Une batterie de frigorifères 35 est disposée de façon frontale sur le réservoir 2, de forme surbaissée, du véhicule 1, une partie du réservoir 2 pouvant être incorporée dans la structure du châssis 3. Une prise d'air 36 dont l'entrée 37 est de section sensiblement inférieure à celle du frigorifère 35, est montée vers l'avant du frigorifère 35. La section de cette prise d'air 36 va en s'évasant vers l'arrière, sa section terminale 38 coïncidant avec la section frontale du frigorifère 35. Connaissant la vitesse de défilement du véhicule 1 dans le tunnel et les variations de pression entraînées entre l'avant et l'arrière, on peut, grâce à cette prise d'air 36, mieux maîtriser les conditions d'échange thermique à la surface du frigorifère.

Dans la version ici représentée, le réservoir 2 est rempli en permanence de capsules hermétiques 28. Le liquide caloporteur refroidi par son passage entre ces capsules 28 est prélevé par une rampe de soutirage 10 protégée par une crépine 19; ce liquide est injecté par la pompe 9 dans le frigorifère 35. La pompe 9 représentée ici découverte, pourrait être protégée par une légère carrosserie. Le liquide réchauffé regagne le réservoir 2 par la rampe de réinjection 13. Deux orifices 16, 18 munis de raccords disposés latéralement dans le réservoir 2 sont destinés à la "régénération"

des capsules 28 par passage de fluide à très basse température après chaque convoi.

Ce procédé permet de travailler à très basse température; on peut ainsi réduire de façon significative la surface des frigorifères 35 et éliminer par givrage et condensation une fraction importante de la vapeur d'eau contenue dans le tunnel.

Les capsules hermétiques 28 remplissant pratiquement complètement le réservoir, aucun mouvement de la masse accumulatrice de froid n'est à craindre durant le trajet du véhicule.

Un vase d'expansion 39 est placé dans le circuit de retour pour tenir compte de la variation de volume du liquide caloporteur en cours de trajet.

La Fig. 13 montre une disposition de convois comprenant des véhicules du type décrit à la Fig. 12. Ce convoi comporte une motrice A suivie d'un wagon plat B suivi lui-même d'une série de trois véhicules à frigorifères frontaux H, d'un wagon plat B destiné à refermer les filets d'air derrière les véhicules H, avant le passage de la motrice arrière E.

La Fig. 14 montre, plus en détail, par des flèches blanches, le trajet des flux d'air sur le dessus d'un wagon H.

Par ailleurs, différents types de frigorifères tels que décrits ci-dessus peuvent parfaitement être combinés pour accroître le rendement d'un convoi ou d'un véhicule. En particulier, on pourra prévoir des échangeurs disposés à l'extérieur d'un carénage, soit sous forme de faisceaux tubulaires, soit constitués par le carénage lui-même, profilé pour assurer un échange thermique efficace avec l'air défilant, en mouvement relatif, le long du véhicule. On pourra également, au sein d'un même convoi, atteler des véhicules munis de frigorifères de types différents, en fonction des

caractéristiques recherchées, et notamment en fonction de l'allure de la couche de refroidissement désirée.

Ces échangeurs pourront être alimentés en liquide caloporteur par une pompe centrale ou, si cela s'avère plus adéquat, par des moyens de pompage distincts puisant chacun dans le réservoir de stockage. Enfin, le véhicule à frigorigènes lui-même, décrit ici dans le cadre d'un tunnel ferroviaire classique, peut parfaitement s'appliquer à d'autres types de tunnels et à d'autres modes de propulsion.

Par ailleurs, le carénage, qui a été décrit ici comme épousant sensiblement le gabarit d'encombrement maximum pour les véhicules circulant dans le tunnel peut également, dans la pratique, être conçu avec une section plus réduite que ce gabarit, en fonction de critères pratiques et expérimentaux.

## R E V E N D I C A T I O N S

1.- Véhicule destiné à circuler dans un tunnel, caractérisé en ce qu'il comporte, monté sur au moins un châssis (3, 30) :

- au moins un réservoir de stockage (2) apte à contenir une masse accumulatrice de froid;

- au moins un frigorigère (5, 23, 33, 35) apte à assurer les échanges thermiques entre un liquide caloporteur circulant dans le dit frigorigère (5, 23, 33, 35) et l'atmosphère du tunnel, sous l'effet du mouvement relatif du véhicule par rapport au tunnel;

- un circuit de circulation comprenant des canalisations de soutirage partant du réservoir de stockage (2), des moyens de pompage (9) aptes à faire circuler le dit liquide caloporteur dans les canalisations (10) et dans le frigorigère (5, 23, 33, 35), et des canalisations (31) ramenant le dit liquide caloporteur du frigorigère (5, 23, 33, 35) au réservoir de stockage (2).

2.- Véhicule suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la masse accumulatrice de froid est constituée d'un mélange de liquide caloporteur et d'une masse parcellaire de liquide congelé (17).

3.- Véhicule suivant la revendication 2, caractérisé en ce que la masse parcellaire est constituée de capsules hermétiques (28) contenant un liquide congelé.

4.- Véhicule suivant la revendication 3, caractérisé en ce que ce liquide congelé est un mélange eutectique de sels hydratés.

5.- Véhicule suivant la revendication 2, caractérisée en ce que la masse parcellaire est constituée de glace (17).

6.- Véhicule suivant l'une quelconque des

revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le liquide caloporteur est de l'eau.

7.- Véhicule suivant la revendication 6, caractérisé en ce que l'eau est additionnée de sels.

8.- Véhicule suivant la revendication 6, caractérisé en ce que l'eau est additionnée de glycol.

9.- Véhicule suivant l'une quelconque des revendications 6 à 8, caractérisé en ce que cette eau est additionnée d'un agent tensio-actif.

10.- Véhicule suivant l'une quelconque des revendications 3 et 4, caractérisé en ce que le réservoir de stockage (2) est doté d'au moins un orifice (16) obturable par lequel un liquide caloporteur peut être introduit dans le réservoir (2) et d'au moins un orifice (18) obturable par lequel ce liquide caloporteur peut être soutiré du réservoir (2).

11.- Véhicule suivant l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le réservoir (2) comporte au moins un orifice (16) obturable par lequel une masse accumulatrice de froid peut être introduite dans le réservoir (2) et au moins un orifice (18) obturable par lequel tout ou partie du contenu du dit réservoir (2) peut être évacué.

12.- Véhicule suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le frigorifère (5, 23, 33, 35) est constitué de batteries d'échangeurs (23, 33) disposées verticalement dans le volume compris entre le réservoir (2) et le gabarit d'encombrement maximum pour les véhicules circulant dans le tunnel.

13.- Véhicule suivant la revendication 12, caractérisé en ce que, de l'avant vers l'arrière du véhicule (1), les batteries d'échangeurs (23, 33) sont décalées alternativement vers la gauche et vers la droite par rapport à l'axe longitudinal du

véhicule (1).

14.- Véhicule suivant la revendication 12, caractérisé en ce que le frigorigère (5, 23, 33, 35) est constitué d'au moins une batterie d'échangeurs (35) disposée frontalement par rapport au sens de déplacement du véhicule (1), au-dessus du réservoir (2).

15.- Véhicule suivant la revendication 14, caractérisé en ce que des prises d'air (36) sont disposées sur la face avant des frigorigères (35), la section déterminée par ces prises d'air (36) allant en s'évasant depuis l'entrée (37) de ces prises d'air (36) situées en avant de chaque frigorigère (35) par rapport au sens de déplacement du véhicule (1), jusqu'à leur section terminale (38) coïncidant avec la face avant du frigorigère (35).

16.- Véhicule suivant l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que le frigorigère (5, 23, 33, 35) est constitué de batteries d'échangeurs (23, 33) disposées horizontalement dans le volume compris entre le réservoir (2) et le gabarit d'encombrement maximum pour les véhicules circulant dans le tunnel.

17.- Véhicule suivant l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que le réservoir de stockage (2) a une forme allongée et est disposé avec son grand axe suivant l'axe de déplacement du véhicule (1), ce réservoir de stockage (2) étant prolongé à sa partie supérieure par un caisson (32) longitudinal médian, le frigorigère (23, 33) étant constitué de batteries d'échangeurs (33) disposées horizontalement de part et d'autre de ce caisson (32).

18.- Véhicule suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte des déflecteurs aptes à dévier l'air

rencontré, lors du déplacement du véhicule (1), en direction des batteries d'échangeurs (23, 33).

19.- Véhicule suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que des ventilateurs (27) forcent le flux d'air au travers des batteries d'échangeurs (5, 23, 33, 35).

20.- Véhicule suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'un collecteur d'eau de condensation est disposé au-dessous des batteries d'échangeurs (5, 23, 33, 35).

21.- Véhicule suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'un carénage (6) est disposé sensiblement suivant le gabarit d'encombrement maximum prévu pour les véhicules circulant dans le tunnel, le long des flancs et à la partie supérieure du véhicule (1), la face avant et la face arrière du véhicule (1) demeurant par ailleurs ouvertes.

22.- Véhicule suivant la revendication 12, caractérisé en ce qu'un carénage fermé (24) est disposé sensiblement suivant le gabarit d'encombrement maximum pour les véhicules circulant dans le tunnel, des orifices d'extraction d'air (26) et des orifices d'entrée d'air (25) étant ménagés dans ce carénage (24), les ventilateurs (27) étant montés sur ces orifices d'extraction d'air (26), des batteries de frigorifères (23) étant disposées dans l'axe des orifices d'entrée d'air (25).

23.- Véhicule suivant la revendication 12, caractérisé en ce qu'un carénage fermé (24) est disposé sensiblement suivant le gabarit d'encombrement maximum pour les véhicules circulant dans le tunnel, des orifices d'entrée de l'air (25) et des orifices d'extraction d'air (26) étant ménagés dans ce carénage, des manches à air se raccordent aux orifices d'entrée

d'air (25), les ventilateurs (27) étant montés dans ces manches à air, des batteries de frigorifères (23) étant disposées dans l'axe de ces manches à air, aux orifices d'entrée d'air (25).

24.- Véhicule suivant la revendication 6, caractérisé en ce que le frigorifère (5, 23, 33, 35) est un échangeur à pulvérisation (5) dans lequel le liquide caloporteur vient en contact direct avec l'atmosphère du tunnel, ce véhicule (1) comportant des rampes de pulvérisation (8), les dites rampes (8) étant raccordées au réservoir de stockage (2) par un ou des moyens de pompage (9) aptes à prélever du liquide caloporteur dans le réservoir (2), un carénage (6) étant disposé sensiblement suivant le gabarit d'encombrement maximum prévu pour les véhicules circulant dans le tunnel, le long des flancs et à la partie supérieure du véhicule (1), la face avant et la face arrière du véhicule (1) demeurant par ailleurs ouvertes.

25.- Véhicule suivant l'une quelconque des revendications 23 et 24, caractérisé en ce que le carénage (6) comporte des soufflets (7) aptes à être raccordés aux soufflets (7) correspondants d'un autre véhicule (1) du même type, le volume interne des véhicules (1) accolés formant un conduit continu.

26.- Véhicule suivant l'une quelconque des revendications 24 et 25, caractérisé en ce qu'un bassin récolteur (11) apte à recueillir le liquide caloporteur pulvérisé par les rampes (8) est disposé vers l'arrière du véhicule (1), par rapport au sens de déplacement, le dit bassin récolteur (11) étant muni de moyens de pompage (12) aptes à ramener le liquide recueilli vers le réservoir de stockage (2).

27.- Véhicule suivant l'une quelconque des revendications 24, 25 et 26, caractérisé en ce que les

rampes de pulvérisation (8) portent des gicleurs (20) orientés dans le sens opposé à celui du passage du flux d'air dans le véhicule (1).

28.- Véhicule suivant l'une quelconque des revendications 25 à 27, caractérisé en ce qu'un ou plusieurs éliminateurs de gouttelettes (D) sont montés sur au moins un châssis (3) distinct accouplé au dit véhicule (1) du côté arrière par rapport au sens de déplacement normal du dit véhicule (1), les parois (21) des dits éliminateurs (D) étant disposées en V de façon apte à ramener la vitesse de l'air qui les traverse à une valeur compatible avec un fonctionnement efficace de ces éliminateurs (D), ces éliminateurs (D) étant munis de moyens de pompage (22) aptes à ramener le liquide recueilli vers les réservoirs de stockage (2).

29.- Véhicule suivant l'une quelconque des revendications 21 et 24 à 28, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de ventilation aptes à favoriser le passage de l'air au travers de son carénage.

30.- Véhicule suivant l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le frigorigère (23, 33) a des surfaces d'échange de chaleur qui forment les surfaces supérieure et latérales du dit véhicule (1).

31.- Véhicule suivant la revendication 30, caractérisé en ce que le frigorigère (23, 33) est constitué de faisceaux de tubes disposés, en une ou plusieurs nappes, au-dessus et sur les côtés du réservoir de stockage (2), sensiblement selon le gabarit maximum prévu pour les véhicules circulant dans le tunnel.

32.- Véhicule suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte des frigorigères (5, 23, 33, 35) de types différents fonctionnant simultanément.

33.- Véhicule suivant l'une quelconque des revendications 1 à 31, caractérisé en ce qu'il comporte des frigorifères (5, 23, 33, 35) de types différents fonctionnant de façon alternée.

34.- Véhicule suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte des organes de commande agissant sur les moyens de pompage (9, 12, 22).

35.- Procédé de refroidissement d'un tunnel, caractérisé en ce qu'il comprend les opérations suivantes :

- chargement d'une masse accumulatrice de froid, dans un réservoir (2) d'un véhicule (1) adapté pour circuler dans le tunnel et comportant, outre ce réservoir (2), un ou plusieurs frigorifères (5, 23, 33, 35) et des moyens de pompage (9);

- mise en circulation de ce véhicule (1) le long du tunnel;

- refroidissement d'un liquide caloporteur par contact avec la masse accumulatrice de froid;

- prélèvement du liquide caloporteur au niveau du réservoir (2);

- circulation de liquide caloporteur dans les frigorifères (5, 23, 33, 35);

- collecte d'énergie thermique dans l'atmosphère du tunnel par les frigorifères (5, 23, 33, 35) sous l'effet du déplacement du véhicule dans le tunnel;

- refroidissement de ces frigorifères (5, 23, 33, 35), par circulation du liquide caloporteur;

- transfert du liquide caloporteur réchauffé, de façon à amener l'énergie thermique collectée dans l'atmosphère du tunnel vers la masse accumulatrice de froid;

- retour du liquide caloporteur de chaque

frigorifère (5, 23, 33, 35) vers le réservoir (2);

- réinjection du liquide caloporteur réchauffé dans le réservoir (2);

- fusion progressive de la masse accumulatrice de froid.

36.- Procédé suivant la revendication 35, caractérisé en ce que la masse accumulatrice de froid est un mélange d'une masse parcellaire de liquide congelé et de liquide caloporteur.

37.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 35 et 36, caractérisé en ce qu'il comprend, en outre, les opérations suivantes :

- pulvérisation dans le frigorigère (5, 23, 33, 35) du liquide en gouttelettes venant en contact direct avec l'atmosphère du tunnel;

- récolte des gouttelettes en aval de la pulvérisation;

- réinjection du liquide récolté dans le réservoir (2).

38.- Procédé suivant la revendication 37, caractérisé en ce qu'il est mis en oeuvre avec un véhicule suivant l'une quelconque des revendications 26, 27 et 28.

39.- Procédé de refroidissement d'un tunnel, caractérisé en ce qu'il comporte les opérations suivantes :

- chargement d'une masse accumulatrice de froid, dans un réservoir (2) monté sur un véhicule (1) adapté pour circuler dans un tunnel et comportant outre ce réservoir (2), un ou plusieurs frigorigères (5, 23, 33, 35) et des moyens de pompage (9) reliant le dit réservoir (2) et les dits frigorigères (5, 23, 33, 35);

- refroidissement de la masse accumulatrice de froid par circulation dans cette masse accumulatrice d'un liquide dont la température est inférieure au

point de congélation de la dite masse accumulatrice.

- congélation de la dite masse accumulatrice;
- mise en circulation du véhicule (1) le long du tunnel;
- refroidissement d'un liquide caloporteur par contact avec la masse accumulatrice de froid;
- prélèvement du liquide caloporteur au niveau du réservoir (2);
- injection par pompage de liquide caloporteur dans des frigorifères (5, 23, 33, 35);
- collecte d'énergie thermique dans l'atmosphère du tunnel par les frigorifères (5, 23, 33, 35) sous l'effet du déplacement du véhicule dans le tunnel;
- refroidissement de ces frigorifères (5, 23, 33, 35) par circulation du liquide caloporteur;
- transfert par pompage du liquide caloporteur réchauffé, de façon à amener l'énergie thermique collectée vers la masse accumulatrice de froid;
- retour du liquide caloporteur des frigorifères (5, 23, 33, 35) vers le réservoir (2);
- réinjection du liquide caloporteur réchauffé dans le réservoir (2);
- réchauffement progressif de la masse accumulatrice de froid.

40.- Procédé suivant la revendication 39, caractérisé en ce que la masse accumulatrice de froid comporte des capsules hermétiques (28) contenant un liquide congelable.

41.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 35 à 40, caractérisé en ce qu'il comprend, en outre, les opérations suivantes :

- formation de convois comportant plusieurs véhicules (1) à frigorifères (5, 23, 33, 35);
- passage en convoi des dits véhicules (1)

dans le tunnel.

42.- Procédé suivant la revendication 41, caractérisé en ce que la charge en masse accumulatrice de froid de chaque véhicule (1) est établie par des moyens automatisés.

43.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 35 à 42, caractérisé en ce qu'il comporte, en outre, l'opération suivante :

- placement préalable de la masse accumulatrice de froid dans un conteneur modulaire;
- chargement et branchement du conteneur modulaire sur le véhicule (1).

44.- Procédé suivant la revendication 43, caractérisé en ce que le conteneur modulaire comprend le réservoir de stockage (2) de la masse accumulatrice de froid, les frigorifères (5, 23, 33, 35) et les moyens de pompage (9), ce procédé comportant l'opération suivante :

- chargement et branchement du conteneur modulaire sur un châssis (30) pour former le véhicule (1) complet.

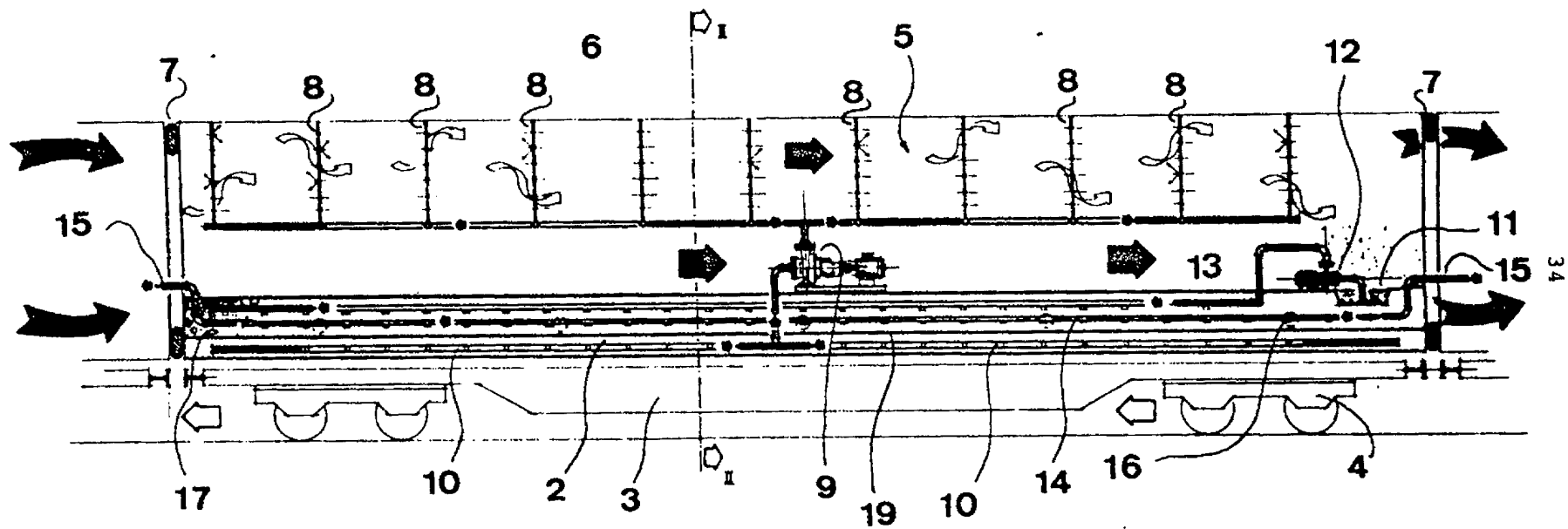


FIG 1

08800851

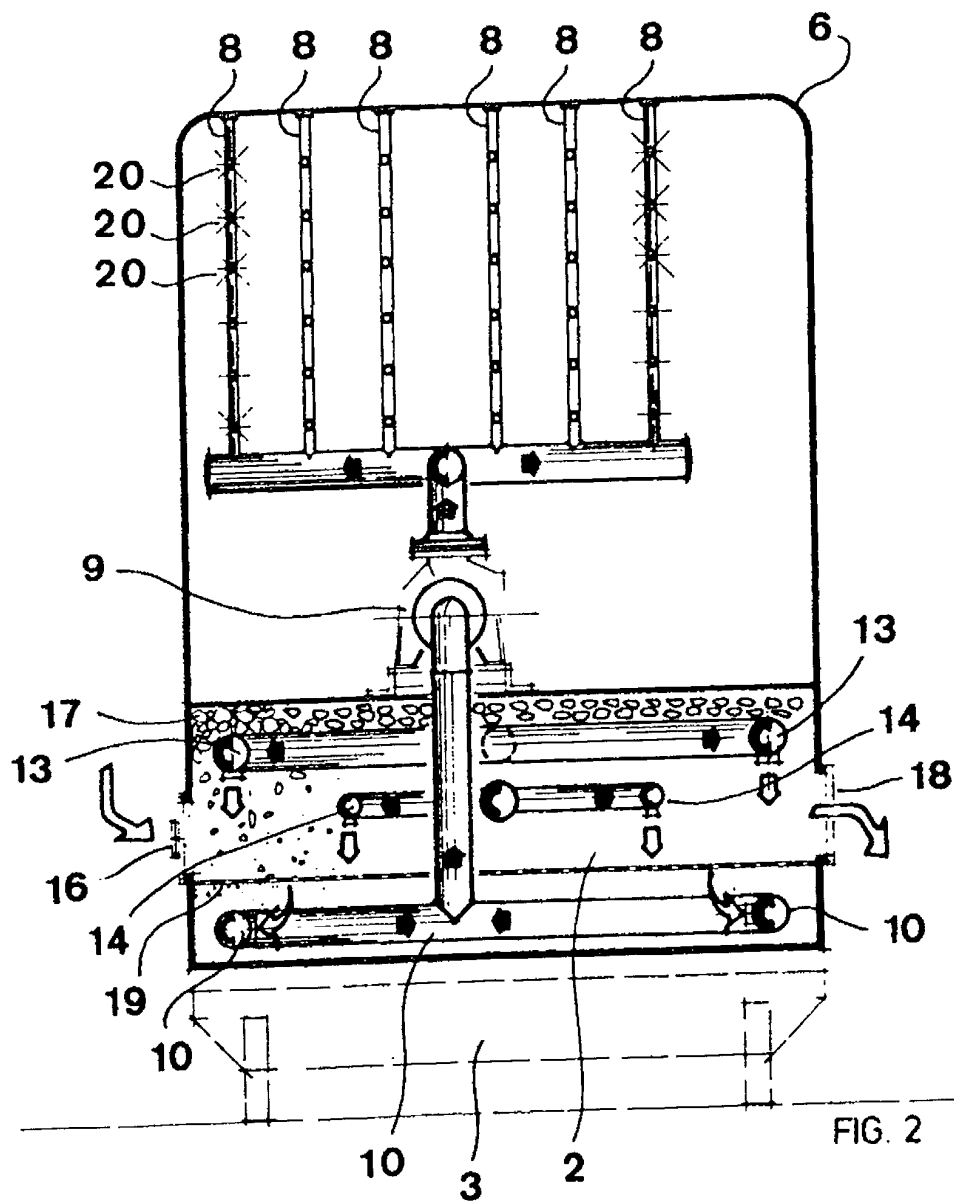


FIG. 2

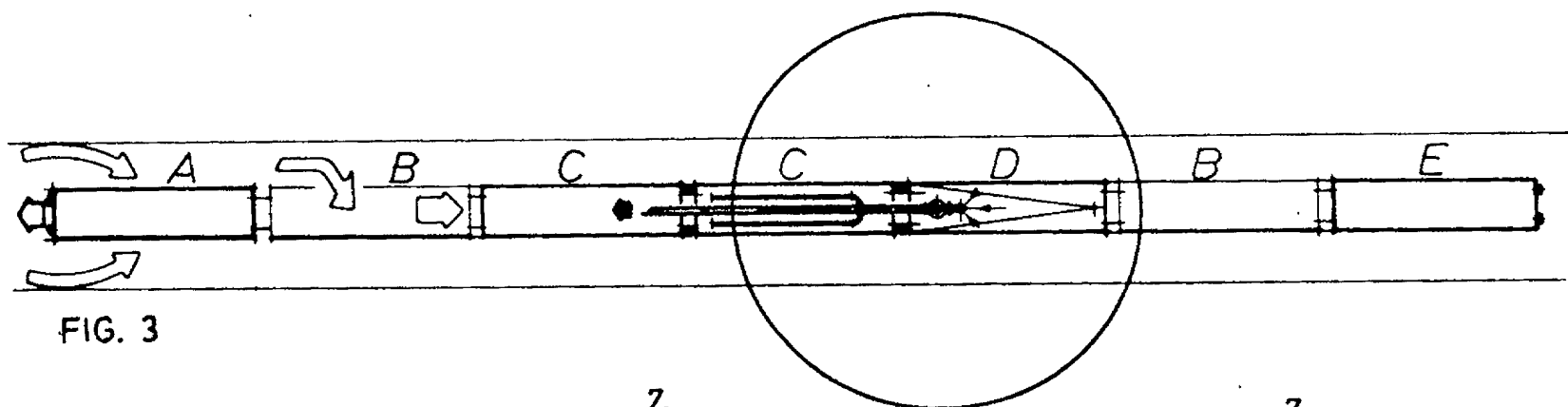


FIG. 3

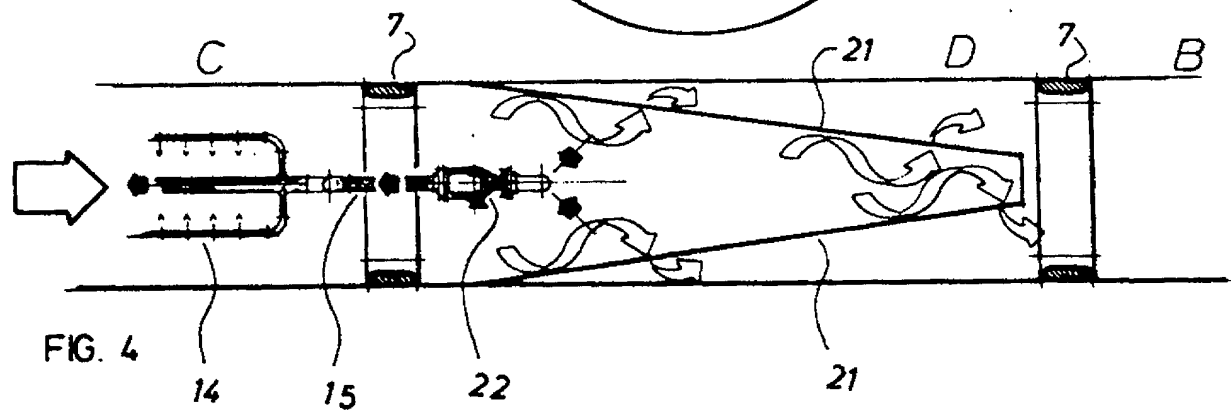


FIG. 4

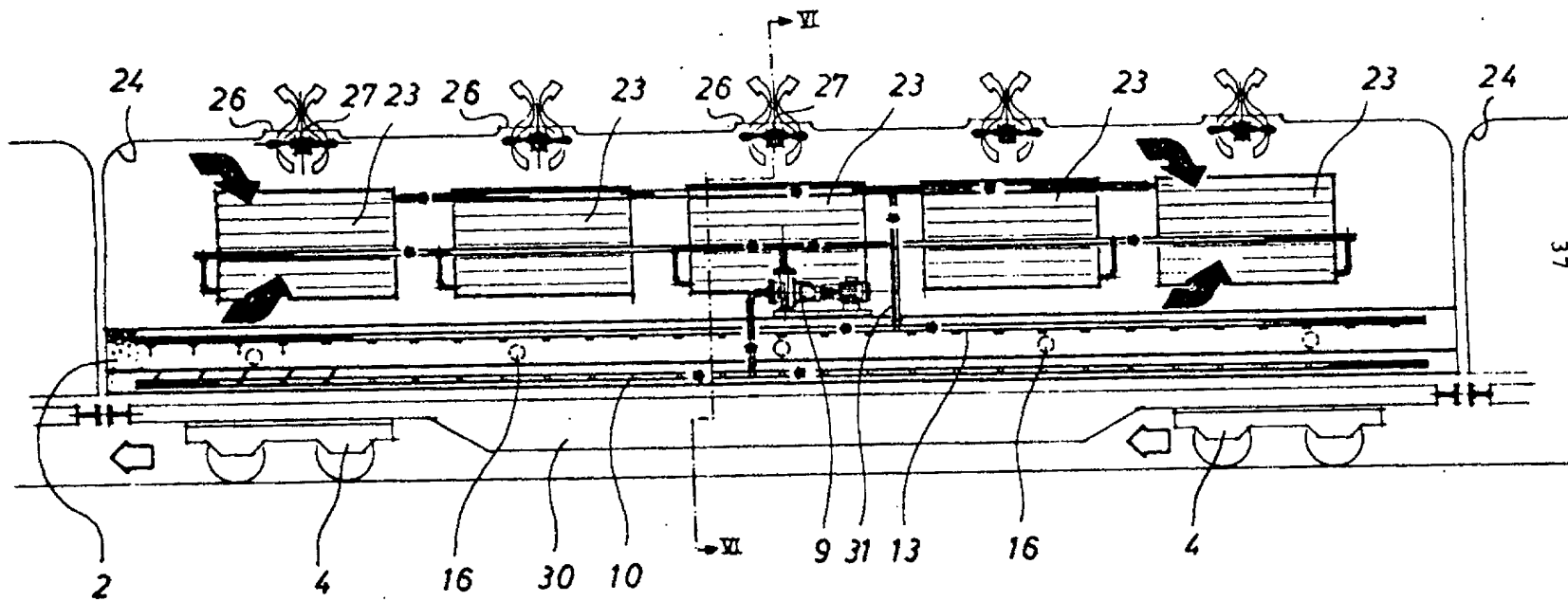


FIG. 5

08800851

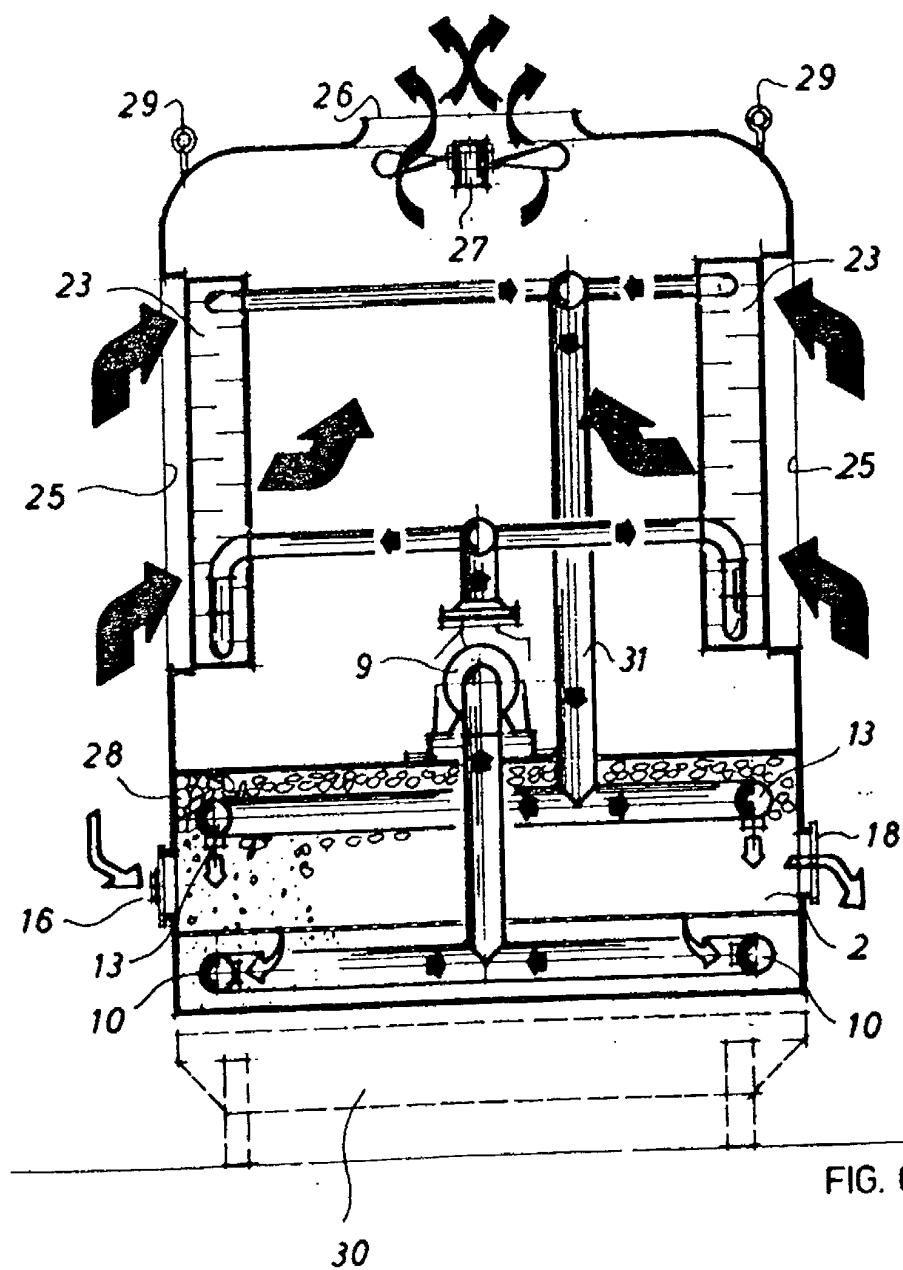
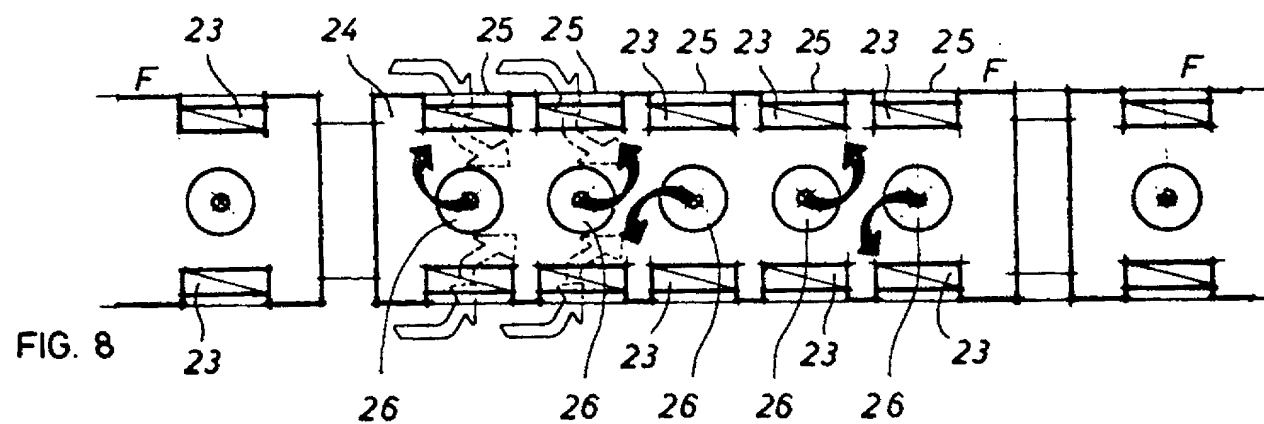
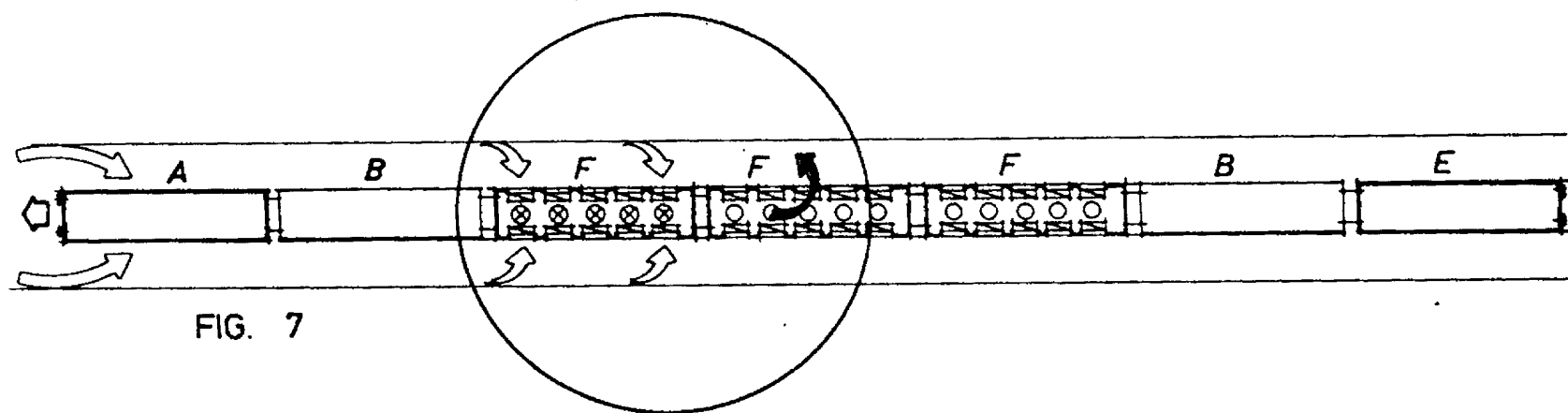


FIG. 6



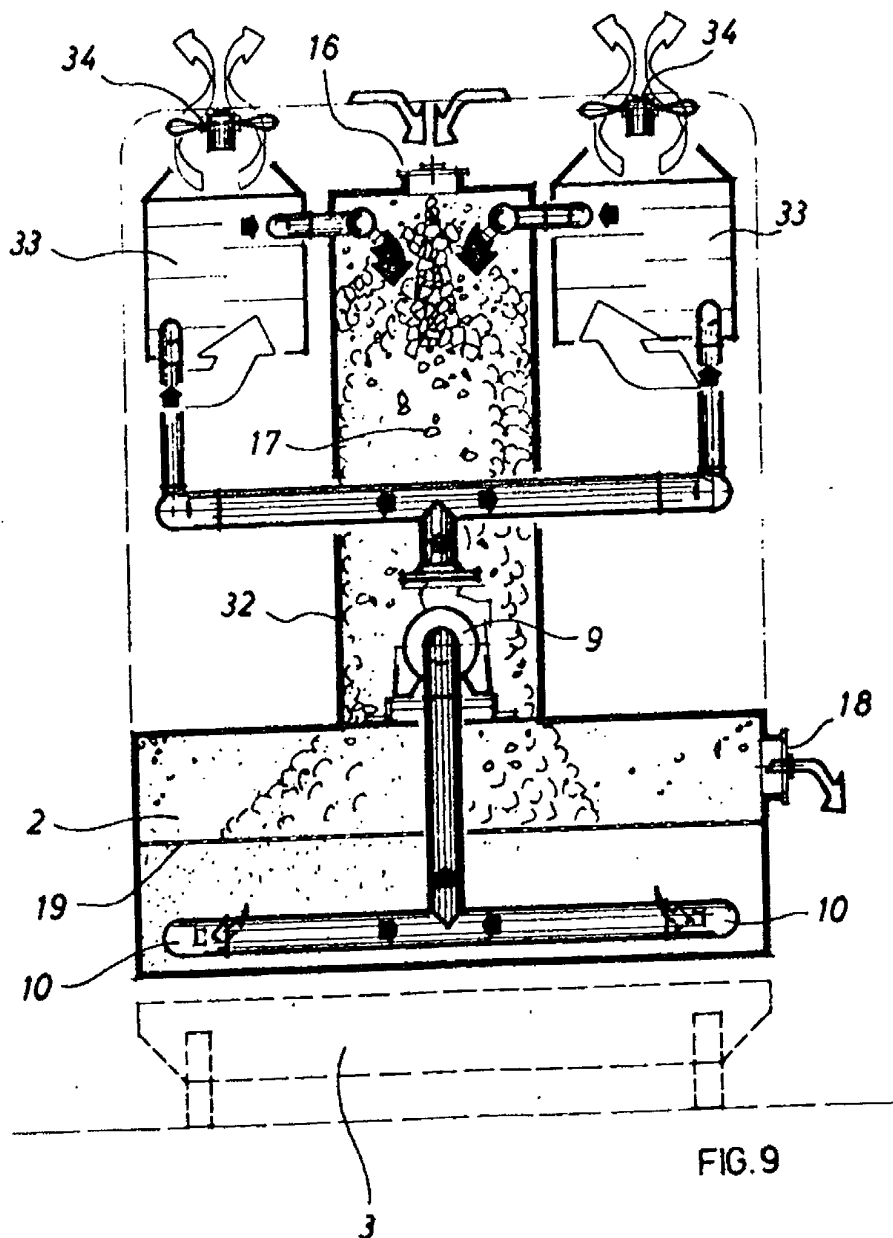
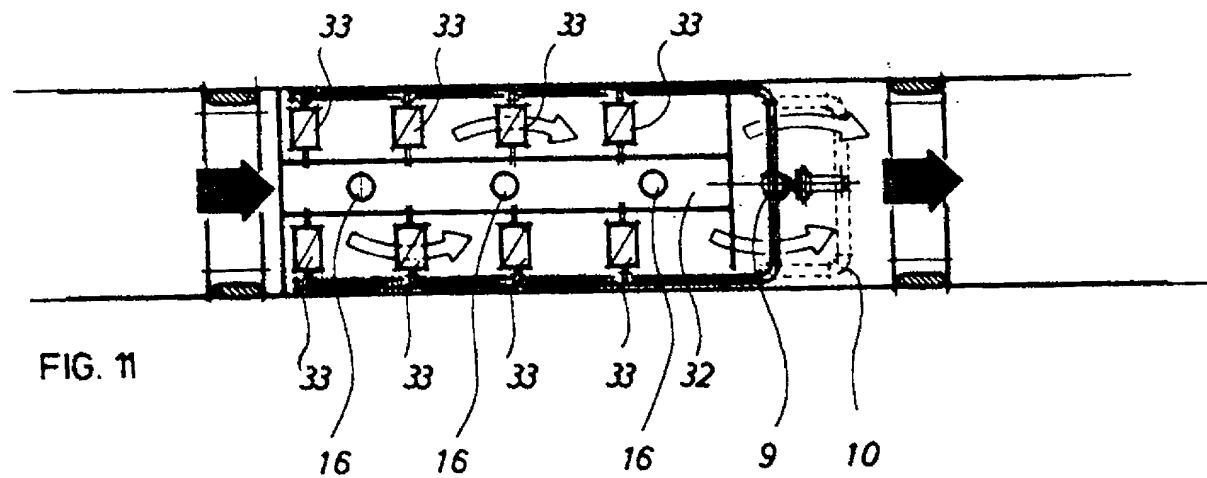
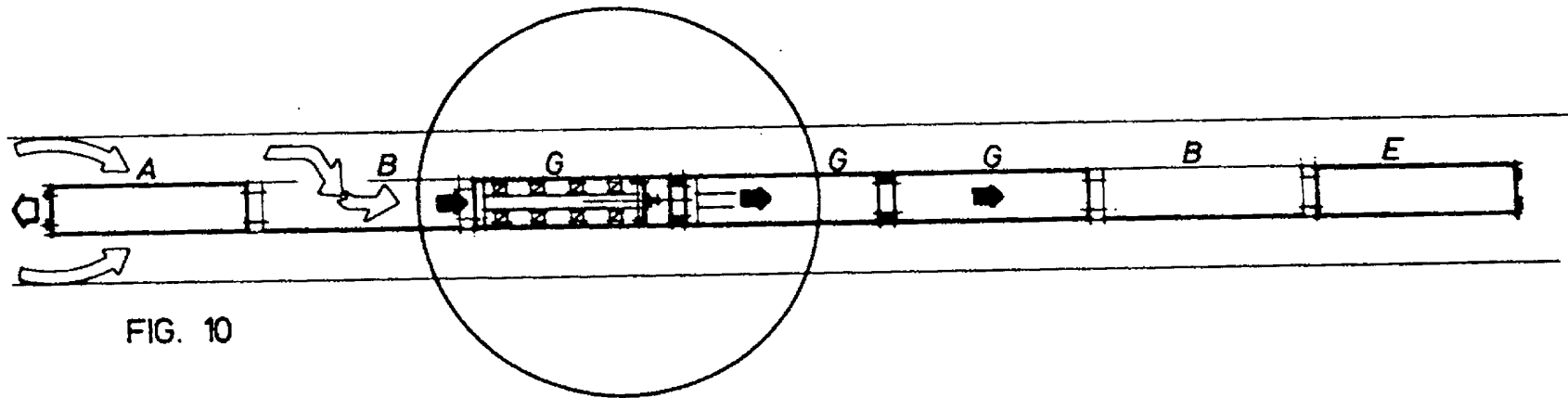


FIG. 9



41

08800851

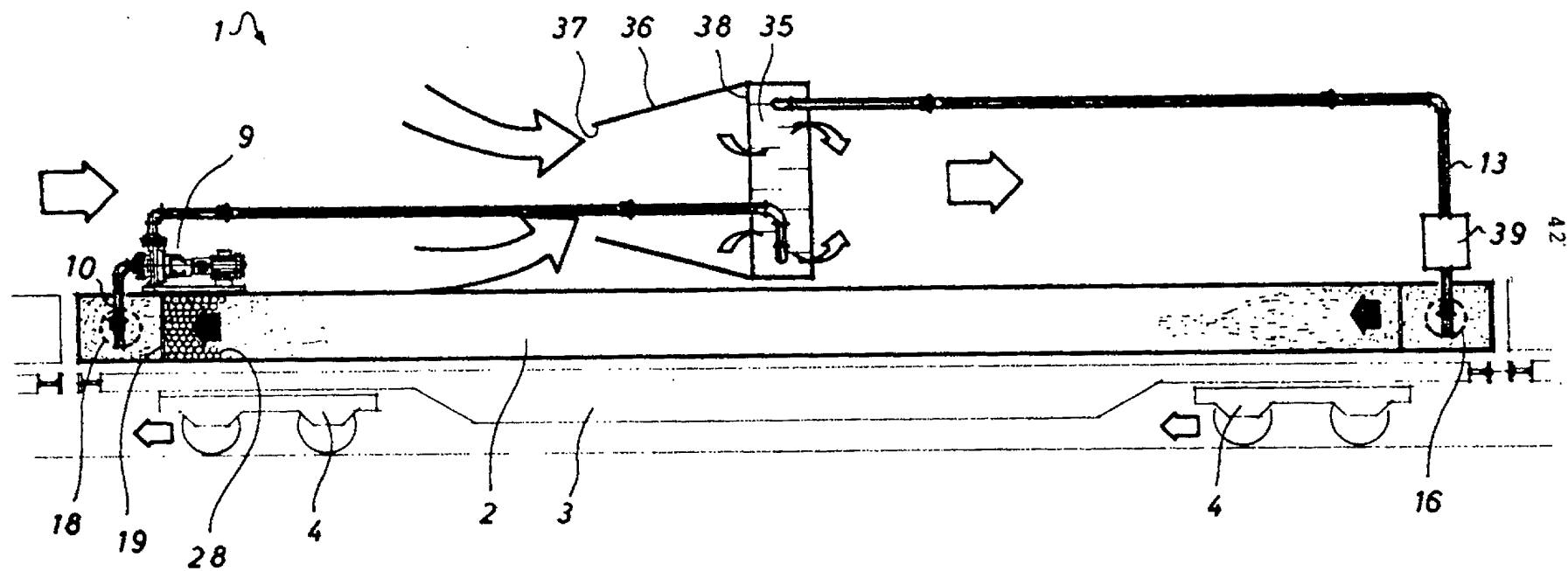


FIG 12

08800851

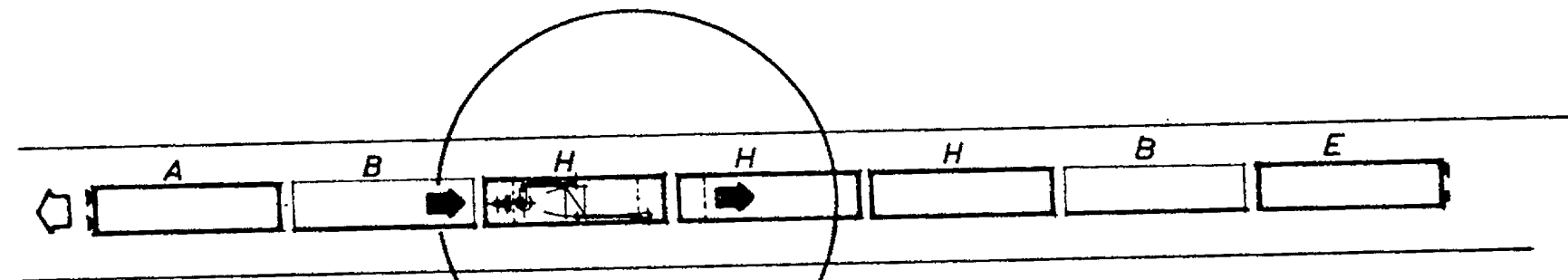


FIG 13

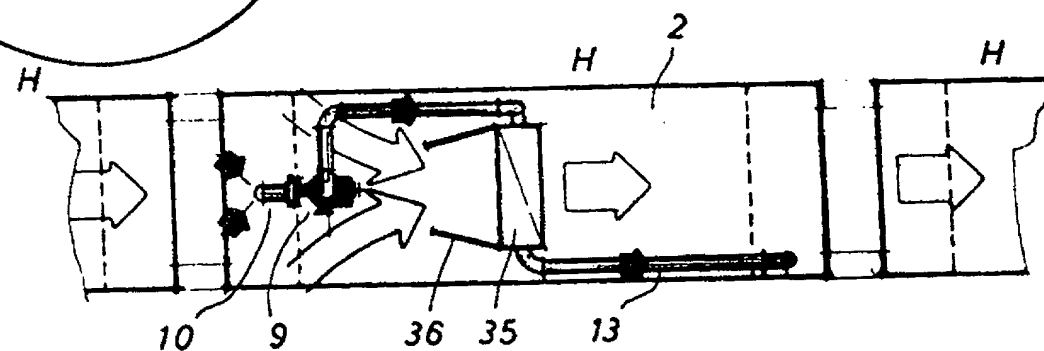


FIG 14



Office européen  
des brevets

**RAPPORT DE RECHERCHE**  
établi en vertu de l'article 21 § 1 et 2  
de la loi belge sur les brevets d'invention  
du 28 mars 1984

Numero de la demande  
nationale

BE 8800851  
BO 1086

| 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.4)       |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                               | DE-B-1 072 944 (PLEIGER)<br>* Revendications; figure *                                      | 1,4,13,<br>14<br>16     | E 21 F 3/00<br>B 61 D 15/00                |
| A                                                                                                                                                                                                                                                               | ---                                                                                         |                         |                                            |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                               | FR-A-1 078 090 (LINDE)<br>* En entier *                                                     | 1,4,13,<br>14<br>2,3    |                                            |
| A                                                                                                                                                                                                                                                               | ---                                                                                         |                         |                                            |
| A                                                                                                                                                                                                                                                               | FR-A- 538 346 (BALCKE)<br>* En entier *                                                     | 1-4,7,<br>10            |                                            |
| A                                                                                                                                                                                                                                                               | ---                                                                                         |                         |                                            |
| A                                                                                                                                                                                                                                                               | DE-A-3 128 150 (RUDAT et al.)<br>* Résumé; page 3; page 4, ligne 26 -<br>page 5, ligne 31 * | 1,2,4,7,<br>13          |                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                 | -----                                                                                       |                         |                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                             |                         | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4) |
|                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                             |                         | B 61 D<br>E 21 F<br>F 24 F                 |
| Date d'achèvement de la recherche                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                             | Examineur               |                                            |
| 04-04-1989                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                             | SCHMAL R.               |                                            |
| <b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b>                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                             |                         |                                            |
| X : particulièrement pertinent à lui seul<br>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br>A : arrière-plan technologique<br>O : divulgation non-écrite<br>P : document intercalaire                             |                                                                                             |                         |                                            |
| T : théorie ou principe à la base de l'invention<br>E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date<br>D : cité dans la demande<br>L : cité pour d'autres raisons<br>& : membre de la même famille, document correspondant |                                                                                             |                         |                                            |

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET BELGE NO.**

BE 8800851  
BO 1086

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 13/04/89  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|-------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------|------------------------|
| DE-B- 1072944                                   |                        | Aucun                                   |                        |
| FR-A- 1078090                                   |                        | Aucun                                   |                        |
| FR-A- 538346                                    |                        | Aucun                                   |                        |
| DE-A- 3128150                                   | 03-02-83               | Aucun                                   |                        |

EPO FORM P0463

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82