

⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑳ Numéro de dépôt: 79400170.1

⑤① Int. Cl.²: **F 25 C 3/04**

㉔ Date de dépôt: 15.03.79

③① Priorité: 31.03.78 FR 7810688

④③ Date de publication de la demande:
17.10.79 Bulletin 79/21

⑥④ Etats Contractants Désignés:
CH DE IT SE

⑦① Demandeur: **Armand, Daniel Marius Jean**
Le Serveray
Les Carroz d'Araches par F-74300 Cluses(FR)

⑦② Inventeur: **Armand, Daniel Marius Jean**
Le Serveray
Les Carroz d'Araches par F-74300 Cluses(FR)

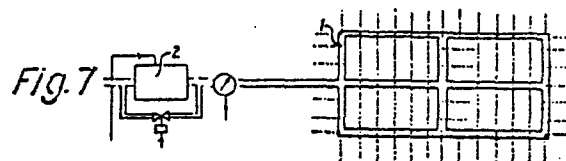
⑦④ Mandataire: **Fruchard, Guy et al,**
CABINET CHEREAU Maximilianstrasse 15
D-8000 München 22(DE)

⑤④ Procédé et dispositif de fabrication automatique de neige.

⑤⑦ Le secteur technique de l'invention est celui de l'enneigement artificiel des pistes à usage sportif.

L'invention se rapporte à un procédé et un dispositif de fabrication de neige entièrement automatisée obtenue par l'asservissement des moyens de production de la neige, aux conditions climatiques. Des détecteurs mesurent et transmettent les signaux correspondant aux grandeurs représentatives des conditions de congélation, à un appareillage de régulation qui commande le fonctionnement des moyens de fabrication de la neige dont notamment le réglage du débit d'eau à congeler.

L'invention peut être utilisée pour produire la neige soit directement sur les pistes de ski, de luge, de saut, de bobsleigh, soit sur des emplacements choisis d'où la neige sera acheminée sur les pistes à enneiger.



-1-

PROCEDE ET DISPOSITIF DE FABRICATION AUTOMATIQUE DE NEIGE.

La présente invention concerne le secteur technique de l'enneigement artificiel des pistes à usage sportif.

Dans l'entretien des pistes de neige, il est souvent demandé surtout en début et en fin de saison hivernale de faire des apports de neige là où elle est devenue insuffisante pour la pratique du ski ou de la luge par exemple.

Il a été fait appel à des générateurs de neige qui pulvérisent de l'eau en gouttelettes entraînées par un flux d'air sur plusieurs dizaines de mètres. Au cours de leur déplacement, elles congèlent pour devenir des cristaux constituant la neige.

La chaleur à soustraire à l'eau est absorbée par l'air ambiant et par l'évaporation d'une partie des gouttelettes. Il faut donc que la température de l'air ambiant soit négative et que son humidité relative soit aussi faible que possible. Pour favoriser les échanges thermiques, certains moyens de pulvérisation permettent de faire varier la taille des gouttelettes permettant de les rendre aussi petites que possible aux températures élevées voisines de 0°C.

Les générateurs de neige existants réalisent la pulvérisation de l'eau et la protection des gouttelettes dans l'air ambiant. Ils se différencient surtout par leurs moyens de pulvérisation. Les uns utilisent l'air comprimé à grand débit, qui mélangé à l'eau dans une buse, effectue la pulvérisation et projette les gouttelettes. D'autres pulvérisent l'eau par des gicleurs disposés sur un tube torique ou par centrifugation ; les gouttelettes sont entraînées par un flux d'air créé par un ventilateur.

Ces différents générateurs de neige, appelés

canons à neige, sont disposés sur la piste et sont déplacés sur celle-ci pour que la neige fabriquée se répartisse uniformément sur la piste. Les canons à air comprimé nécessitent deux alimentations : l'une pour l'air comprimé et l'autre
5 pour l'eau, fluides amenés par des tuyaux souples raccordés à des canalisations implantées en bordure de la piste. Les quantités d'air comprimé mises en jeu rendent sa production très coûteuse. Les canons à ventilateur nécessitent une alimentation en eau et pour certains une alimentation électrique.
10 Leur poids rend leur maniabilité difficile sur le terrain.

L'utilisation de ces canons à neige impose que se fasse manuellement leur mise en route, leur arrêt et les réglages de débit d'eau et, le cas échéant, de débit d'air comprimé. Pour certains le réglage de pulvérisation s'effectue sur des manettes de calibrage des gouttelettes. Il est
15 nécessaire d'opérer la nuit pour exploiter les basses températures. La manipulation de ces matériels, la nuit et aux températures négatives, notamment les raccordements de tuyaux d'eau, constitue des conditions de travail très contraignantes pour le personnel. Le réglage du débit d'eau et des moyens
20 de pulvérisation doit se faire en fonction des variations de température et d'humidité relative de l'air ambiant. Ces dernières peuvent subir de fortes variations au cours de la nuit. Ce réglage dépend aussi du renouvellement d'air donc de sa
25 vitesse qui, si elle est trop grande, entraînera le brouillard de cristaux hors de la zone à enneiger. Ainsi pour obtenir les meilleurs réglages, c'est-à-dire un rendement optimum, il faut que le personnel soit très compétent et très vigilant malgré les conditions de travail difficiles. Si les réglages
30 sont incorrects, la neige sera ou trop sèche, donc difficile à compacter et insuffisamment résistante à l'usure par les skis, ou trop mouillée se transformant ensuite en glace désagréable et dangereuse à skier. Il arrive fréquemment qu'en fin de journée on ne puisse prévoir si la température nocturne
35 ne sera suffisamment basse. Les responsables hésitent à mobiliser le personnel nécessaire qui attendra en vain toute la nuit que la température voisine de 0°C descende en-dessous de
38 -4°C. Les conditions opératoires contraignantes, les inci-

dents d'exploitation dûs au gel et le travail de nuit entraînent un coût d'exploitation très élevé.

Les statistiques climatiques montrent que les températures inférieures à -5°C se reproduisent d'une façon
5 très aléatoire et sur un nombre de nuits relativement limité. Les contraintes d'utilisation des canons ne permettent pas d'exploiter systématiquement toutes les périodes de basse température.

En outre, pour assurer les échanges thermiques,
10 il faut que les gouttelettes soient dispersées dans un grand volume d'air qui doit se renouveler. Le siège de la pulvérisation est ponctuel sur les canons existants ce qui nécessite la production d'un flux d'air à grand débit au siège de pulvérisation afin que les gouttelettes soient rapidement
15 dispersées dans un espace d'air turbulent qui reste néanmoins très limité et qui, de ce fait limite le débit d'eau congelable.

La présente invention a pour but de remédier à ces inconvénients. Elle concerne à cet effet un procédé de
20 fabrication de neige entièrement automatisé par lequel la mise en fonctionnement ou l'arrêt des canons à neige existants ou du générateur de neige, objet de la présente invention, le réglage du débit d'eau à congeler, le cas échéant, le réglage des moyens de pulvérisation et le réglage de tous
25 moyens d'accroissement de l'évaporation sont asservis aux éléments naturels dont ils dépendent et qui sont la température, l'humidité relative, la vitesse et sens de déplacement de l'air ambiant. Il est prévu également l'asservissement des moyens anti-gel dans la conduite sur les orifices et sur les
30 pièces en mouvement, l'asservissement de la vanne motorisée de vidange et éventuellement l'asservissement du fonctionnement des ventilateurs pour accroître le renouvellement d'air et le fonctionnement des moyens de contamination des gouttelettes par des particules glaciogènes.

35 L'invention comprend aussi les appareillages qui permettent la mise en oeuvre d'un tel procédé et qui sont constitués par au moins d'une part un ensemble de régulation-
38 compensation comportant les détecteurs de mesure de la tempé-

rature de l'air ambiant, de son humidité relative, de sa vitesse et sens de déplacement, le détecteur de mesure du débit d'eau, éventuellement un détecteur d'humidité du nuage de cristaux ou de la neige fabriquée ou de la densité de la neige fabriquée, un ou plusieurs régulateurs-compensateurs séparés ou non à action progressive à comportement proportionnel et/ou intégral ou à action tout-ou-rien ou flottante, les organes de commande de réglage ou d'enclenchement et déclenchement et, liés à ces derniers, d'autre part des moyens de réglage automatique du débit d'eau, des moyens de pulvérisation, des moyens anti-gel, des moyens de vidange ainsi que des moyens facultatifs tels que système de production de particules glaciogènes, moyens pour augmenter la vitesse de renouvellement de l'air ambiant.

15 A l'ensemble de régulation-compensation décrit ci-dessus on prévoit d'associer éventuellement des moyens de commande manuelle à distance et/ou une horloge synchrone pour programmer dans le temps le fonctionnement des générateurs de neige. Il peut être demandé, en effet, de ne pas utiliser
20 l'eau à certaines périodes.

Diverses variantes sont envisagées. Elles correspondent à l'utilisation d'ensembles de régulation-compensation à système électromécanique ou à système pneumatique ou à système électronique décrit dans l'exemple ci-après. Elles
25 correspondent également à l'utilisation des différents canons à neige existants ou à l'utilisation de l'appareillage de fabrication de neige, objet de la présente invention.

Il est ainsi possible d'utiliser un procédé et dispositif de fabrication de neige économiques, fiables et
30 non contraignants, grâce à l'entière automatisation et efficaces grâce à l'exploitation systématique des températures négatives.

La description qui va suivre en regard des dessins annexés à titre d'exemples non limitatifs permettra de
35 bien comprendre comment l'invention peut être mise en pratique.

La figure 1 montre le diagramme illustrant la variation de la teneur en eau de 1000 m^3 d'air saturé en fonc-

tion des températures ;

La figure 2 montre les courbes représentatives des lois de correspondance entre la quantité d'eau exprimée en litres congelables par heure et dans 1000 m³/heure d'air ambiant et la température et l'humidité relative de ce dernier ;

La figure 3 montre le schéma de l'ensemble d'automatisation et de production de neige ;

La figure 4 montre le schéma d'une variante du réglage du débit d'eau avec une moto-pompe à débit variable ;

La figure 5 montre le schéma d'une autre variante du réglage du débit d'eau avec une vanne trois voies de répartition ;

La figure 6 montre le schéma d'une autre variante du réglage du débit d'eau avec plusieurs vannes à action tout-ou-rien , disposées en parallèle ;

La figure 7 montre le schéma d'une rampe de pulvérisation en réseau maillé ;

La figure 8 montre le schéma d'une rampe de pulvérisation rectiligne ;

La figure 9 montre le schéma d'une rampe de pulvérisation constituée d'une seule canalisation disposée en serpentín ;

La figure 10 montre en perspective une rampe de pulvérisation pour fabriquer un amas de neige ;

La figure 11 montre en perspective la disposition d'une rampe de pulvérisation le long d'une piste de ski ;

La figure 12A montre en perspective un morceau de la conduite de la rampe de pulvérisation équipé de gicleurs de pulvérisation ;

La figure 12B montre en perspective un morceau de conduite percée et calorifugée ;

La figure 13 montre le schéma d'une variante de l'ensemble d'automatisation et de production de neige ;

La figure 14 montre schématiquement le dispositif d'asservissement d'un canon à neige existant à air comprimé ;

La figure 15 montre schématiquement le dispositif d'asservissement d'un canon à neige existant à ventilateur ;

La figure 16 montre schématiquement une variante de régulation où la valeur de consigne est la densité de la neige ; et

La figure 17 montre une variante de régulation où la valeur de consigne est la densité de la neige et où le réglage du débit est prédéterminé en fonction du froid total.

On convient de désigner les quantités de chaleur mises en jeu en kilocalories par kilogramme d'eau, désignées par Kcal/kg.

La quantité de chaleur à soustraire à l'eau pour la congeler est sa chaleur de fusion, soit 80 Kcal/kg. Pendant que les gouttelettes se congèlent, la température du mélange gouttelettes-cristaux-air-vapeur d'eau est constante et égale à 0°C.

Deux phénomènes naturels vont absorber la quantité de chaleur à soustraire à l'eau ; c'est d'une part, l'échange thermique entre les gouttelettes et l'air ambiant qui va se réchauffer en passant de la température -t à 0°C et d'autre part, l'évaporation d'une partie des gouttelettes tant que l'air n'est pas saturé.

La quantité de chaleur que l'air peut recevoir en passant de la température -t à 0°C est $dQ_a = C_p \times dt \times m$ ($C_p = 0,26$ est la chaleur massique à pression constante ; $dt = 0^\circ\text{C} - t = -t$; m est la masse d'air mélangé à l'eau dont la masse volumique est 1,1 à 1500 mètres d'altitude). La quantité de chaleur absorbable par 1000 m³ d'air est : $dQ_a = 0,26 \times t \times 1,1 \times 1000 = 264 \times t$.

La quantité de chaleur absorbable par l'évaporation de l'unité de masse est la chaleur de vaporisation : $L_v = 606 - 0,695 t$. On retient une valeur moyenne de 610 Kcal/kg d'eau évaporée donc : $dQ \text{ évap.} = 610 \times dW$ (dW = masse d'eau pouvant s'évaporer).

Sur la figure 1 apparaît la variation des teneurs en eau par 1000 m³ d'air saturé, en fonction des températures. On assimile, ce qui entraînera des erreurs négligeables sur le résultat recherché, la partie de courbe à une droite entre 0°C et -8°C et l'autre partie de courbe à une autre droite entre -8°C et -20°C. A titre d'exemple, on considère

que 1000 m^3 à 0°C , saturé à 100 %, peuvent contenir 4,87 kg de vapeur d'eau. A la température $-t$ et à saturation ($e = 100 \%$), cette teneur en eau est $W' \text{ kg}/1000 \text{ m}^3$; si l'humidité relative est $e\%$, la teneur en eau est $W = e \times W'$ à $-t$. En s'élevant de la température $-t$ à 0°C , les 1000 m^3 d'air vont accepter une teneur en vapeur d'eau de $dW = 4,87 - e \times W'$. En calculant W' en fonction de e et t , selon les équations des droites représentées sur la figure 1, entre 0°C et -8°C :

5 $dW = 4,87 (1 - e) + 0,273 \times e \times t$; ce qui entraîne :

10 $dQ \text{ évap.} = 610 \times dW = 2971 (1 - e) + 167 \times e \times t$.

La chaleur totale à soustraire à l'eau est : $dQ = dQ_a + dQ \text{ évap.}$ et $dQ = 2971 (1 - e) + (167 \times e + 264) t$ par 1000 m^3 d'air à la température $-t$ et dont l'humidité relative est e . En divisant cette chaleur totale par la chaleur

15 de fusion, on en déduit la masse d'eau congelable dans les 1000 m^3 d'air exprimée en kg correspondant à une capacité VI exprimée en litres et $VI = 37,14 (1 - e) + (2,09 \times e + 3,30) \times t$.

Entre -8°C et -20°C , le même raisonnement conduit

20 à : $dW = 4,87 - 3,70 e + 0,137 e \times t$; $dQ \text{ évap.} = 2971 - 2257 \times e + 83,57 \times e \times t$.

$dQ = 2971 - 2257 \times e + (83,57 e + 264) t$ et

$VI = 37,14 - 28,21 \times e + (1,04 \times e + 3,3) t$.

Sur la figure 2 sont représentées les droites

25 de variation du volume d'eau congelable dans 1000 m^3 d'air en fonction des températures et correspondant aux humidités relatives $e = 100 \%$, 90% , 80% , 70% , 60% , 50% , 40% , 30% , et 20% .

L'invention prévoit comme variante l'établissement, comme lois de variation à introduire dans le régulateur-compensateur électronique, des courbes dont les équations seraient déduites de celle de la courbe réelle de variation de la teneur en vapeur d'eau par unité de volume d'air en fonction de sa température.

30

Une première réalisation du procédé apparaît sur la figure 3 représentant l'alimentation en eau d'une rampe de pulvérisation 1 par une moto-pompe de refoulement 2. Un

35 ensemble de régulation-compensation électronique 3 va assu-

38

rer le réglage du débit d'eau à congeler correspondant au débit d'air ambiant déterminé par sa vitesse normale à la section moyenne 5 du brouillard de gouttelettes, vitesse normale mesurée par le détecteur anémométrique 4 et le détecteur-girouette 6.

Dans cet exemple, le réglage du débit d'eau refoulée est obtenu par la vanne 7 disposée sur un by-pass 8. Cette vanne est actionnée par un servo-moteur 9 appelé organe de commande qui reçoit un signal électrique du régulateur-compensateur 3 faisant correspondre à chaque température et humidité relative de l'air, une valeur de consigne du débit d'eau selon les lois de correspondance représentées par les courbes 10 de la figure 2. La température de l'air est mesurée par le détecteur de température 11 et son humidité relative par le détecteur 13 ; leur signal électrique est transmis au régulateur-compensateur 3.

Un premier perfectionnement prévoit que le débit d'eau est contrôlé par le détecteur débit-mètre 12a qui le mesure et qui envoie un signal correspondant au régulateur-compensateur 3 ; ce dernier le compare à la valeur de consigne et traduit en signal de commande l'écart entre cette valeur de consigne, variant avec le froid total, et la valeur réelle mesurée par le débit-mètre 12a. Ce signal de commande est amplifié par le régulateur compensateur 3 qui l'envoie sous forme d'ordre de commande au moteur d'entraînement 9 actionnant la vanne de réglage 7 afin d'apporter la correction nécessaire à l'annulation de cet écart.

Lorsque la température et l'humidité relative de l'air atteignent une valeur permettant la production de neige, le régulateur-compensateur 3 commande l'enclenchement ou le déclenchement tout-ou-rien de l'organe d'alimentation en eau qui est la moto-pompe de refoulement 2 dans la figure 3, mais qui peut être la vanne de réglage dans le cas d'une alimentation par gravité.

Sur la figure 4 est présenté un autre exemple d'alimentation en eau par refoulement assuré par une moto-pompe à débit variable obtenu par un variateur de vitesse de rotation 14. Ce dernier reçoit les ordres de commande du

5 régulateur-compensateur 3 pour son enclenchement ou son déclenchement, pour sa variation de vitesse entraînant la variation de consigne du débit d'eau en fonction de la température et humidité de l'air, enfin pour la régulation du débit d'eau à une valeur de consigne donnée.

Dans le cas où la conduite d'eau est en circuit fermé avec un tronçon "aller" 15 et un tronçon "retour" 16, comme on le voit sur la figure 5, l'organe de réglage du débit d'eau peut être une vanne trois voies de répartition 17 actionnée par un servo-moteur 18, commandé par le régulateur 3.

En alimentation par gravité seule une vanne motorisée trois voies peut assurer la régulation, la variation du débit et l'alimentation des générateurs de neige 1 ; il est possible également de lui adjoindre une ou plusieurs vannes motorisées qui seront commandées aussi par le régulateur-compensateur 3, par action continue ou discontinue.

Les moyens d'alimentation en eau par refoulement seront généralement implantés près des emplacements de captage d'eau. L'eau circulera dans une conduite entre ce point et la rampe de pulvérisation 1.

Dans l'exemple considéré, le régulateur-compensateur 3 assure la régulation du débit d'eau par action progressive avec un comportement proportionnel-intégral. Il est possible d'utiliser un système de régulation de débit à action discontinue "tout-ou-rien" ou "flottant", ou à comportement seulement "proportionnel" ou "intégral" avec ou sans comportement "dérivé". S'il est à action discontinue, on peut envisager que la course de la vanne de réglage puisse prendre des positions pré-déterminées correspondant à des valeurs de froid total déterminées ; la variation se fera en escalier.

Comme on le voit sur la figure 6, le régulateur-compensateur 3 peut commander cumulativement l'ouverture ou la fermeture totale des vannes 19 disposées en parallèle de telle sorte qu'il ordonne par action tout-ou-rien sur les organes 20, l'ouverture d'un nombre de vannes 19 laissant passer un débit correspondant au froid total mesuré par les détecteurs 11 et 13.

L'ensemble de régulation-compensation électronique peut être constitué d'un seul appareillage assurant toutes les fonctions d'enclenchement ou de déclenchement des différents matériels, de régulation et de compensation pour le déplacement de la valeur de consigne du débit d'eau. Il peut être également constitué de plusieurs appareillages interconnectés. Par exemple, la régulation du débit, les fonctions d'enclenchement ou déclenchement sont assurées par un régulateur auquel est associé un compensateur qui agit sur le pont de mesure du régulateur en lui fournissant la valeur de consigne selon les lois de correspondance. D'autres combinaisons peuvent être envisagées suivant les matériels utilisés.

L'ensemble de régulation-compensation est implanté soit à proximité de la rampe de pulvérisation 1, soit à proximité du système de pompage de l'eau. Les détecteurs de mesure sont placés sur ou dans l'élément objet de la mesure. La transmission des signaux de mesure se fait par conducteurs, par onde radio ou par onde lumineuse.

L'humidité relative est mesurée par le détecteur 13 qui envoie un signal électrique correspondant lequel va, après amplification, agir par l'intermédiaire d'un potentiomètre, sur le régulateur-compensateur 3 pour sélectionner la courbe convenable. Par exemple, si l'humidité relative mesurée est comprise entre 66 et 75 % incluses, c'est la courbe 70 % qui est sélectionnée. Il est possible, pour simplifier, de limiter le nombre de courbes par exemple, aux valeurs $e = 90 \%$, 70% , 50% , 30% .

La mise en fonctionnement de l'installation s'effectue lorsque le débit d'eau pulvérisée pouvant être congelée sera, par exemple, d'au moins 25 litres/heure pour $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ d'air. Sur la figure 2, on voit que les autres grandeurs peuvent être définies à partir de cette donnée. Pour l'exemple considéré, l'installation commence à fonctionner lorsque la température de l'air est de 0°C et que l'humidité relative est inférieure ou égale à 30% , ou encore lorsqu'à une humidité relative de 90% , la température s'abaissant, atteint $-4,1^\circ\text{C}$.

Lorsque la température atteint une certaine valeur ($-t_m$) avec une humidité relative donnée, le débit d'eau congelable atteint une valeur maximale correspondant à la course maximum des organes de réglage tels que les vannes, ou correspondant à la vitesse maximale du variateur 14 (figure 4), ou à l'ouverture de toutes les vannes 19 (figure 6). Ce débit maximum restera constant pour les températures inférieures à $-t_m$ correspondant à l'humidité $e = 90 \%$. Comme on le voit sur la figure 2, si l'on choisit des moyens de réglage permettant un débit maximum de $100 \text{ m}^3/\text{h}$ d'eau pulvérisée correspondant à un débit d'air de $1\,000\,000 \text{ m}^3$ (soit 100 litres/heure d'eau pour $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ d'air), la température à partir de laquelle est atteint ce débit maximum est $-19,8^\circ\text{C}$ pour $e = 30 \%$ ou $-20,8^\circ\text{C}$ pour $e = 90 \%$.

Comme on le voit sur la figure 3, connaissant la section moyenne 5 du brouillard de gouttelettes et la composante $V_u 21$ normale à 5, de la vitesse réelle $V 22$ du déplacement de l'air ambiant, le débit d'air mélangé aux gouttelettes est égal au produit de cette section par la vitesse V_u .

Ce dernier peut être défini soit par évaluation approximative et considéré comme constant, soit par la détermination de la vitesse $V_u 21$ déduite de la vitesse $V 22$ par les mesures des détecteurs 4 et 6. Dans ce deuxième cas, la variation du débit d'air entraîne une variation de la valeur de consigne du débit d'eau qui se traduit par une translation parallèle à l'axe des débits des courbes de correspondance et de leur point de concours 23, comme on le voit sur la figure 2. La mesure de $V_u 21$, grandeur perturbatrice, commande par le régulateur-compensateur 3, le déplacement des courbes parallèlement à elles-mêmes.

Il est prévu d'utiliser un détecteur anémométrique permettant de mesurer directement la vitesse $V_u 21$.

Dans cet exemple, on a supposé que l'air se déplaçait parallèlement à la surface du sol. On peut également considérer un déplacement vertical de l'air ambiant ; en effet, ce dernier est déjà provoqué naturellement par la différence de température qui est de 0°C dans la zone où s'effec-

tue la congélation et qui est de -t dans la zone près du sol. Il est possible d'augmenter la vitesse ascensionnelle de l'air en disposant des ventilateurs 24 en périphérie, comme on le voit sur la figure 3. Leur enclenchement ou déclenchement tout-ou-rien est commandé par le régulateur-compensateur 3 lors de la mise en route de l'installation. Le détecteur anémométrique mesure la vitesse ascensionnelle de l'air.

Lorsque la vitesse de déplacement de l'air ambiant est telle que le brouillard de cristaux est entraîné hors de la zone à enneiger, le détecteur anémométrique 4 commandera l'arrêt de l'installation ou interdira sa mise en fonctionnement.

Dans cet exemple de réalisation, la prise en compte du froid naturel total résultant de l'absorption de chaleur par l'air ambiant et par l'évaporation a conduit à mesurer la température sèche de l'air et son humidité relative. Une variante de l'invention prévoit de mesurer la température "humide" c'est-à-dire celle indiquée par un thermomètre dont le bulbe serait recouvert de gaze saturée d'eau et placé dans un flux d'air amenant en permanence de l'air ambiant sur la mèche de gaze pour entretenir le phénomène d'évaporation. Dans ces conditions le détecteur de température "humide" traduit le froid total dû aux échanges thermiques avec l'air et à l'évaporation. Ainsi à chaque valeur de la température "humide" correspond une quantité donnée d'eau congelable dans 1000 m³ d'air. Dans ce cas, une seule loi de correspondance représentée par une seule courbe est introduite dans le régulateur-compensateur 3. Le détecteur de température humide remplacera les deux détecteurs 11 et 13.

Comme on le voit sur la figure 16 une variante du système de régulation peut être réalisée en retenant comme grandeur à régler une caractéristique de la neige fabriquée, par exemple son humidité ou sa masse volumique appelée aussi densité. Cette dernière est mesurée par le détecteur de densité 12b placé convenablement. Elle peut être enregistrée par une mesure directe ou indirecte. Le détecteur de densité 12b envoie le signal de mesure au régulateur 3 qui le compare à une valeur fixée à l'avance, appelée valeur de consigne, par

exemple une densité de 0,4. Le régulateur 3 mesure l'écart entre la valeur mesurée et la valeur de consigne, le traduit en signal électrique, l'amplifie et l'envoie comme signal de commande de l'organe de réglage par exemple les vannes 7, 17, 19 ou le variateur 14 qui va modifier le débit d'eau en vue
5 d'obtenir la densité de neige désirée 0,4. Cette grandeur est également représentative du froid total.

Pour améliorer la précision de ce système de régulation, on peut ajouter un détecteur de débit 12a qui envoie
10 un signal au régulateur 3 pour qu'il contrôle la valeur du débit corrigé.

Un appareillage 36 décrit plus loin, assure l'enclenchement ou déclenchement des appareillages accessoires et notamment les moyens pour augmenter les performances de congélation. Il reçoit un signal de commande du débit-mètre 12a.
15

Comme on le voit sur la figure 17 le système de régulation peut être perfectionné en combinant les deux systèmes de régulation décrits plus haut. Le régulateur-compensateur 3 agit sur l'organe de réglage du débit d'eau (vanne ou variateur 14 de moto-pompe) de deux façons. La première consiste pour le régulateur-compensateur 3 à agir sur l'organe de réglage du débit, pour faire varier le débit d'eau en fonction du froid total selon les lois de correspondance de la figure 2 en exploitant les signaux des détecteurs 4, 6, 11 et 13 conformément à la description qui a été faite plus haut. La deuxième consiste pour le régulateur-compensateur 3 à agir sur l'organe de réglage pour assurer la régulation du débit d'eau en fonction d'une caractéristique de la neige, par exemple sa densité conformément à la description qui a
25 été faite précédemment ; le détecteur de densité 12b fournit au régulateur-compensateur 3 le signal de la mesure effectuée qui sera comparé à la valeur de consigne fixée à l'avance et dont la différence sera traduite en signal de réglage en vue d'annuler cette différence. Le détecteur de débit 12a permet
30 au régulateur-compensateur 3 de contrôler la valeur du débit réel. Ainsi il est possible d'introduire également une autre régulation du débit d'eau pour annuler tout écart entre la
35 valeur réelle du débit mesuré par le débit-mètre 12a et la
38

valeur indiquée par les courbes de correspondance 10 de la figure 2 comme cela a été décrit plus haut étant entendu que la régulation en fonction de la densité de la neige par exemple apportera la correction finale.

5 La présente invention comporte également un appareillage de fabrication de neige constitué d'une rampe de pulvérisation 1 représentée schématiquement sur les figures 3, 5 et 6. Cette rampe peut être constituée de plusieurs canalisations raccordées soit en dérivation et en antennes comme
10 me sur les figures 3, 5 et 6 soit d'un réseau maillé comme sur la figure 7. Elle peut être aussi constituée d'une seule canalisation disposée d'une façon rectiligne comme sur la figure 8 ou disposée en serpentín comme sur la figure 9 ou disposée selon toute autre configuration.

15 Cette rampe est disposée au-dessus du sol à une hauteur permettant aux gouttelettes de congeler durant leur chute au sol. La (ou les) canalisation est soutenue par un support en armature métallique ou par un câble porteur fixé à des pylônes ou à des escarpements rocheux comme on le voit
20 sur la figure 10. Elle peut être implantée au-dessus d'une piste en étant portée par des câbles eux-mêmes amarrés à des pylônes comme on le voit sur la figure 11. Elle peut être implantée définitivement ou être amovible.

25 La neige ainsi fabriquée peut être stockée en un ou plusieurs amas pour être ensuite reprise par un dispositif de transport en vue d'être transférée sur les pistes. Elle peut être aussi fabriquée directement sur la piste comme on le voit sur la figure 11.

30 Comme on le voit sur la figure 12A la pulvérisation de l'eau est obtenue soit par des gicleurs 25 fixés sur la conduite d'eau soit comme sur la figure 12B, par des trous 26 de petit diamètre obtenus par perçage de la conduite. Pour éviter le gel dans les orifices et la canalisation, ceux-ci sont chauffés en permanence pendant la période de
35 fonctionnement, par une résistance électrique 27 enroulée ou non autour de la canalisation. Son alimentation électrique est commandée à partir du régulateur-compensateur 3 par
38 l'intermédiaire d'un dispositif de relaying-contacteur 28

représenté sur la figure 3. Après l'arrêt de l'installation un dispositif de temporisation permet de maintenir l'alimentation électrique de la résistance pendant un temps permettant à la canalisation de se vidanger totalement. La canalisation peut être enveloppée d'un revêtement de calorifugeage 29 comme représenté sur la figure 12B.

Comme on le voit sur la figure 3, pour éviter le gel de l'eau dans la rampe de pulvérisation on disposera la conduite d'eau de telle sorte que son profil ne comporte qu'un seul point bas à l'emplacement duquel sera disposée une vanne de vidange motorisée 30. Son organe de commande 31 l'ouvrira ou la fermera totalement en recevant un signal du régulateur-compensateur 3.

L'invention comprend aussi les perfectionnements permettant d'augmenter les performances de congélation. Il s'agit des ventilateurs 24 déjà décrits. Il peut être également installé une enceinte 32 représentée sur la figure 10, en filet à mailles fines ceinturant totalement ou partiellement la zone à enneiger afin de diriger verticalement le déplacement d'air et de protéger le brouillard de gouttelettes du vent qui pourrait l'entraîner hors de la zone à enneiger. Pour diminuer la durée d'état de surfusion des gouttelettes il est envisagé de diffuser des particules glaciogènes amenées en transport pneumatique par la canalisation 33. Le fonctionnement de ce dispositif est commandé par le régulateur-compensateur 3.

Comme on le voit sur la figure 3 il est possible de faire varier la dimension des gouttelettes en injectant dans la rampe de pulvérisation 1 de l'air comprimé produit par le compresseur 34 dont l'enclenchement est assuré par le régulateur-compensateur 3. Ainsi au passage des orifices l'eau sera pulvérisée en gouttelettes plus ou moins fines selon la teneur en air du mélange eau-air. La production d'air comprimé s'effectue à débit constant ou variant en fonction du froid total. Ainsi, aux températures proches de 0°C pour obtenir des gouttelettes aussi petites que possible on injectera le débit maximum d'air comprimé. Par contre au-dessous d'une certaine température il ne sera pas utile d'injecter

de l'air comprimé. La variation du débit d'air comprimé sera commandée en fonction du froid total par le régulateur-compensateur 3 qui agira par action continue sur une vanne motorisée de réglage 35 ou par action discontinue sur une ou
5 plusieurs vannes ou par enclenchement successif de plusieurs compresseurs.

Comme on le voit sur la figure 13, l'invention prévoit une variante pour assurer la commande des appareillages accessoires en utilisant comme information l'alimentation en eau des moyens de pulvérisation. Un détecteur de
10 circulation d'eau, par exemple le débit-mètre 12a ou un autre débit-mètre ou un manomètre placé près des moyens de pulvérisation, est relié à un appareillage 36. Ce dernier sous l'action du signal du détecteur de circulation d'eau
15 12a commande l'enclenchement ou le déclenchement des dispositifs 24 et 33, de la vanne de vidange 30 de l'alimentation électrique de la résistance anti-gel 27 et du compresseur 34. Le réglage du débit d'air comprimé restera commandé par le régulateur-compensateur 3.

20 Selon les principes de fonctionnement ainsi décrits la présente invention prévoit le réglage du débit d'eau et de leurs moyens accessoires, des différentes canons à neige existants.

Comme on le voit sur la figure 14 le fonctionnement
25 du ou des canons à neige à air comprimé 43 est rendu entièrement automatique grâce à l'ensemble de régulation-compensation 3. En bordure de la zone à enneiger sont implantées une canalisation d'eau 37 et une canalisation d'air comprimé 38 équipées de raccords 39 et 40 placés à intervalles réguliers sur lesquels sont raccordées des conduites
30 souples 41 et 42 alimentant le canon à neige 43. A côté des canalisations, 37 et 38 est implanté un conducteur multipaire 44 le long duquel sont prévues à côté des raccords 39 et 40 des prises 45 sur lesquelles sont branchés des détecteurs de mesure 4, 6, 11 et 13. Ces derniers transmettent
35 leurs signaux électriques de mesure à l'ensemble de régulation-compensation 3 qui agira sur l'organe de réglage 7 du débit d'eau et sur celui du débit d'air comprimé 46 et qui
38

assurera l'enclenchement ou déclenchement de la moto-pompe 2 et du compresseur d'air 47. Le réglage du débit d'air comprimé pourra également s'effectuer par l'action du régulateur-compensateur 3 qui enclenchera cumulativement, en fonction des températures et humidité de l'air ambiant, plusieurs compresseurs.

Comme on le voit sur la figure 15, un canon à neige à ventilateur 48 fonctionne également d'une façon entièrement automatique grâce à l'ensemble de régulation-compensation. Le ventilateur 49 crée le flux d'air d'entraînement des gouttelettes ; il est actionné par un moteur électrique 50 ou par un moteur thermique. Le canon est alimenté en eau d'une façon identique à l'exemple de la figure 14. A côté de la conduite 37 est implanté également le câble multipaire 44 raccordant les détecteurs de mesure 4, 6, 11, 13 au régulateur-compensateur 3. Un câble électrique 51 assure l'alimentation du moteur 50 et d'éventuels accessoires du canon à neige 48. Sur les indications transmises par les détecteurs, le régulateur-compensateur 3 fait varier le débit d'eau. Il provoquera aussi l'enclenchement ou déclenchement du relais-contacteur 52 permettant d'alimenter électriquement le câble 51.

Les différentes variantes de régulation-compensation et les différentes variantes d'alimentation en eau peuvent s'appliquer au fonctionnement des canons à neige existants qui peuvent être utilisés sur les pistes pour les enneiger directement mais qui peuvent aussi être utilisés pour la constitution d'un ou plusieurs tas de neige en un endroit choisi.

Il va de soi que sans sortir du cadre de l'invention on peut apporter des modifications aux formes d'exécution qui viennent d'être décrites.

REVENDEICATIONS

1 - Procédé de fabrication de neige obtenue par pulvérisation d'eau en gouttelettes, caractérisé par le fait que la fabrication de neige est commandée et contrôlée automatiquement par un appareillage de contrôle et de régulation asservissant au moins le débit d'eau à pulvériser et à congeler au froid total ambiant et au volume d'air ambiant renouvelé.

2 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le réglage du débit d'eau pulvérisée à congeler est réalisé par des moyens d'asservissement qui font correspondre à chaque valeur dudit froid total, selon des lois de correspondance, et à chaque valeur dudit volume horaire d'air ambiant renouvelé, une valeur dudit débit d'eau.

3 - Procédé selon les revendications 1 et 2, caractérisé par le fait que le réglage dudit débit d'eau est également réalisé en fonction de l'écart entre la valeur réelle dudit débit d'eau mesurée par un détecteur et la valeur dudit débit déduite desdites lois de correspondance faisant correspondre ledit débit d'eau au froid total correspondant au volume horaire d'air ambiant renouvelé, en vue d'annuler ledit écart.

4 - Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2, caractérisé par le fait que le réglage dudit débit d'eau est réalisé par un appareillage de régulation qui règle ledit débit d'eau en fonction de l'écart entre la valeur réelle, mesurée par un détecteur, d'une grandeur caractéristique de la neige fabriquée et une valeur de ladite grandeur fixée à l'avance, en vue d'annuler ledit écart.

5 - Procédé selon la revendications 2 et 4, caractérisé par le fait que le réglage dudit débit d'eau est réalisé successivement en fonction dudit froid total selon lesdites lois de correspondance et dudit volume horaire d'air ambiant renouvelé et en fonction dudit écart relatif à ladite grandeur caractéristique de la neige fabriquée en vue d'annuler ledit écart.

6 - Procédé selon les revendications 2 et 4, caractérisé par le fait que le réglage dudit débit d'eau est réalisé

successivement en fonction dudit froid total selon lesdites lois de correspondance et dudit volume horaire d'air, en fonction de l'écart relatif audit débit d'eau entre sa valeur réelle mesurée et sadite valeur déduite, et en fonction de
5 l'écart relatif à ladite grandeur caractéristique de la neige fabriquée, ledit froid total et ledit volume horaire d'air, en vue d'annuler ledit dernier écart.

7 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé par le fait que l'appareillage de contrôle et de régulation commande en outre des moyens réglables
10 additionnels de fabrication de neige.

8 - Appareillage pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, comprenant un dispositif de fabrication de neige par pulvérisation
15 d'eau, un dispositif pour alimenter en eau ce dispositif de fabrication de neige et des moyens commandables de réglage du dispositif d'alimentation en eau pour régler le débit d'eau pulvérisée, caractérisé par le fait qu'il comprend un dispositif détecteur de mesure de froid total, un dispositif
20 détecteur de mesure du volume horaire d'air ambiant renouvelé, et au moins un appareillage de régulation qui agit par action continue ou discontinue sur les organes de commande desdits moyens de réglage du dispositif d'alimentation en eau et qui agit sur l'enclenchement et le déclenchement du
25 dispositif d'alimentation en eau.

9 - Appareillage selon la revendication 8, caractérisé par le fait que le dispositif détecteur de mesure du froid total appartient à un groupe qui comprend les détecteurs de mesure de la température de l'air ambiant associés aux
30 détecteurs de mesure de son humidité relative, et les détecteurs de température humide dudit air ambiant.

10 - Appareillage selon la revendication 8, ou la revendication 9, caractérisé par le fait que le détecteur de mesure du volume horaire d'air ambiant renouvelé appartient
35 à un groupe qui comprend les détecteurs de mesure de la vitesse de déplacement dudit air ambiant associés aux détecteurs de mesure du sens et direction dudit déplacement d'air
38 ambiant, et les détecteurs de mesure de la vitesse dudit dé-

placement d'air ambiant selon la direction normale à la section moyenne du brouillard de gouttelettes traversée.

11 - Appareillage selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, caractérisé par le fait que l'appareillage de régulation est d'un type dont le comportement appartient à un groupe qui comprend le comportement proportionnel, le comportement intégral, le comportement proportionnel-intégral et le comportement proportionnel-intégral-dérivé.

12 - Appareillage selon l'une quelconque des revendications 8 à 11, caractérisé par le fait qu'il comprend en outre un détecteur de mesure du débit d'eau à congeler, un système de commande manuelle et une horloge de programmation, ledit appareillage de régulation recevant les signaux desdits détecteurs, dudit système de commande manuelle et de ladite horloge.

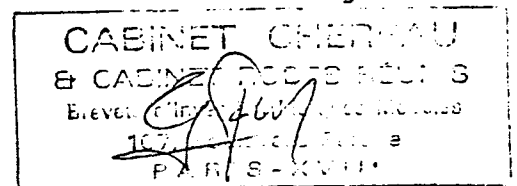
13 - Appareillage selon la revendication 12, caractérisé par le fait que l'appareillage de régulation appartient à un groupe qui comprend un appareillage unique de régulation relié à l'ensemble desdits détecteurs de mesure, de ladite commande manuelle à distance, de ladite horloge et agissant sur l'ensemble des moyens de fabrication de la neige, plusieurs appareillages de régulation interconnectés reliés séparément auxdits détecteurs, à ladite commande manuelle à distance, à ladite horloge et agissant de telle sorte que l'un assurant une partie des fonctions d'asservissement agit sur l'autre qui assume les fonctions complémentaires de la régulation et qui commande le fonctionnement d'une partie desdits moyens de fabrication de la neige, plusieurs appareillages de régulation agissant séparément dont l'un au moins recevant les signaux des détecteurs de mesure des grandeurs caractéristiques de congélation, agit sur le réglage du débit d'eau à congeler et sur le réglage des moyens de calibrage des gouttelettes et dont l'autre, représenté par au moins un appareillage et recevant les signaux d'un détecteur d'alimentation en eau de la conduite, agit sur l'enclenchement ou déclenchement des autres appareillages de fabrication de la neige, et plusieurs appareillages de régulation reliés séparément auxdits détecteurs de mesure, de la-

dite commande à distance, de ladite horloge et agissant séparément sur lesdits moyens de fabrication de la neige.

14 - Appareillage selon l'une des revendications 8 à 13, caractérisé par le fait que l'appareillage de fabrication de la neige est du type à rampe de pulvérisation, comprenant une canalisation d'eau sur laquelle sont disposés des trous ou des gicleurs de pulvérisation et dont la disposition au-dessus du sol selon un motif déterminé appartient à un groupe qui comprend la pose au moins partielle sur un système de portiques, la pose sur pylônes et la suspension aérienne par pylônes et système de câbles, ladite canalisation comportant des moyens anti-gel constitués d'un revêtement de calorifugeage sauf aux emplacements desdits trous ou desdits gicleurs, d'un câble chauffant et d'au moins un point bas sur sa trajectoire d'où la vidange peut s'effectuer par au moins une vanne motorisée actionnée automatiquement.

15 - Appareillage selon l'une quelconque des revendications 8 à 14, caractérisé par le fait qu'il comprend en outre des moyens de calibrage des gouttelettes par injection d'air comprimé à pression convenable dans le dispositif de fabrication de neige pour être mélangé à l'eau à pulvériser.

16 - Appareillage selon l'une quelconque des revendications 8 à 15, caractérisé par le fait que le dispositif de fabrication de neige comprend des moyens d'accroissement du volume horaire d'air ambiant renouvelé constitués par au moins un ventilateur ou par au moins un jet d'air comprimé et des moyens pour diminuer la durée de surfusion des gouttelettes constitués par des moyens de production et de diffusion de particules glaciogènes dans le brouillard de gouttelettes.



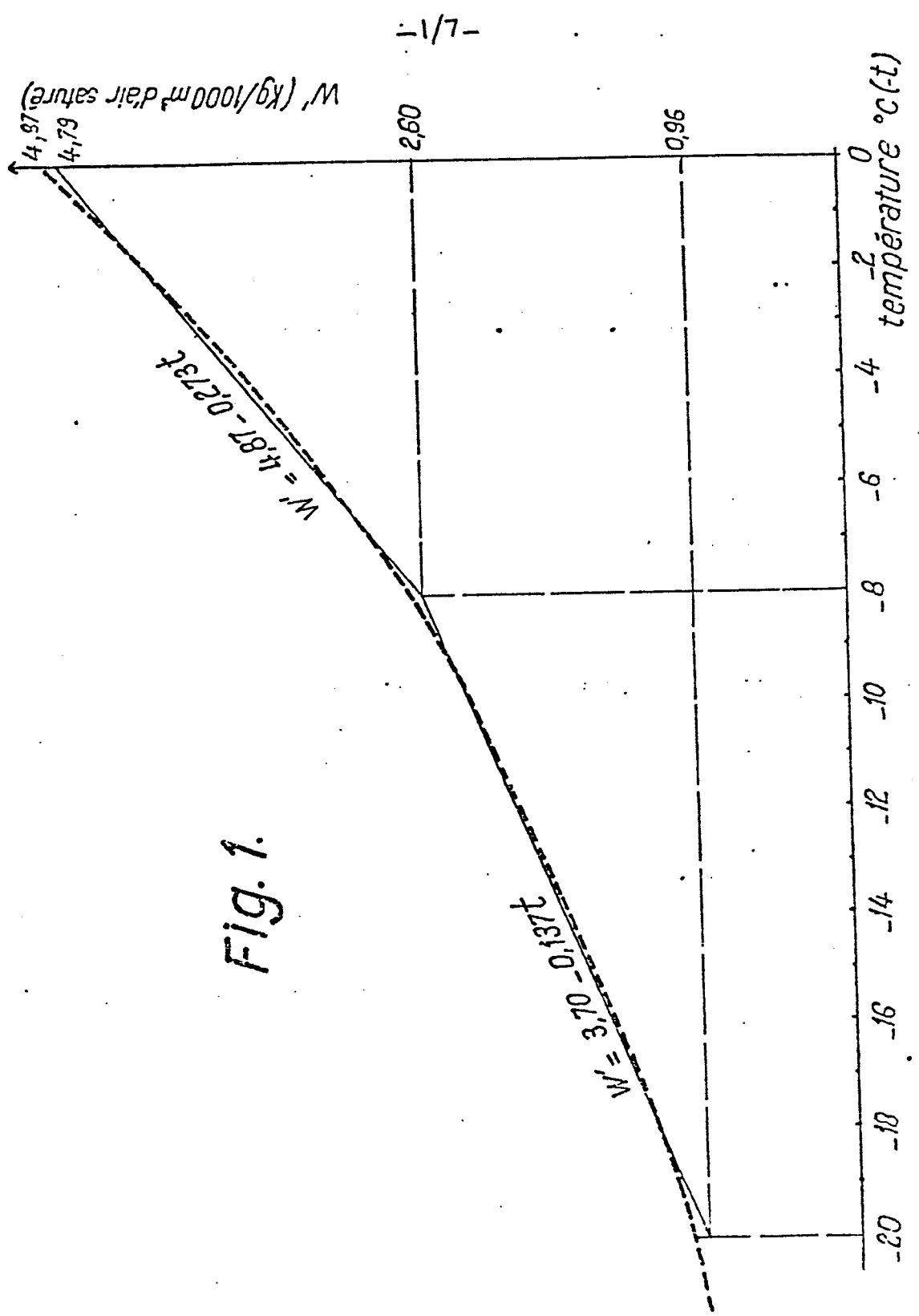
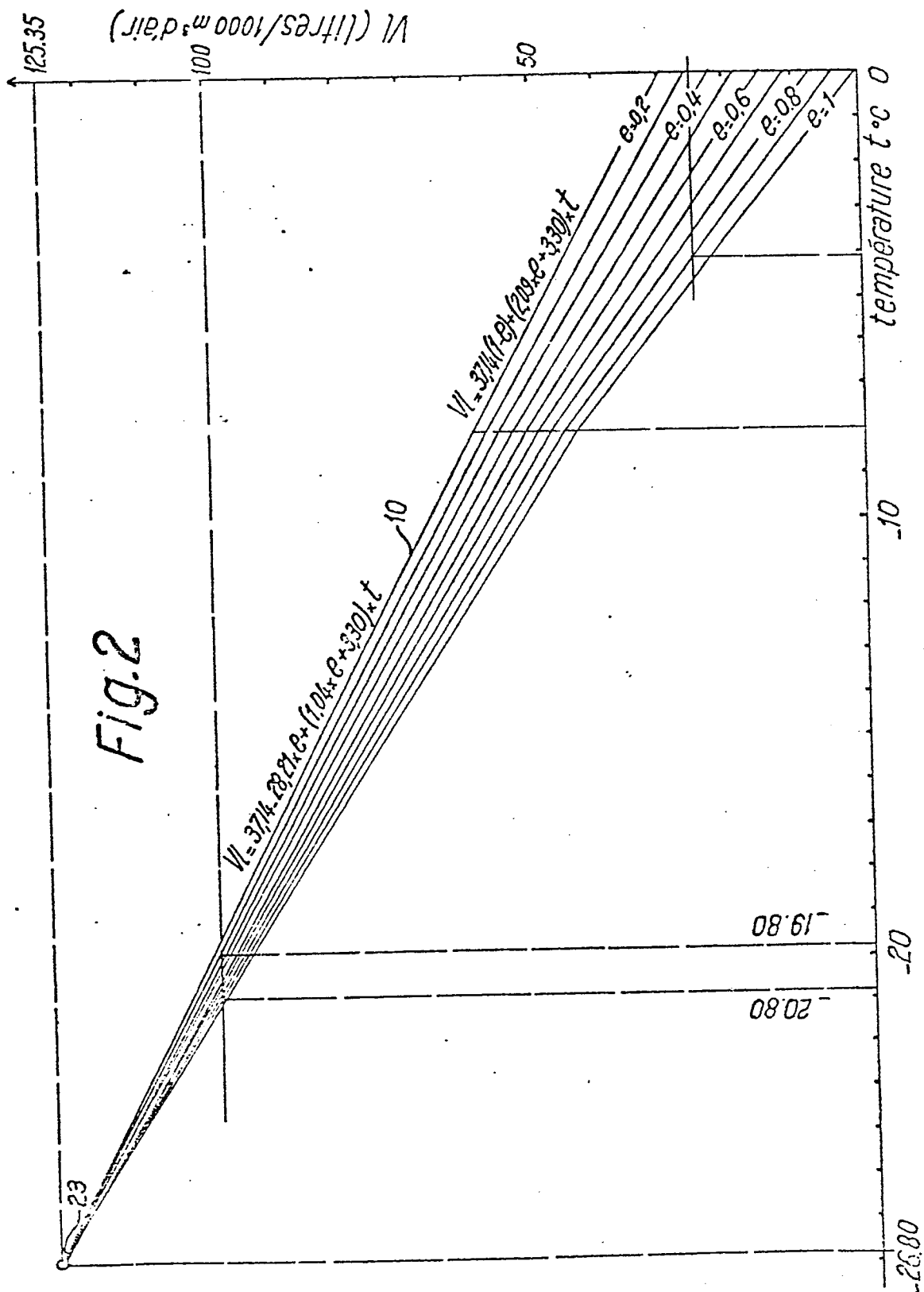
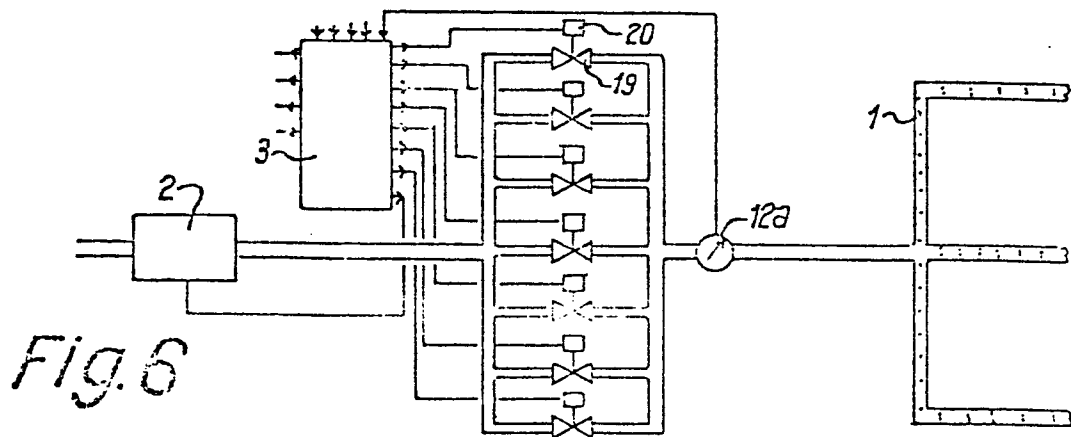
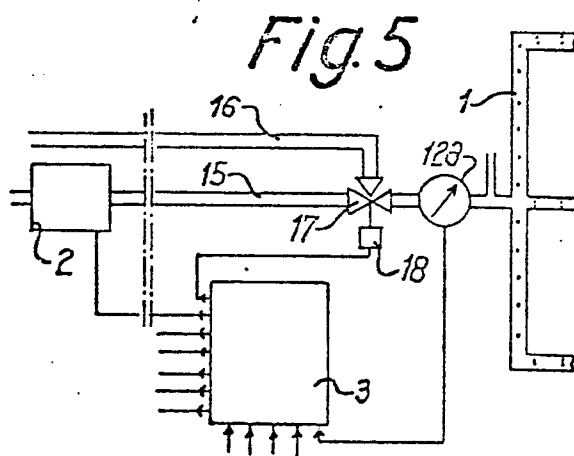
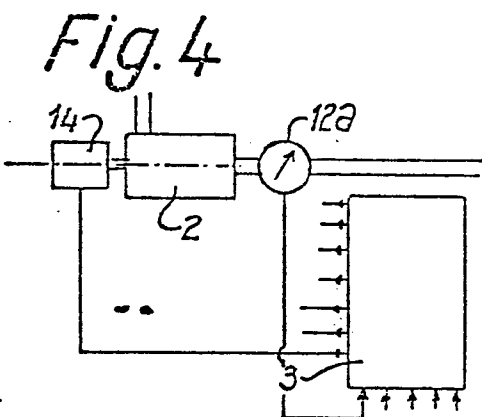
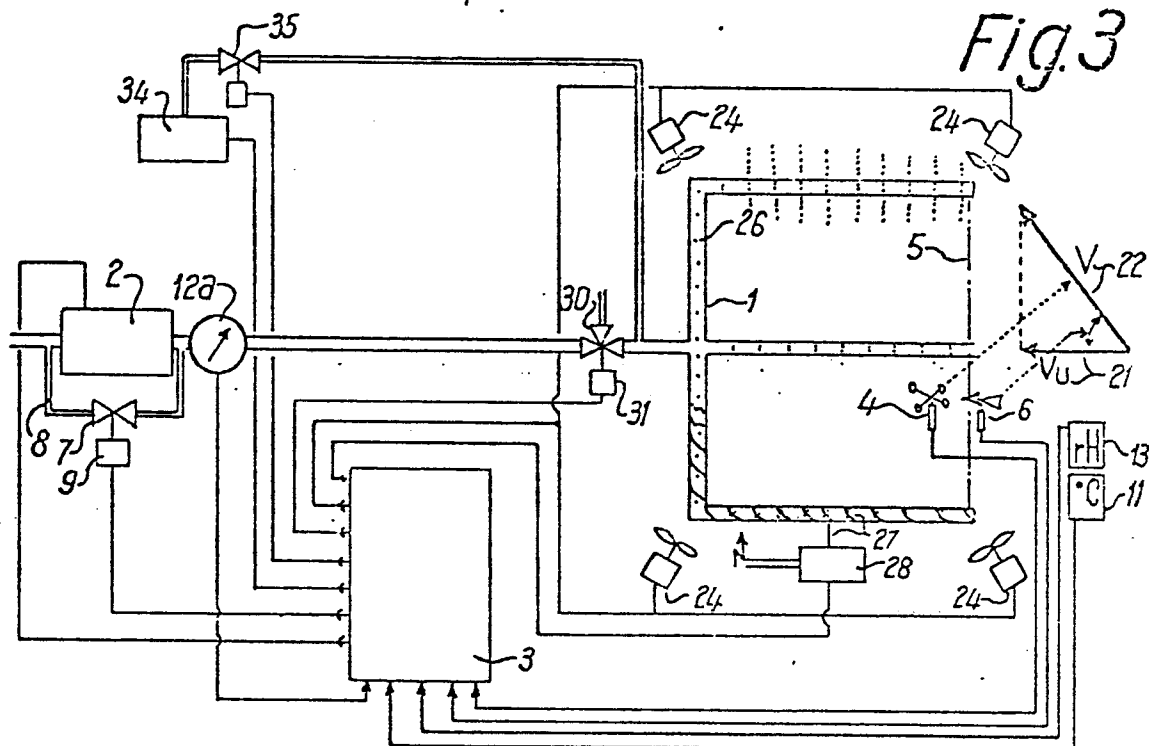


Fig. 1.

CS-1



-3/7-



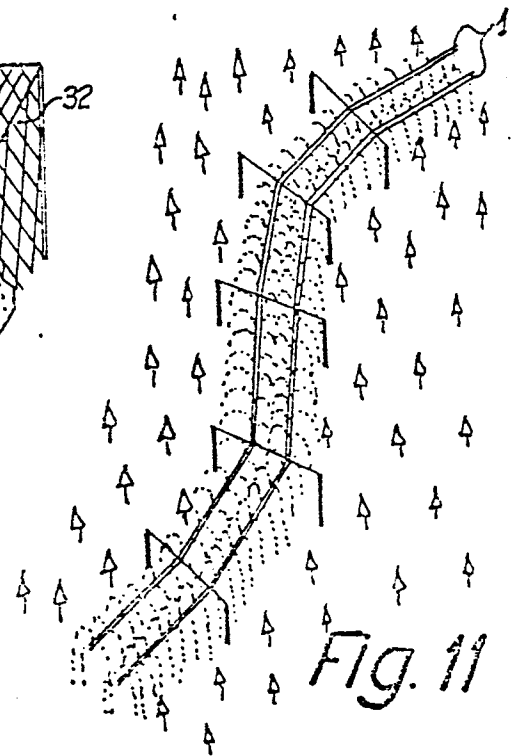
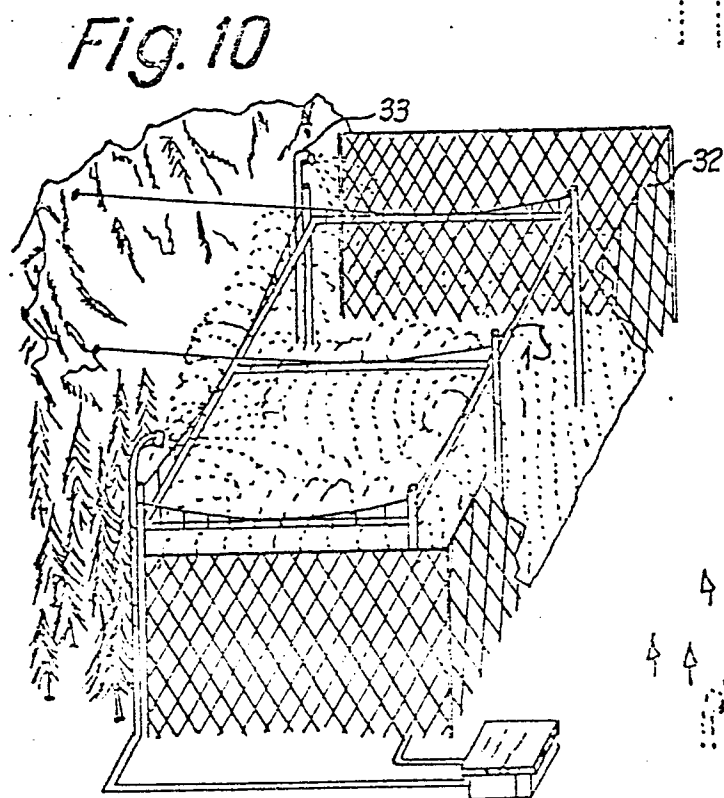
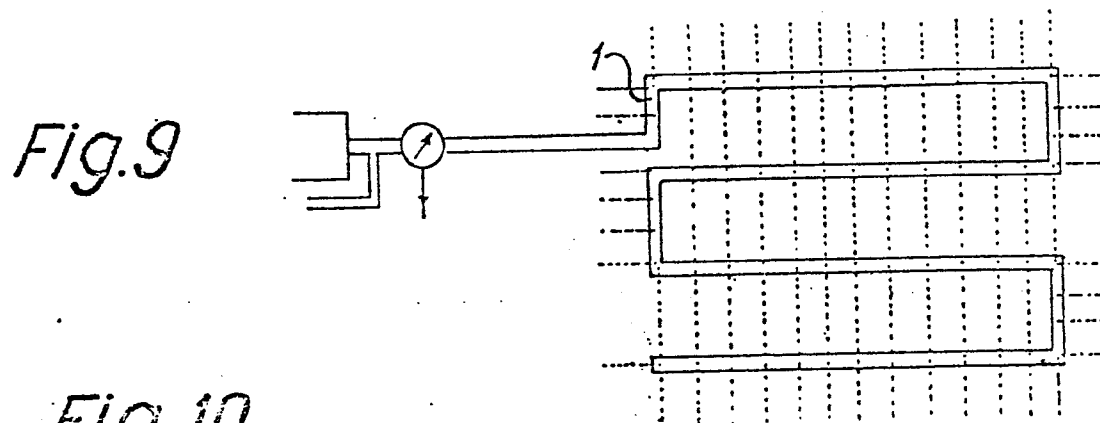
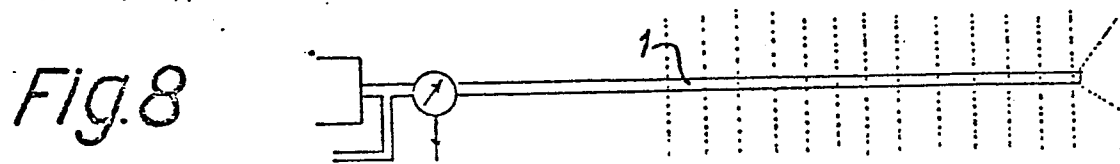
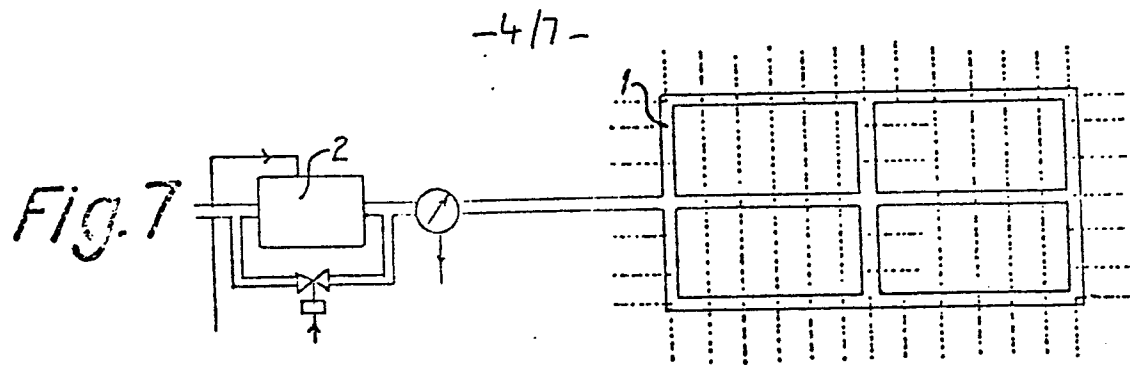


Fig. 12A

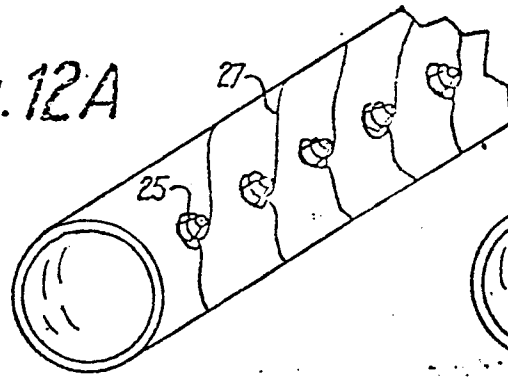


Fig. 12B

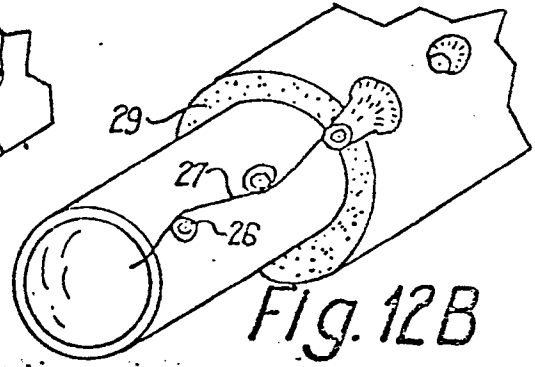


Fig. 13

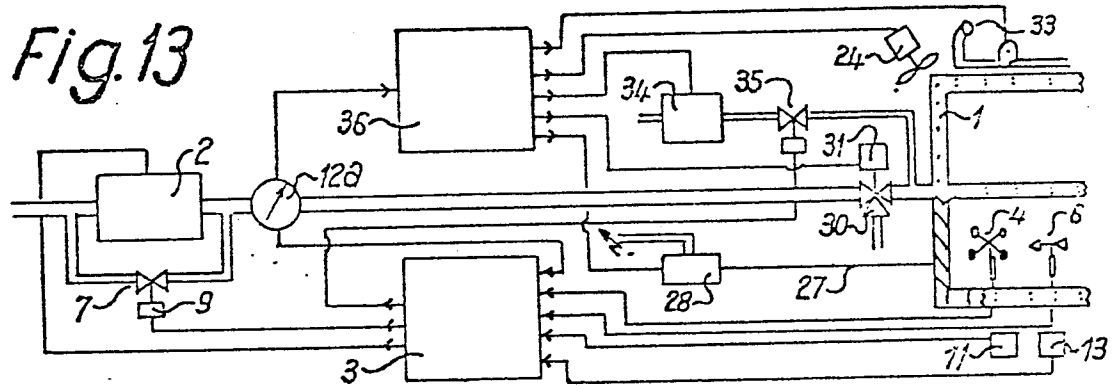


Fig. 14

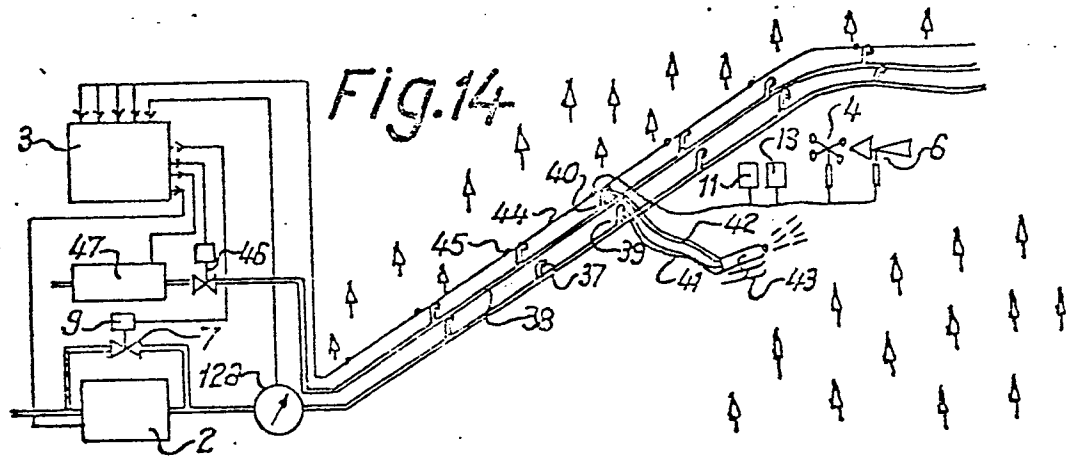
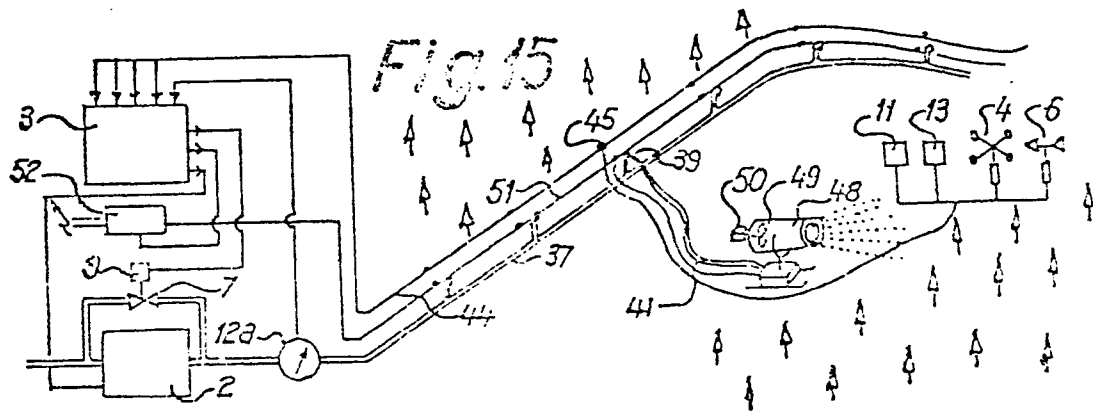


Fig. 15



- 6/7 -

Fig. 16

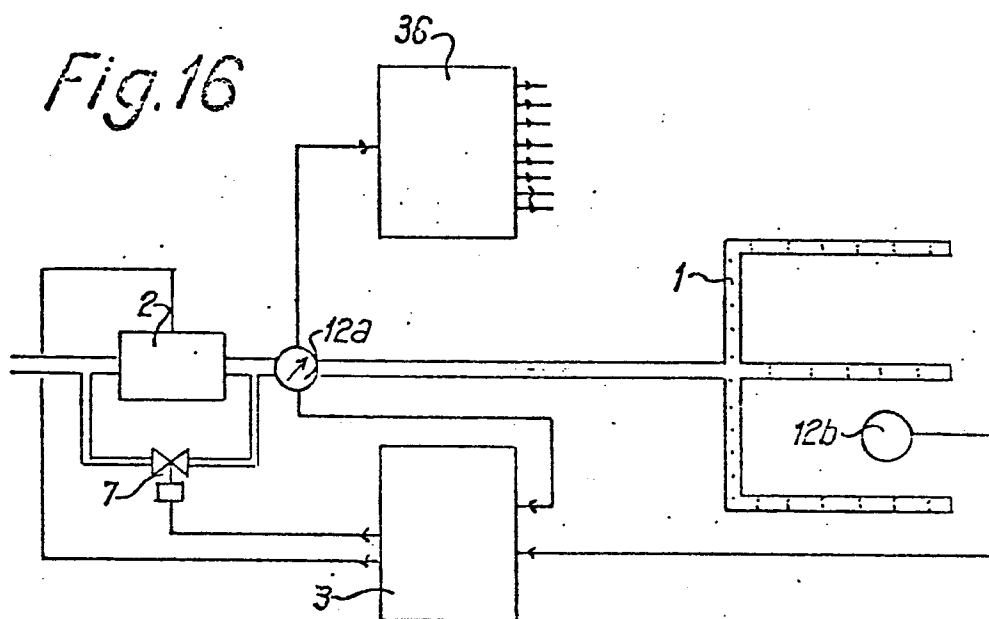
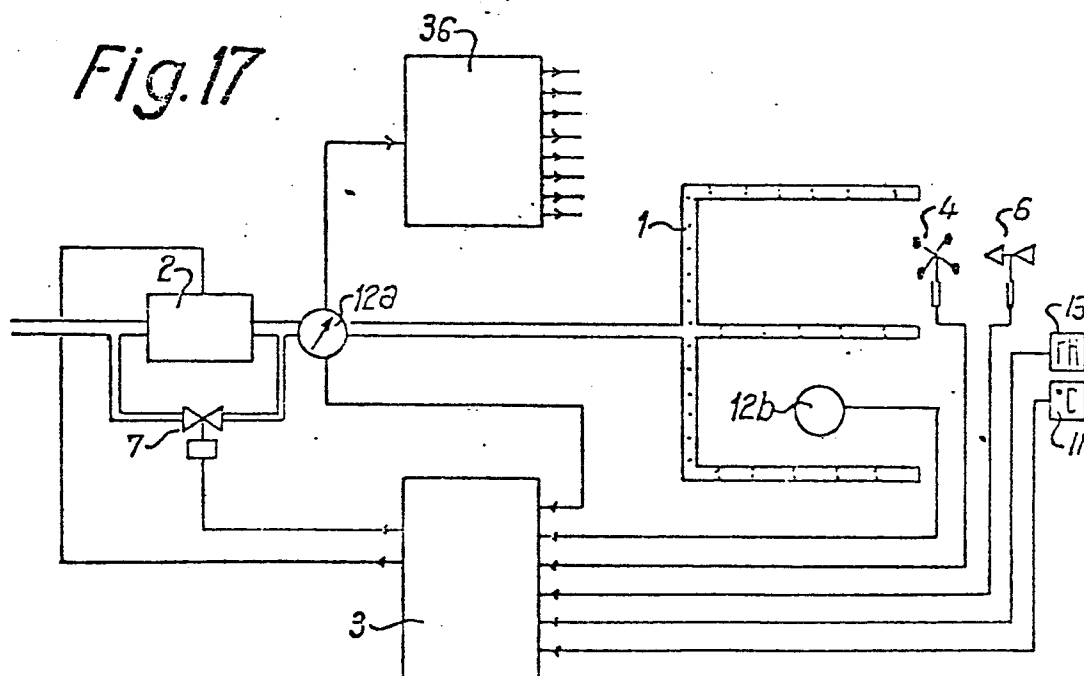
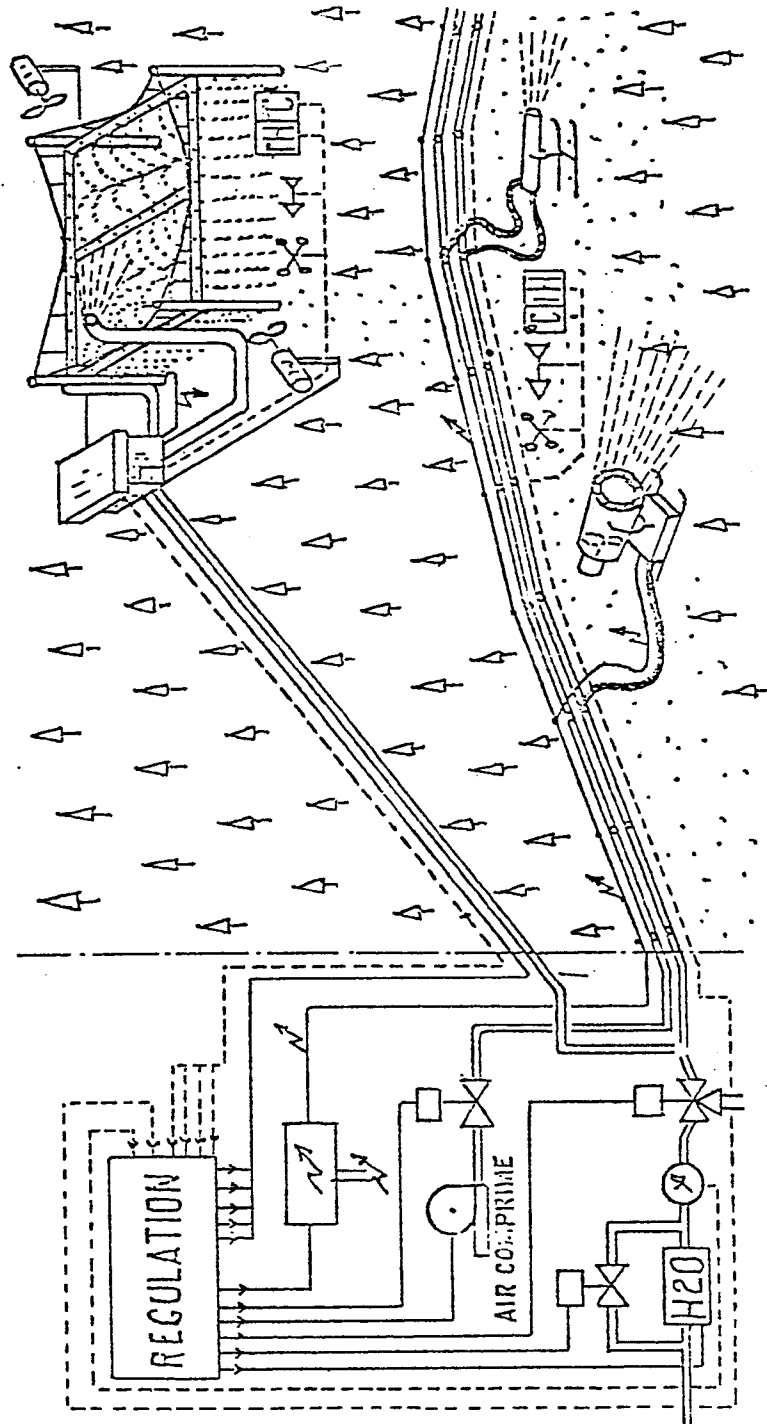


Fig. 17



-7/7-



B