

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11 N° de publication :

2 954 475

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

21 N° d'enregistrement national :

09 06324

51 Int Cl<sup>8</sup> : F 25 B 27/00 (2006.01), F 03 D 1/02, 1/04

12

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 23.12.09.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 24.06.11 Bulletin 11/25.

56 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

71 Demandeur(s) : IFP Etablissement public à caractère  
industriel et commercial — FR.

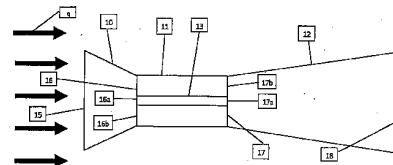
72 Inventeur(s) : CHARRON YVES.

73 Titulaire(s) : IFP Etablissement public à caractère  
industriel et commercial.

74 Mandataire(s) : IFP.

54 SYSTEME EOLIEN POUR LA PRODUCTION DE FROID ET D'ENERGIE.

57 La présente invention concerne un système pour la  
production de froid, caractérisé en ce qu'il comporte un dis-  
positif concentrateur d'énergie éolienne en forme de con-  
vergent (10) dont la sortie communique avec l'entrée d'un  
élément de production de froid (11) comportant une pluralité  
de cols de venturi (13) et des moyens d'échange de chaleur.



FR 2 954 475 - A1



La présente invention concerne le domaine de la production de froid et d'énergie mécanique à partir de l'énergie éolienne à l'aide d'un système comprenant un élément venturi et une batterie de turbines précédés d'un concentrateur d'énergie et suivis éventuellement d'un système d'extraction d'air

### ART ANTERIEUR

Le brevet US4140433 décrit une turbine insérée entre un convergent et un divergent. La turbine est unique dans le col du venturi. Les venturis peuvent être montés en grappe (cluster) et la grappe peut être orientée dans la direction du vent.

Le brevet FR2914371 décrit une turbine insérée entre un cylindre d'entrée et un système aval pour une amélioration de l'extraction d'air. Cette extraction est faite au moyen d'un carénage pyramidal d'épaisseur constante composé de trous coniques sur sa surface pour permettre l'entrée d'air extérieur au niveau du carénage.

Le brevet FR2805572 décrit une turbine encastrée entre deux plaques horizontales et un système aval muni d'un déflecteur pour améliorer l'extraction d'air.

Le brevet GR2447510 décrit une turbine montée en aval d'un cône pour concentrer l'énergie, l'arrière étant muni d'une gouverne de direction pour une orientation automatique de l'éolienne face au vent.

Le document US2001/0004439A1 décrit deux turbines tournant en sens inverse montées entre un cône convergent et un cône divergent avec sensiblement le même angle. Des aimants montés à la pointe des aubes servent d'excitateurs au stator d'un générateur électrique.

Le document US2007/0013196A1 décrit une turbine montée dans une pièce successivement convergente puis divergente. L'objet de la partie convergente est d'augmenter l'énergie cinétique et d'augmenter la quantité d'énergie captée sans se préoccuper de la capacité de l'air à s'extraire de la partie aval.

Il apparait qu'aucun de ces documents ne décrit la production de froid directement à partir de l'énergie éolienne, sans passer par un moyen intermédiaire de transformation de l'énergie éolienne en énergie mécanique.

Ainsi, la présente invention concerne un système pour la production de froid, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif concentrateur d'énergie éolienne en forme de convergent dont la sortie communique avec l'entrée d'un élément de production de froid comportant  
5 une pluralité de cols de venturi et des moyens d'échange de chaleur.

La sortie dudit concentrateur peut communiquer également avec l'entrée d'un élément machine comportant une pluralité de turbines de captation de l'énergie éolienne.

Les turbines et les cols peuvent être assemblés pour former la section de sortie dudit concentrateur convergent.

10 La sortie de l'élément de production de froid et/ou de l'élément machine peut communiquer avec l'entrée d'un extracteur d'air en forme de divergent.

L'extracteur d'air peut être entouré d'un convergent de façon à diffuser un courant d'air dans ledit extracteur d'air.

Le système peut comporter des moyens de contrôle et de commande du fonctionnement  
15 des turbines et/ou des cols en fonction de la vitesse du vent.

Le système peut comporter plusieurs moyens d'échange de chaleur répartis sur la longueur des cols de venturi.

Les turbines et/ou les cols peuvent être assemblés dans un élément de section carrée, rectangulaire ou circulaire.

20 Le concentrateur d'énergie peut comporter des moyens de déviation de l'air hors dudit concentrateur.

Les moyens de déviation peuvent comporter des volets commandés en fonction de la vitesse du vent.

25 L'invention sera mieux comprise et ses avantages apparaîtront plus clairement à la lecture de la description qui suit, d'exemples de réalisations, nullement limitatifs et illustrés par les figures ci-après annexées, parmi lesquelles :

- La figure 1 montre schématiquement un système selon une variante de l'invention,
- la figure 2 montre une variante de forme d'un concentrateur d'énergie éolienne,

- les figures 3a et 3b montrent schématiquement un moyen d'orientation d'un concentrateur,
- la figure 4 montre une autre variante de concentrateur,
- la figure 5 illustre en coupe les éléments venturis,
- 5 - la figure 6 donne l'évolution de la température à l'entrée des venturis,
- les figures 7 et 8 montrent les lignes d'échangeurs thermiques,
- les figure 9a-9d illustrent les échanges thermiques en plusieurs passes,
- les figure 10 et 11 montrent des moyens d'échanges thermiques,
- la figure 12 montre le principe de "l'effet booster",
- 10 - les figures 13a et 13b montrent schématiquement un élément machine comportant un assemblage d'une pluralité de turbines,
- les figures 14a et 14b montrent une variante d'assemblage de turbines en cercle,
- la figure 15 montre schématiquement un élément de turbine,
- la figure 16 montre l'élément machine et les entrées de venturis,
- 15 - les figures 17a et 17b montrent en exemple des dispositions de turbines dans l'élément machine, les venturis et des volets dans le concentrateur,
- les figures 18a et 18b montrent schématiquement un extracteur d'air,
- la figure 19 illustre une variante d'extracteur d'air.

## 20 DESCRIPTION DE L'INVENTION.

Le système faisant l'objet de l'invention vise à produire du froid et/ou de l'énergie mécanique à partir de l'énergie cinétique du vent dans des conditions de vitesse de vent faible à très élevée, les quantités de froid et d'énergie produites restant dépendantes des conditions atmosphériques, principalement la vitesse du vent. Le système produit  
25 exclusivement du froid ou de l'énergie mécanique dans les conditions atmosphériques moyennes, toutefois, le système peut produire à la fois du froid et de l'énergie mécanique dans une condition de vitesse de vent particulièrement élevée.

Un mode de réalisation du système peut comprendre, dans la direction du vent 9, quatre éléments principaux (Figure 1):

- 5 - en amont, un élément concentrateur, ou collecteur, d'énergie 10 se présente sous la forme d'un cône convergent. Le vent entre dans ce premier élément au travers de la surface 15 et ressort au travers de l'aire réduite de la surface 16. Lors de la traversée du convergent, la vitesse augmente inversement proportionnellement à la surface tandis que la pression statique et la température diminuent selon une loi quasi isentropique reposant sur une quasi conservation de l'énergie transportée par le vent.
- 10 - en aval de l'élément concentrateur 10, un élément machine 11 regroupe plusieurs turbines captant une partie de l'énergie cinétique de l'air au travers de l'aire d'entrée 16.b et entraîne divers types de machines convertissant l'énergie mécanique disponible en bout d'arbre des turbines en énergie électrique (alternateurs) ou potentielle (pression ou hauteur au travers de compresseurs ou de pompes).
- 15 - en aval de l'élément 10 et entouré par l'élément machine 11, l'élément venturi 13 constitue un col de venturi utilisé pour la production de froid au travers d'un transfert de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur du venturi. L'entrée de l'élément venturi 13 se fait au travers de l'aire 16.a. Cet élément peut être constitué à l'intérieur d'un ou plusieurs cols de venturi. L'ensemble des aires 16.a et 16.b  
20 constitue l'aire de sortie 16 de l'élément 10.
- en aval des éléments machine 11 et venturi 13, éventuellement, un élément d'extraction 12 permet l'évacuation de l'air absorbé par le convergent et ralenti par le col du venturi et/ou par le groupe de machines ayant freiné l'écoulement de l'air en aval du convergent. L'air entrant au niveau de la surface 17 est évacué au travers  
25 de l'aire élargie de la surface 18. Lors de la traversée du divergent, la vitesse diminue inversement proportionnellement à la surface tandis que la pression statique et la température augmentent selon une loi quasi isentropique reposant sur la conservation de l'énergie disponible entre les surfaces 17 et 18.

L'élément d'entrée (concentrateur ou collecteur d'énergie) est orientable en fonction de la direction du vent 9 tandis que les éléments "col de venturi" et "turbine" restent essentiellement fixes. Toutefois, ils peuvent également être mobiles dans le cadre de l'invention.

- 5 D'une façon générale, l'élément d'entrée est constitué d'une entrée de grande ouverture pour la capture d'un maximum d'énergie et d'une sortie de plus faible ouverture en vue d'une réduction en dimension de l'élément machine tournante. En revanche, le rapport des surfaces sortie – entrée est également dimensionné de façon à limiter les risques engendrés par un effet venturi trop important engendrant, par exemple, une température en sortie de
- 10 l'élément d'entrée trop basse (risque associé de gel) ou une trop grande condensation d'eau (risques associés : érosion, corrosion).

L'élément d'entrée peut être conçu sous une forme rigoureusement conique avec des surfaces d'entrée circulaire, carré, rectangulaire ou toute autre forme polygonale.

- La figure 2 montre une autre configuration dans laquelle l'élément d'entrée est globalement
- 15 convergent mais non strictement conique. Il est, par exemple, constitué de trois parties distinctes : une première partie cylindrique de grande ouverture, une seconde partie avec restriction progressive et une troisième partie cylindrique de petite ouverture adaptée à l'entrée de l'élément machine 11 situé en aval. La première partie, à paroi parallèle à l'écoulement, a pour propriété de limiter l'impact de l'air sur les parois comme cela peut se
- 20 produire dans le cas d'un élément strictement conique provoquant une perte d'énergie ainsi qu'un contournement de l'air autour de l'élément d'entrée. Les parois des trois parties de l'élément d'entrée, ainsi que celle de l'élément machine, sont tangentes à leur raccordement limitant les pertes d'énergie en ces points.

- Compte tenu de l'orientation variable de la direction du vent, l'élément d'entrée 10 peut être
- 25 conçu pour être mobile et orienté dans la direction du vent 9, tandis que l'élément 11 regroupant les machines, ainsi que l'élément d'évacuation de l'air 12, restent essentiellement fixes. Toutefois, ces deux éléments peuvent également être mobiles et orientables, dans le cadre de l'invention. Les figures 3a et 3b illustrent schématiquement cette variante.

- 30 Le déplacement de l'élément d'entrée peut, par exemple, être assuré par des roues situées sous l'élément d'entrée (non représentées) et actionnées par des moteurs électriques. Il peut encore être assuré par des câbles fixés sur le cône et reliés à des treuils. Ces treuils sont,

par exemple, asservis, le raccourcissement (tensionnement) de certains câbles ou l'allongement (détensionnement) d'autres câbles permettant le déplacement du cône en fonction de la direction du vent. Dans ce cas, le cône peut aussi être monté sur roues libres (non entraînées par moteur).

- 5 Les éléments 10 et 11 sont reliés entre eux par un élément déformable 19 ou un empilement de sections rigides pouvant coulisser entre elles. Dans les deux cas, l'élément 19 reliant les éléments 10 et 11 est suffisamment étanche à l'air.

Le système d'orientation est conçu pour permettre un déplacement angulaire de l'ordre de 90 degrés de part et d'autre d'une direction axiale.

- 10 Compte tenu de l'orientation variable et du changement relativement rapide de la direction du vent, l'élément d'entrée 10 peut être conçu, par exemple, avec un assemblage de plusieurs lobes fixes orientés chacun dans une direction azimutale privilégiée. La figure 4 montre un exemple de réalisation. La courbure des lobes est conçue de façon à alimenter l'élément machine 11 dans l'axe principal de l'équipement.

15

#### Caractéristiques de l'élément venturi (13)

L'élément venturi est constitué d'un ensemble de cols 70 essentiellement rectilignes montés en parallèle et, disposés par exemple, dans la direction transversale, en rectangle ou en cercle. L'invention ne se limite pas à ce type de configurations géométriques.

- 20 Dans le cas d'un montage rectangulaire (Figure 5), l'élément principal 13 est constitué d'un ensemble de cols élémentaires 70 sensiblement parallélépipédiques avec une section sensiblement carrée. Chaque col élémentaire est éventuellement précédé d'un cône d'adaptation pour faciliter la distribution de l'écoulement entre l'élément collecteur d'énergie, l'élément machine et les cols latéraux.

- 25 Lors de la traversée du cône d'entrée convergent 10, la vitesse augmente inversement proportionnellement à la surface tandis que la pression statique et la température diminuent selon une loi quasi isentropique reposant sur une quasi conservation de l'énergie transportée par le vent. La chute de température dans l'élément 10 dépend essentiellement de la vitesse du vent à l'entrée 15 de l'élément d'entrée 10 et du rapport des surfaces entre la  
30 sortie 16 et l'entrée 15 du convergent 10.

Dans la mesure où toutes les turbines et tous les venturis sont mis en service (cas d'une vitesse du vent maximum), la température à l'entrée du venturi est donnée par le rapport des surfaces entre la sortie 16 et l'entrée 15 du convergent 10.

5 Dans la mesure où toutes les entrées des turbines sont fermées (turbines hors service) et tous les venturis élémentaires sont ouverts (cas d'une vitesse du vent moyenne), la température à l'entrée du venturi est donnée par le rapport des surfaces entre l'entrée du venturi 16.a et l'entrée 15 du convergent 10.

10 Dans les cas intermédiaires où seulement une partie des turbines et seulement une partie des venturis sont mises en service, la température à l'entrée des venturis est donnée par le rapport des surfaces des aires 16.a et 16.b mises en service et l'entrée 15 du convergent 10.

La figure 6 représente la température à l'intérieur du venturi (voire, à l'entrée 16.a du venturi) pour deux vitesses à l'entrée de l'élément 10 (courbe 1 : 10 m/s et courbe 2 : 20 m/s) en fonction du rapport des surfaces 16.a et 16.b en service et 15. Ainsi pour une température d'entrée de 20 °C et :

- 15 - une vitesse de 10 m/s, la température dans le venturi reste supérieure à 18 °C pour un rapport des surfaces supérieur à 0.2 chutant brutalement en deçà de cette valeur. La température est respectivement de 10, 0 et -10 °C pour un rapport des surfaces de 0.075, 0.06 et 0.055.
- 20 - une vitesse de 20 m/s, la température dans le venturi reste supérieure à 18 °C pour un rapport des surfaces supérieur à 0.35 chutant brutalement en deçà de cette valeur. La température est respectivement de 10, 0 et -10 °C pour un rapport des surfaces de 0.16, 0.12 et 0.11.

25 Compte tenu des conditions requises pour la production de froid, la température dans les venturis est ajustée en fonction de la vitesse du vent et de la température à l'entrée (10) par l'intermédiaire du rapport des surfaces.

30 Ainsi pour une température à l'intérieur du venturi trop élevée correspondant soit à une vitesse du vent trop faible soit à une température d'entrée trop élevée, la section du col est diminuée par la fermeture d'un ou plusieurs cols élémentaires. A l'inverse, pour une température à l'intérieur du venturi trop faible correspondant soit à une vitesse du vent trop élevée soit à une température d'entrée trop faible, la section du col est augmentée par l'ouverture d'un ou plusieurs cols élémentaires.

### ***Transfert des frigories vers l'extérieur par une méthode non intrusive***

L'abaissement de la température de l'air à l'intérieur du venturi communique un abaissement de température sur les parois du venturi et la possibilité de transférer les frigories produites au sein du venturi vers l'extérieur par l'utilisation d'échangeurs de chaleur. Ces échangeurs peuvent être montés en quantité variable (trois échangeurs E1, E2 et E3 selon la figure 7) selon les besoins des procédés.

Le transfert des frigories de l'intérieur d'un venturi vers l'extérieur correspond à un apport de chaleur au travers des parois du venturi puis vers l'air circulant à l'intérieur de ce venturi. L'air s'échauffant dans la direction de l'écoulement suite à l'apport de chaleur en provenance des échangeurs de chaleur, un maintien de la température le long du col du venturi ou un abaissement supplémentaire de la température peuvent être obtenus par une diminution supplémentaire de l'aire de passage. Cette diminution de l'aire de passage correspond à une forme convergente du col du venturi comme montré dans la figure 8, où l'aire 17.a est plus petite que l'aire 16.a.

Le transfert de chaleur au niveau de l'échangeur de chaleur peut s'effectuer en plusieurs passes de façon à améliorer son efficacité et avec changement de direction entre chaque passe (refroidissement selon DD' puis EE' puis FF' puis GG' selon les figures 9a-9d) de façon à obtenir des températures aussi homogènes que possible.

Cette méthode présente l'avantage de ne pas être intrusive et, par conséquent, de ne pas générer de perte de charge à l'intérieur des cols de venturi au détriment d'une moins grande efficacité concernant le transfert de chaleur.

### ***Transfert des frigories vers l'extérieur par une méthode semi intrusive (Figure 10)***

Le transfert de chaleur peut être amélioré par l'utilisation d'inserts 65 constitués de plaques planes de très faible épaisseur montées parallèlement à l'écoulement et parallèlement / perpendiculairement par rapport aux parois du col. Le transfert de chaleur s'effectue de l'air froid vers les inserts par convection puis des inserts vers les parois du col par conduction. Comparé au cas précédent (méthode non intrusive), le transfert de chaleur est facilité compte tenu d'une plus grande surface d'échange au détriment d'une augmentation des pertes de charge à l'intérieur du col (augmentation de la surface de friction).

### *Transfert des frigories vers l'extérieur par une méthode intrusive (Figure 11)*

Le transfert de chaleur peut encore être amélioré par l'utilisation de tubes 66, montés à l'intérieur des venturis parallèlement à l'écoulement et dans lesquels circule un fluide à refroidir. Le transfert de chaleur s'effectue de l'air froid vers les tubes puis des tubes vers le fluide à refroidir circulant à l'intérieur des tubes, dans les deux cas par convection. Comparé aux cas précédents (méthodes non intrusive et semi intrusive), le transfert de chaleur est facilité par la relativement grande surface d'échange offerte par les tubes et la moindre résistance au transfert de chaleur. En revanche, l'efficacité du transfert de chaleur est obtenue au détriment d'une augmentation des pertes de charge à l'intérieur du col comparé au cas semi intrusif. Cette augmentation des pertes de charge résulte à la fois d'une augmentation de la surface de friction et d'une réduction de la section de passage.

S'il est difficile de réduire la surface de friction sans contrecarrer le transfert de chaleur, l'effet de la réduction de la surface de passage dans le col du venturi résultant de l'insertion de tubes dans ce col peut facilement être résolu par une augmentation de la section de passage du col conduisant à une même vitesse de passage de l'air au travers du col.

Comme il est montré sur la figure 6 représentant la chute de température en fonction de la vitesse du vent et du rapport des aires entrée du venturi – entrée du convergent 10, la variation de température, tout d'abord, très lente pour une valeur du rapport des aires élevée (vitesse en sortie relativement éloignée de la vitesse du son) est par la suite très rapide lorsque la valeur du rapport des aires est faible (vitesse en sortie s'approchant de la vitesse du son). De façon à réguler finement la température dans le col du venturi, plusieurs moyens peuvent être utilisés :

- le col principal est constitué de plusieurs cols élémentaires pouvant être ouverts ou fermés indépendamment les uns des autres,
- les cols élémentaires présentent différentes sections de passage : grande, moyenne et petite pour un réglage grossier, moyen et fin de la température,
- un ou plusieurs cols secondaires peuvent comprendre des vannes de réglage de façon à régler l'aire de passage.

### ***Effet booster en l'aval de l'élément venturi***

Le transfert des frigories de l'intérieur des venturis vers l'extérieur correspond à un apport de chaleur vers l'intérieur des venturis et, par conséquent, à une augmentation de l'énergie interne de l'air circulant dans ces derniers. La transmission progressive de la chaleur en provenance de l'extérieur engendre une dilatation de l'air et, par conséquent, une augmentation de la vitesse de passage de l'air dans les cols de venturi.

L'augmentation de vitesse correspond à une augmentation d'énergie cinétique dans la partie aval des cols. Elle contribue à faciliter l'extraction d'air en aval du col de venturi et, par conséquent, à faciliter l'écoulement au travers des cols. La figure 12 illustre ce principe.

- 10 Les frigories  $C$  produites à l'intérieur du venturi sont évacuées vers un milieu extérieur chaud fournissant en retour au venturi une chaleur  $H_e (= -C)$  au travers de l'échangeur  $Exh$ . La chaleur apportée par le milieu extérieur contribue à augmenter la température du gaz en sortie du venturi, à dilater son volume et, par conséquent, à augmenter sa vitesse et son énergie cinétique.
- 15 En conclusion, si le système à venturi ne devait pas subir de pertes de charge et si la surface de la section de sortie était égale à celle de l'entrée, l'énergie potentielle en sortie serait égale à celle de l'entrée tandis que l'énergie cinétique en sortie serait supérieure à celle de l'entrée du fait de l'apport d'énergie extérieure et de l'absence de pertes. Sur la base de l'hypothèse précédente, une énergie cinétique  $E_{c2} > E_{c1}$  contribue à faciliter
- 20 l'écoulement du fluide au travers du venturi (prise en compte des pertes de charge et des pertes par décollement).

### ***Activation de l'écoulement dans le venturi par transfert de chaleur***

Comme il est précisé ci-dessus, un apport de chaleur le long du venturi occasionne une dilatation de l'air et une augmentation de la vitesse de l'air circulant dans le venturi facilitant son écoulement.

L'écoulement de l'air peut être activé par un apport supplémentaire de chaleur venant en complément de la chaleur apportée lors du prélèvement des frigories. Cet apport de chaleur supplémentaire est réalisé dans la partie aval du venturi de façon à ne pas perturber la

30 fonction du venturi qui est la fourniture de frigories.

### *Activation de l'écoulement dans le venturi par apport d'énergie mécanique*

Par vent faible, la production de froid est également faible.

Pour activer la fonction principale du venturi, il est possible d'apporter un complément  
5 d'énergie en activant la circulation de l'air à l'intérieur des venturis au moyen de ventilateurs situés en aval des cols élémentaires de venturi.

### Caractéristiques de l'élément machine (11)

L'élément machine pour la capture de l'énergie peut être monté en association avec le  
10 système de production de froid.

Cet élément est constitué d'un ensemble de machines pouvant être montées, par exemple, en rectangle ou en cercle. L'invention ne se limite pas à ce type de configurations géométriques.

#### - Montage rectangulaire (Figures 13a et 13b):

15 L'élément principal 11 est constitué d'un ensemble d'éléments élémentaires 20 sensiblement de section carrée. La section carrée comprend en amont un cône 21 alimentant une section cylindrique dans laquelle se trouvent les pales (ou aubes) des turbines. Les pales 22 des turbines entraînent par un arbre 24 une machine 25 absorbant l'énergie fournie par les pales.

20 Les machines entraînées par les turbines peuvent être, par exemple, des alternateurs pour la fourniture d'énergie électrique, des compresseurs pour la compression d'un gaz (air ou autre) ou des pompes pour le relevage de la hauteur hydrostatique d'un liquide. Les rotors peuvent éventuellement être désaccouplés individuellement en vue de la maintenance d'un élément de machines tournantes. La figure 13b représente une coupe selon AA' de la figure  
25 13a.

#### - Montage circulaire (Figures 14a et 14b):

L'élément machine principal 11 est constitué d'un ensemble d'éléments élémentaires en forme de secteurs angulaires. Chaque secteur comprend en amont un cône 31 collectant l'air et alimentant une section cylindrique 33 dans laquelle se trouvent les pales (ou aubes)

des turbines. Les pales 32 des turbines entraînent par un arbre 34, soit une machine absorbant directement l'énergie, soit un pignon d'engrenage 35. L'ensemble des engrenages 35 peut entraîner une couronne d'engrenage 36. Sur cette couronne, d'autres pignons d'engrenage peuvent entraîner des alternateurs, des compresseurs ou des pompes (non représentés). Ces machines sont de préférence montées sur l'extérieur de la couronne de façon à ne pas perturber l'écoulement d'air au travers des éléments turbines.

Les machines entraînant (turbines) ou entraînés peuvent être désaccouplées au niveau des engrenements (secondaires ou principal) de façon à permettre le démontage d'une ou plusieurs machines, par exemple pour leur maintenance.

10 Comparées à des éoliennes à pales, les turbines de la présente invention sont de très petit diamètre, 10 à 100 fois plus petit que celui d'une pale classique et peuvent, par conséquent, tourner à une vitesse considérablement plus élevée que celle d'une éolienne à pales. Cette vitesse peut être de l'ordre, ou un multiple, de 1500 tours/min (pour les pays alimentés en 50 Hz) ou 1800 tours/min (pour les pays alimentés en 60 Hz). Ces vitesses sont  
15 admissibles pour deux raisons principales:

- adaptation aérodynamique possible à ces vitesses,
- pas de fortes contraintes centrifuges limitant la rotation des turbines à de faible vitesse comme c'est le cas avec une éolienne à pales conventionnelle.

Compte tenu de cette vitesse de rotation élevée, les turbines peuvent entraîner en direct les machines absorbant l'énergie que ce soit des alternateurs, des compresseurs ou des pompes sans nécessiter la présence de multiplicateurs de vitesse.

#### Diffuseur en sortie d'un élément de turbine (Figure 15)

De façon à limiter les pertes par diffusion en aval d'un élément de turbine, chaque élément est suivi d'un élément diffuseur 23 ayant une forme divergente. Cet élément permet, par ailleurs, de limiter les pertes par mélange entre plusieurs éléments adjacents.

#### Système comprenant un très grand nombre de turbines et contrôle du système

De façon à faciliter l'écoulement de l'air en amont de chaque turbine, les turbines sont montées les unes par rapport aux autres sous la forme d'un cône, ou sensiblement conique,

dans le prolongement du cône d'entrée 10 (Figures 17a et 17b). Ainsi, les turbines montées sur les parties extérieures périphériques sont montées selon la figure 10a. Les turbines dans un plan passant par l'axe du cône sont montées selon la figure 17b.

Le nombre d'éléments turbines en fonctionnement est défini selon la vitesse du vent, de façon à obtenir une vitesse proche de la vitesse optimum en amont de chaque turbine individuelle. Ainsi, cela permet de s'approcher d'un fonctionnement à vitesse constante et toujours proche du rendement optimum. Certaines turbines sont, par conséquent, arrêtées ou démarrées pour le maintien de ce paramètre en amont des turbines en fonctionnement, à l'aide de moyens électroniques de contrôle et de commande permettant d'asservir le nombre de turbines en fonction de la vitesse du vent. La stratégie peut être:

- Par vent faible, la plupart des turbines sont à l'arrêt jusqu'au maintien en rotation d'une seule turbine pour un vent à l'entrée du cône 10 avec une vitesse correspondant à la condition minimum. Cette vitesse minimum est très inférieure à la vitesse minimum requise par une éolienne à pales conventionnelle compte tenu des dimensions relatives de chaque rotor. Par ailleurs, une turbine fonctionnant avec une vitesse d'air optimum en amont de son rotor (vitesse en amont du cône au prorata des surfaces) opère avec un rendement aérodynamique élevé très nettement supérieur au rendement d'une éolienne à pales à la vitesse de vent correspondant au décollage des pales et à un rendement voisin de zéro. Dans cette situation, les entrées d'air des turbines à l'arrêt sont fermées (système de fermeture non représenté sur les schémas) de façon à concentrer l'air au niveau de la, ou des turbines, en fonctionnement.
- Par vent élevé, la plupart des turbines sont en fonctionnement jusqu'à la mise en service de la totalité des turbines par vitesse de vent très élevée (vitesse maximum). Cette facilité permet de recueillir de l'énergie à une vitesse de vent très élevée contrairement à une éolienne à pales conventionnelle qui est, soit arrêtée, soit plafonnée en puissance pour une question de protection mécanique des différents éléments (principalement les pales). Ce fonctionnement des turbines est obtenu avec un rendement aérodynamique optimum au niveau de chaque turbine, la vitesse de l'air à l'entrée de chaque turbine étant optimum. Par une vitesse de vent dépassant celle correspondant à la mise en service de toutes les turbines (fonctionnement théorique des turbines au delà de la vitesse et de la puissance

optimum), des moyens d'ouverture 110 (Figures 17a et 17b) disposés dans la paroi du cône d'entrée sont actionnés de façon à dévier une partie de l'air (donc de son énergie) vers l'extérieur du cône d'entrée (des turbines) et ainsi maintenir une vitesse optimum à l'entrée de chaque turbine. Ces moyens de contournement d'air sont actionnés de façon naturelle, par exemple, sous l'effet de la pression du vent (force supérieure à la force de rappel d'un ressort) ou de façon contrôlée (système motorisé), de façon à maintenir une vitesse optimum au niveau des turbines.

- Par vent moyen, les turbines sont mises en service en fonction de la vitesse du vent sur la base d'un fonctionnement des turbines avec une vitesse de rotation optimum (rendement optimum). Un trop grand nombre de turbines en fonctionnement aurait tendance à faire fonctionner les turbines en sous régime (vitesse trop lente avec rendement diminué). A l'inverse, un nombre de turbines en fonctionnement trop faible aurait tendance à faire fonctionner les turbines en sur régime (vitesse trop élevée avec un rendement diminué associé à des contraintes mécaniques élevées).

15

#### Intégration de l'élément machine et de l'élément venturi

Les éléments machine et venturi en vue de la production, respectivement, d'énergie et de froid peuvent être intégrés dans le montage en aval du système concentrateur d'énergie. Toutefois, ces éléments peuvent fonctionner simultanément ou indépendamment les uns des autres selon les priorités de fourniture et selon les conditions atmosphériques et de stockage. Quelques exemples ou tendances sont donnés ci-dessous à titre indicatif :

- par vent faible, un seul élément (ou une partie d'un élément) sera mis en fonctionnement pour la fourniture soit d'une faible quantité de froid soit d'une faible quantité d'énergie,
- 25 - par vent avec une vitesse très élevée, il pourra être envisagé de faire fonctionner les deux (ou une partie des deux) simultanément tout en maintenant la production de froid, le contrôle étant assuré sur les turbines (nombre de turbines à mettre en service) pour absorber l'excédent d'énergie
- en fonction des variations saisonnières, il pourra être choisi d'abandonner la  
30 production de froid au profit d'une production d'énergie

- le choix de la mise en service des cols de venturi et des turbines dépendra également de la réserve d'énergie dans le système de stockage

La figure 16 montre en vue de face un élément concentrateur d'énergie en direction de l'élément turbine 11 et de l'élément venturi 13 composés d'éléments 70 disposés au centre de l'élément machine.

La figure 17a montre en vue de coupe longitudinale des éléments concentrateur d'énergie 10, machines 11, venturis 13. La vue représente un ensemble de machines et de cols montés sous la forme d'un cône en aval de l'élément concentrateur d'énergie de façon à faciliter l'écoulement de l'extérieur vers l'intérieur de l'élément concentrateur d'énergie et plus particulièrement, lorsque les venturis sont les seuls en fonctionnement (turbines hors service).

La figure de gauche représente les équipements montés sur les parties extérieures (haut, bas, gauche et droite). La figure de droite représente une coupe passant par l'axe du système.

15

#### Caractéristiques de l'élément d'extraction d'air 12 (Figures 1, 18a, 18b, 19, 17b)

Les éléments machine et venturi peuvent être suivis d'un extracteur d'air de façon à faciliter l'écoulement au travers de ces éléments.

L'air sortant de l'élément turbine par la surface 17 pénètre à l'intérieur du cône de sortie divergent. Au cours de la traversée du cône de sortie, la vitesse d'écoulement est progressivement diminuée et la pression statique de l'air augmentée pour faciliter son évacuation du cône de sortie au travers de la surface 18.

Pour faciliter la sortie de l'air, l'angle du cône divergent est limité à une valeur faible, comme il est connu de l'homme du métier, pour limiter les pertes par décollement de la veine.

Pour faciliter la sortie de l'air, le cône de sortie est enveloppé d'un second cône 40 (Figure 18a), ce dernier, convergent et d'ouverture orientée dans la direction du vent. L'enveloppe conique présente une surface d'entrée 45 supérieure à celle de l'entrée 15 du cône d'entrée convergent 10 et également supérieure à celle de la sortie 18 du cône de sortie divergent 12.

30

L'air pénétrant par l'entrée 45 de l'enveloppe 40 est dirigé par des conduits 51 vers des éléments 50 diffusant l'air extérieur avec une énergie cinétique élevée vers l'intérieur du cône de sortie en vue de l'entraînement de l'air sortant de l'élément turbine 11 avec une énergie cinétique plus faible. L'air pénètre dans les conduits 51 par des orifices de grande dimension 47.

Des orifices de plus petite dimension à la surface de l'entrée 45, comme à la surface de la partie extérieure du cône de sortie 12 permettent l'entrée d'air à l'intérieur de ce cône sans l'utilisation de conduit en vue de l'entraînement de l'air à proximité de la paroi du cône de sortie.

10 Les éléments 50 sont montés à intervalle régulier à l'intérieur du cône de sortie 12. Ils sont alimentés par les conduits 51 et 49 transférant l'air extérieur vers l'intérieur du cône provenant, pour les conduits 51, des parties latérales et, pour les conduits 49, de la partie supérieure du cône de sortie. L'air introduit dans les éléments 50 est redistribué à l'intérieur du cône de sortie au travers d'orifices 48.

15

La figure 17b représente schématiquement un montage de l'extracteur divergent aval 12 relativement aux éléments machines et venturis ainsi que de l'enveloppe du convergent 40 autour du divergent 12.

## REVENDICATIONS

- 1) Système pour la production de froid, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif concentrateur d'énergie éolienne en forme de convergent (10) dont la sortie  
5 communique avec l'entrée d'un élément de production de froid comportant une pluralité de cols de venturi (13) et des moyens d'échange de chaleur.
- 2) Système selon la revendication 1, dans lequel la sortie dudit concentrateur communique également avec l'entrée d'un élément machine (11) comportant une pluralité de turbines (20) de captation de l'énergie éolienne.
- 10 3) Système selon la revendication 2, dans lequel les turbines et les cols sont assemblés pour former la section de sortie dudit concentrateur convergent.
- 4) Système selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel la sortie de l'élément de production de froid et/ou de l'élément machine communique avec l'entrée d'un extracteur d'air (12) en forme de divergent.
- 15 5) Système selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ledit extracteur d'air est entouré d'un convergent (40) de façon à diffuser un courant d'air dans ledit extracteur d'air.
- 6) Système selon l'une des revendications précédentes, comportant des moyens de contrôle et de commande du fonctionnement des turbines et/ou des cols en fonction de  
20 la vitesse du vent.
- 7) Système selon l'une des revendications précédentes, comportant plusieurs moyens d'échange de chaleur répartis sur la longueur des cols de venturi.
- 8) Système selon l'une des revendications précédentes, dans lequel lesdites turbines et/ou les cols sont assemblés dans un élément de section carrée, rectangulaire ou circulaire.
- 25 9) Système selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ledit concentrateur d'énergie comporte des moyens de déviation de l'air hors dudit concentrateur.
- 10) Système selon la revendication 9, dans lequel lesdits moyens de déviation comportent des volets commandés en fonction de la vitesse du vent.

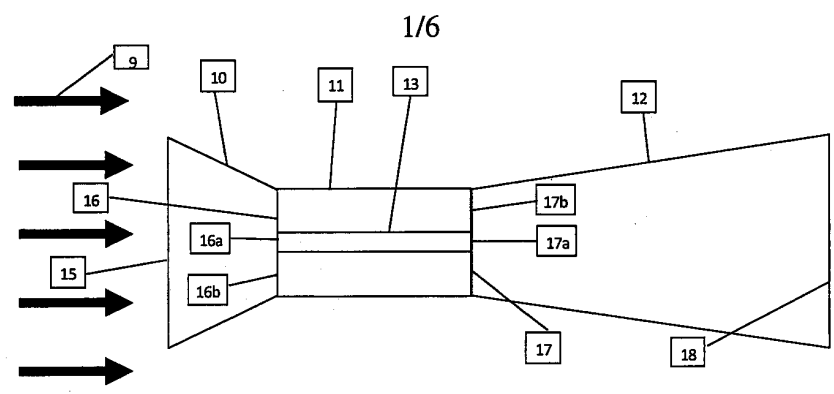


Figure 1

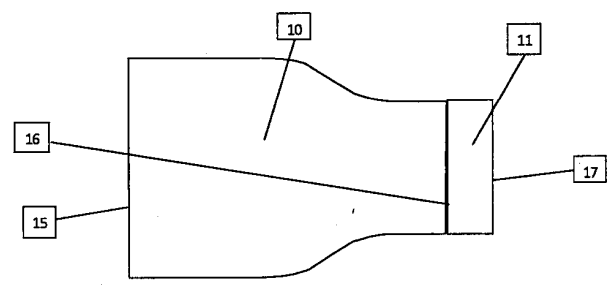


Figure 2

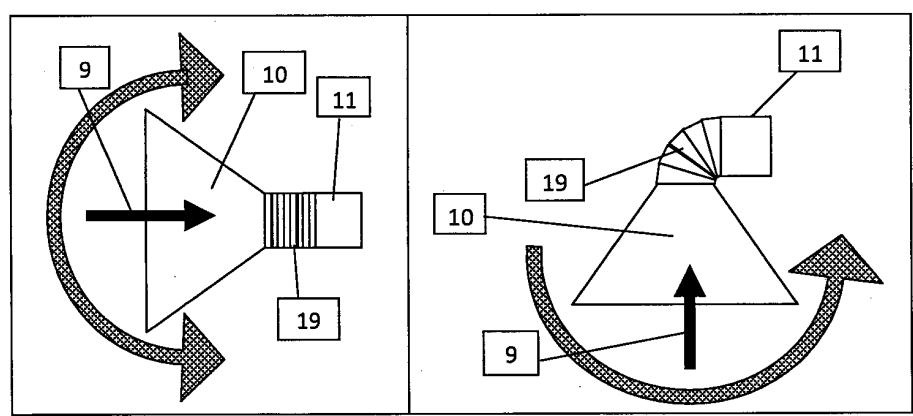


Figure 3a

Figure 3b

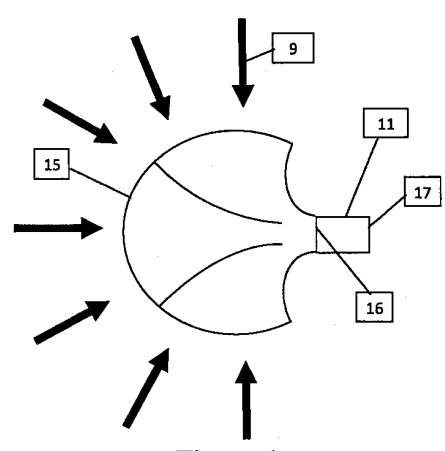


Figure 4

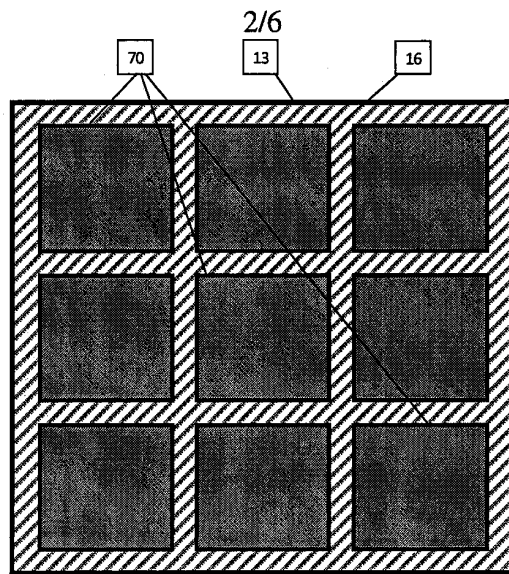


Figure 5

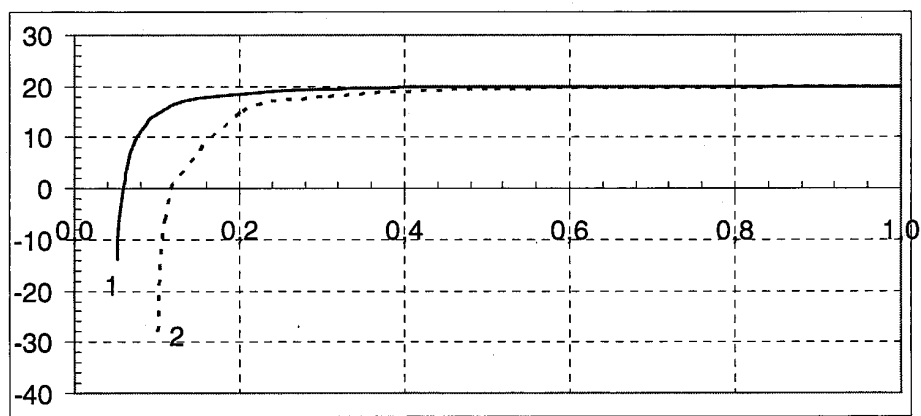


Figure 6

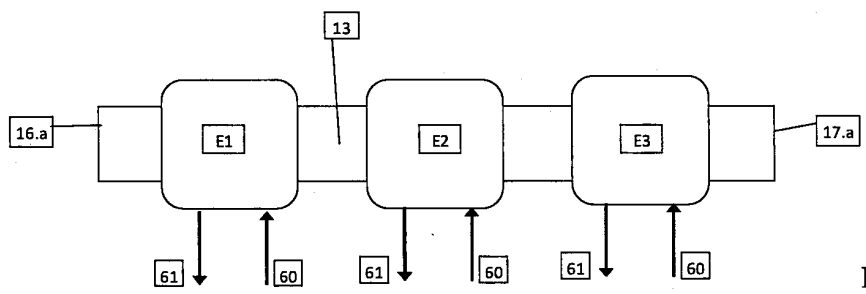


Figure 7

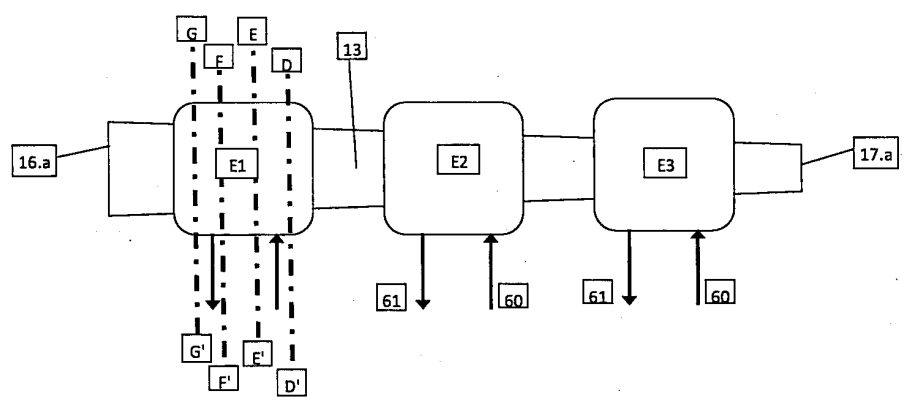
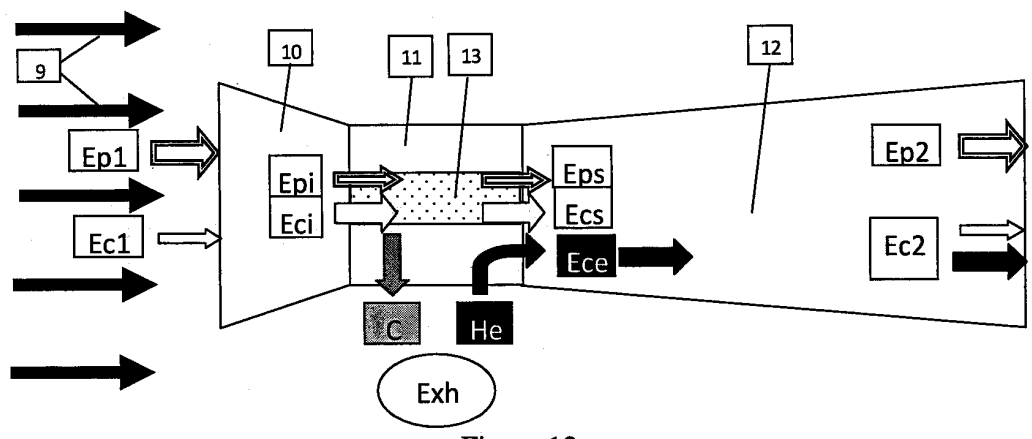
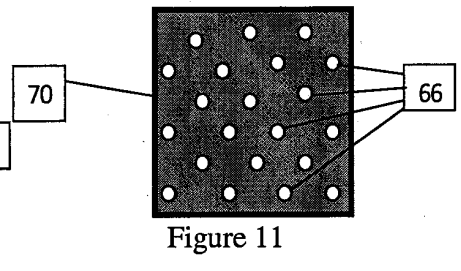
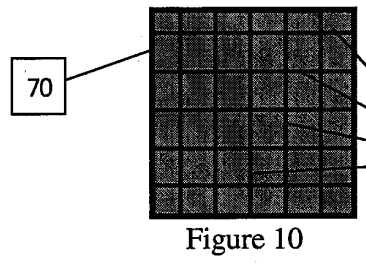
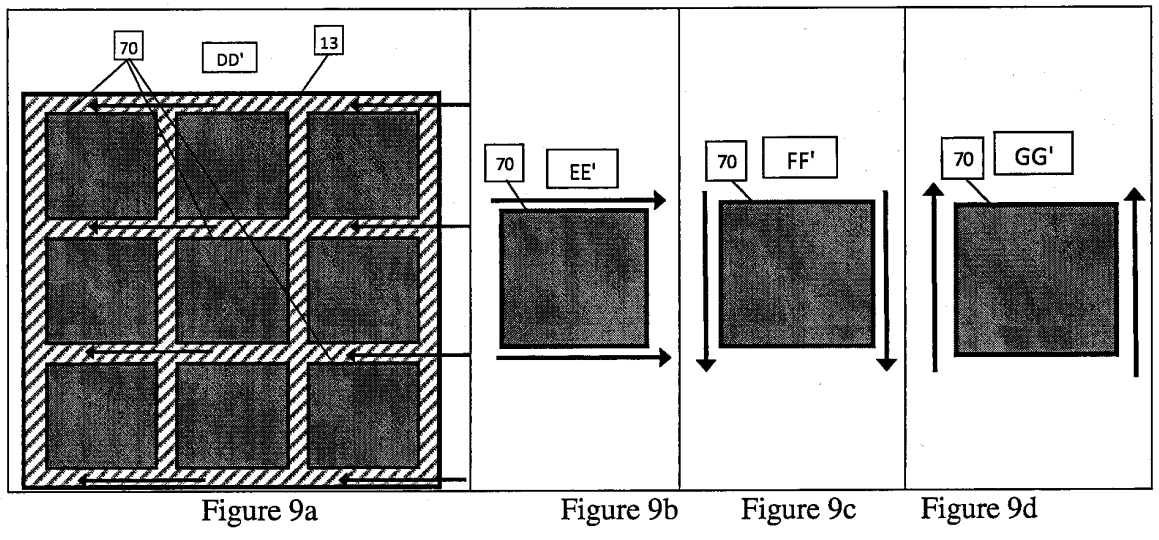


Figure 8



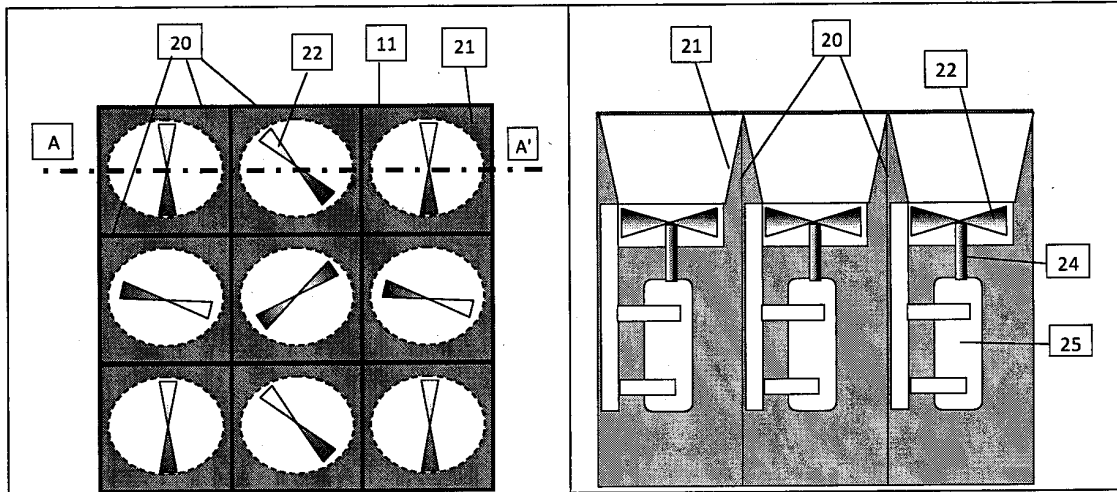


Figure 13a

Figure 13b

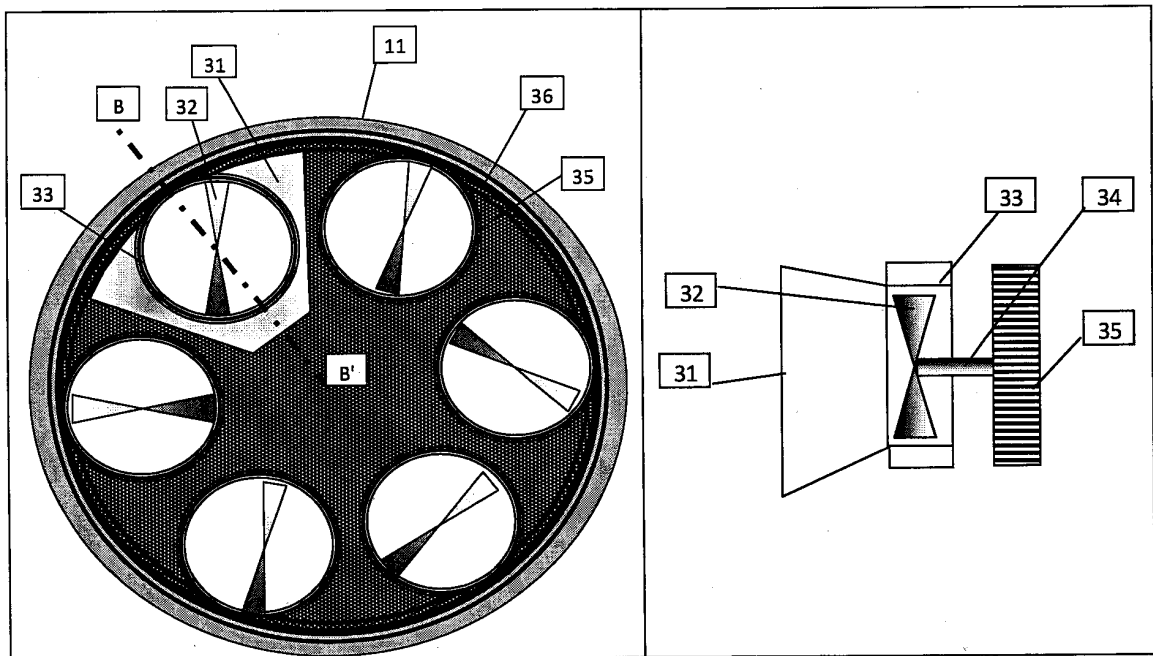


Figure 14a

Figure 14b

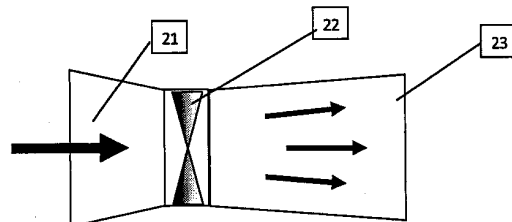


Figure 15

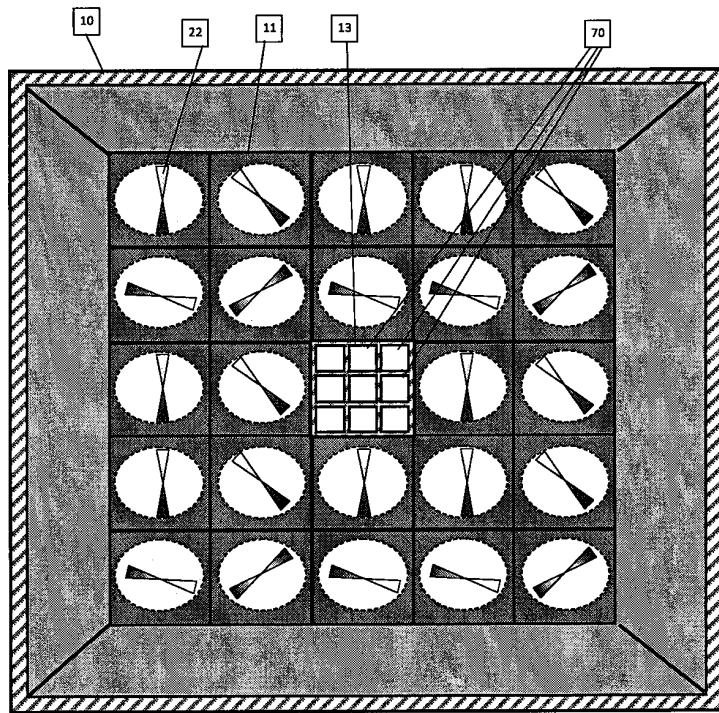


Figure 16

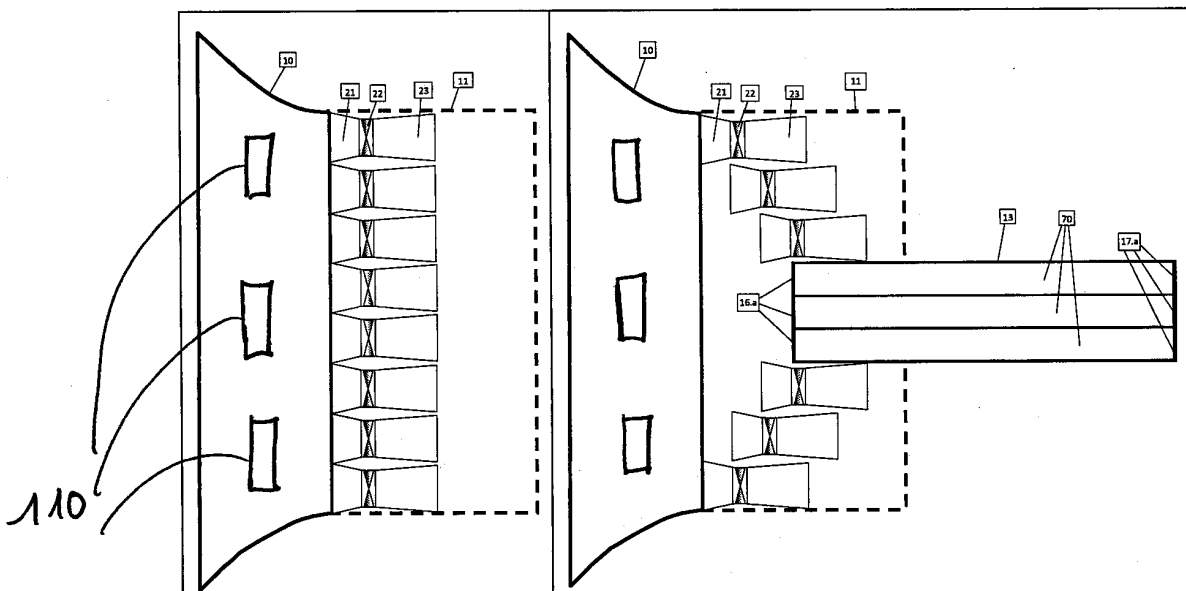


Figure 17a

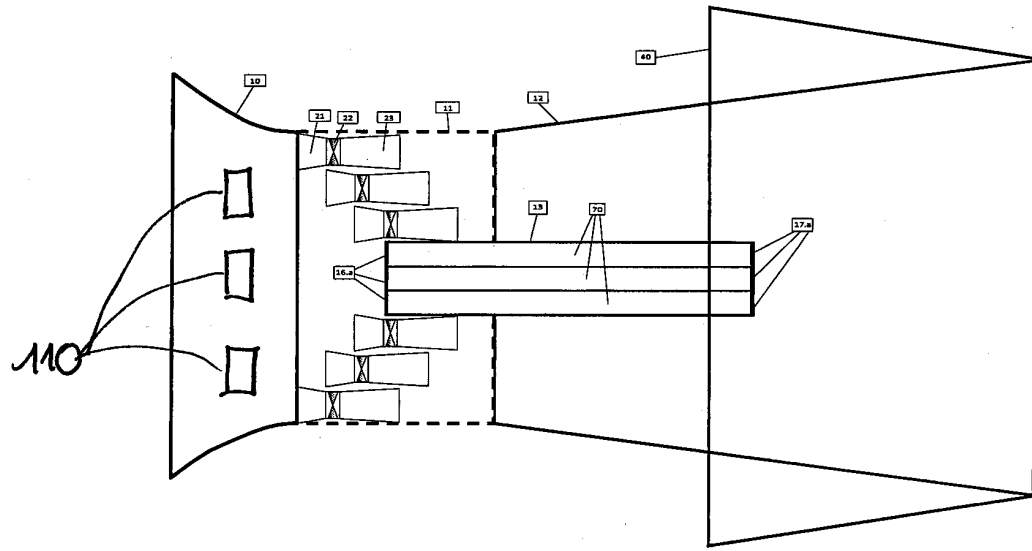


Figure 17b

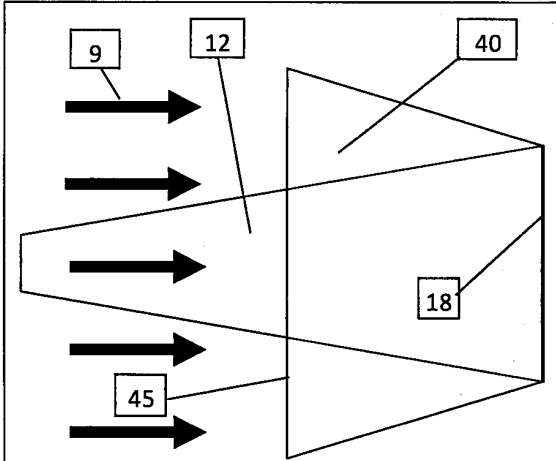


Figure 18a

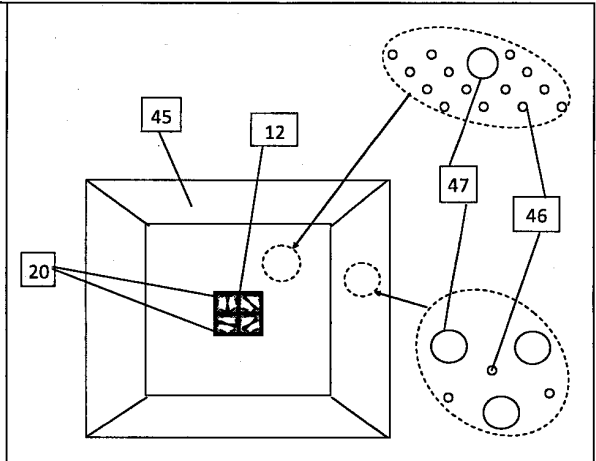


Figure 18b

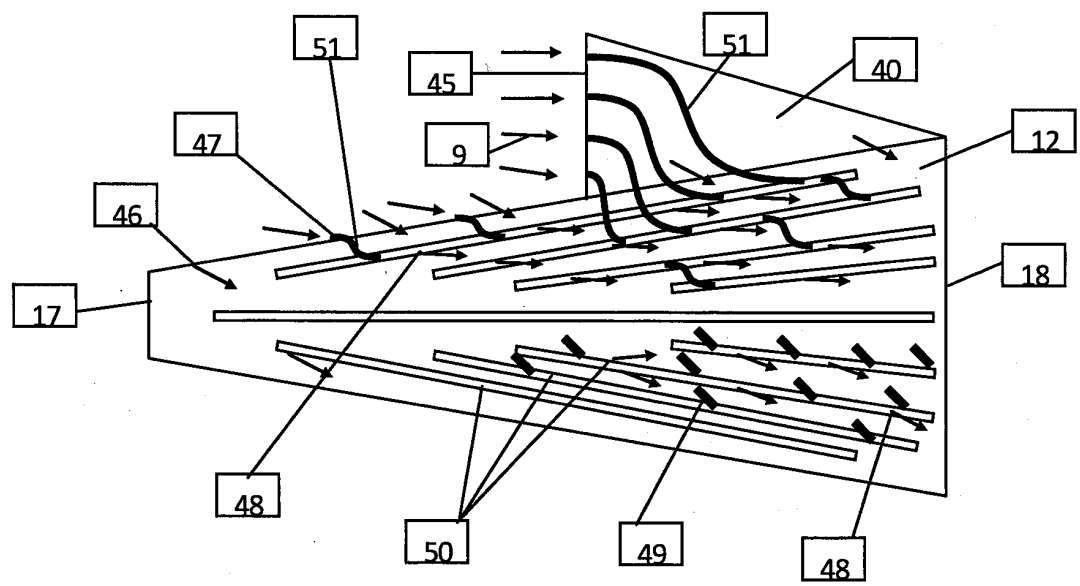


Figure 19



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

FA 731876  
FR 0906324

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	WO 2008/018078 A2 (HIRSHBERG ISRAEL [IL]) 14 février 2008 (2008-02-14) * page 7, ligne 23 - page 8, ligne 21; figures *	1-10	F25B27/00 F03D1/02 F03D1/04
Y	FR 754 609 A (M.RAYMOND JAMIN) 9 novembre 1933 (1933-11-09) * page 5, ligne 9-15; figure 8 *	1-10	
A	CA 482 104 A (SZCZENIOWSKI BOLESŁAW) 1 avril 1952 (1952-04-01) * le document en entier *	1-10	
A	US 3 200 607 A (WILLIAMS VIRGIL C) 17 août 1965 (1965-08-17) * le document en entier *	1-10	
A	WO 2007/017741 A2 (MACHFLOW ENERGY INC [US]; WILLIAMS ARTHUR R [US]; AGOSTA CHARLES C [US]) 15 février 2007 (2007-02-15) * le document en entier *	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) F25B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
23 juillet 2010		Ritter, Christoph	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul                      Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie                      A : arrière-plan technologique                      O : divulgation non-écrite                      P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention                      E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.                      D : cité dans la demande                      L : cité pour d'autres raisons                      &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0906324 FA 731876**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.  
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **23-07-2010**  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2008018078 A2	14-02-2008	US 2010162685 A1	01-07-2010
FR 754609 A	09-11-1933	AUCUN	
CA 482104 A	01-04-1952	AUCUN	
US 3200607 A	17-08-1965	AUCUN	
WO 2007017741 A2	15-02-2007	AU 2006277743 A1	15-02-2007
		CA 2618728 A1	15-02-2007
		CN 101317047 A	03-12-2008
		EP 1963756 A2	03-09-2008
		JP 2010500524 T	07-01-2010
		KR 20080059552 A	30-06-2008