

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 01314

(54)

Dispositif de transmission pneumatique d'énergie.

(51)

Classification internationale (Int. Cl.³). F 02 B 63/04, 61/06; F 16 H 39/01.

(22)

Date de dépôt..... 22 janvier 1980.

(33) (32) (31)

Priorité revendiquée :

(41)

Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 30 du 24-7-1981.

(71)

Déposant : LE FLOCH Jean, résidant en France.

(72)

Invention de : Jean Le Floch.

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire :

La présente invention concerne un dispositif de transmission d'énergie pneumatique dont le rendement thermique est nettement supérieur aux installations classiques où le récepteur est accouplé directement au générateur.

5 Dans les dispositifs connus de ce genre, il est fait usage pour le générateur de compresseurs à pistons dotés de soupapes automatiques d'aspiration et de refoulement d'air dont l'inertie interdit des vitesses de rotation élevées donc un poids prohibitif du générateur. La présence de ces clapets sur la culasse diminue 10 la surface de réfrigération la plus efficace de l'air en cours de compression ce qui entraîne l'augmentation de la puissance absorbée. Le rendement énergétique du récepteur est médiocre du fait des pertes à l'échappement et de la faible température de l'air à son admission

Le dispositif de transmission d'énergie, objet de l'invention 15 permet d'éviter ces inconvénients. Le générateur est un moteur à combustion interne à injection deux temps à pistons opposés dont les cylindres sont disposés en étoile. Ces derniers sont au nombre de trois ou de six. Les pistons inférieurs qui découvrent les lumières de balayage sont attelés au vilebrequin. Les pistons supé- 20 rieurs qui découvrent les lumières d'échappement sont liés mécaniquement aux pistons du compresseur d'air et au vilebrequin. Le piston moteur est doté d'une cavité en relation permanente avec la cylindrée du compresseur dont l'air en cours de compression ou en détente permet une réfrigération efficace de ce piston dont la 25 fatigue thermique est très élevée. Pendant la phase détente de l'air de l'espace mort du compresseur une fraction de ces calories est transformée en travail moteur. Les compresseurs d'air sont dotés d'une distribution commandée : tiroirs cylindres ou robinet rotatif dont la variation de calage angulaire par rapport à l'arbre 30 moteur permet une variation progressive du débit d'air aspiré. Pour un générateur à trois cylindres, deux de ceux-ci constituent la phase basse pression et le troisième la phase haute pression. La pompe de balayage du moteur deux temps du générateur n'est pas attelée mécaniquement à son vilebrequin. Cette fonction est assurée 35 par deux turbo compresseurs disposés en série : le premier mu par l'échappement du récepteur aspire l'air atmosphérique pour le refouler à l'aspiration du deuxième turbo compresseur mu par les gaz d'échappement du générateur. Cylindres moteurs et cylindres basse pression du générateur sont alimentés par le même collecteur. La 40 pression absolue dans le collecteur est de l'ordre de 2,1 bars.

Chaque phase de compression est suivie d'une réfrigération de l'air moteur. Dans une première version, le récepteur à pistons est doté d'une distribution commandée identique dans son principe à celui du générateur. Son couple moteur peut varier en grandeur 5 et en signe suivant la position du calage angulaire de la distribution par rapport à l'arbre moteur. L'admission de ce récepteur est équipée d'un réchauffeur d'air alimenté par les gaz d'échappement du deuxième turbo compresseur. Les cylindres moteurs sont munis d'ailettes qui reçoivent les fumées du récupérateur 10 précédent. L'air est stocké dans un réservoir dont la pression absolue en marche normale continue est de l'ordre de 11 bars, pendant certaines périodes cette pression peut atteindre 20 bars sur les engins de traction (freinage). Le générateur tourne à vitesse constante. Dans certaines installations fixes les cylindres bas- 15 se pression sont équipés d'un dispositif d'injection d'eau pure ce qui permet de diminuer la puissance absorbée. Le débit d'eau est fonction du débit d'air absorbé c'est à dire de la position de l'arbre de commande de la distribution par rapport à l'arbre moteur, laquelle dépend de la pression dans le réservoir d'air 20 comprimé.

Le récepteur dont les cylindres sont munis de lumières d'échappement aux points morts inférieurs des pistons moteurs, qui évacuent en fin de détente l'air admis au récepteur vers un éjecteur d'air. Cet air d'échappement possède une énergie cinétique 25 suffisante pour aspirer à travers le distributeur commandé, l'air refoulé par le piston moteur pendant la phase compression du cycle. Cet éjecteur compresseur fonctionne en partie comme un compresseur volumétrique : les "bouffées" sortant des lumières d'échappement du récepteur emprisonnent entre elles l'air aspiré dans 30 les cylindres moteurs. Le mélange d'air sortant de cet éjecteur se rend à l'admission du premier turbo compresseur. La contre pression pendant la phase compression est ainsi sensiblement réduite.

La distribution commandée, l'équilibrage partiel des forces 35 d'inertie alternatives par les forces de pression sur les pistons, l'absorption des calories présente dans le piston moteur qui découvre les lumières d'échappement du cylindre moteur du générateur autorisent une vitesse linéaire très élevée des pistons du générateur et du récepteur, gage d'une réduction du poids 40 de la transmission.

- 3 -

Dans une deuxième variante le récepteur est une turbine. L'air fourni par le générateur passe dans une chambre de combustion après avoir transité dans un récupérateur alimenté par les fumées des turbo compresseurs. La température à l'admission de la turbine est de l'ordre de 900 à 950 °C. La puissance fournie par la turbine est environ trois fois plus élevée que celle disponible à l'accouplement du récepteur à pistons décrit précédemment. La réduction de la température et du débit d'air permettent la diminution de la puissance fournie par la turbine. Plusieurs générateurs identiques peuvent fonctionner en parallèle sur la même turbine. Son démarrage exige la mise en marche du générateur effectué à l'air comprimé fourni par un compresseur auxiliaire. La marche à vide contrairement à la turbine à gaz classique n'exige pas une dépense calorifique importante.

15 Les facteurs qui contribuent à améliorer le rendement thermique du générateur sont les suivants ;

- Compression de l'air en trois phases avec réfrigération intermédiaire

- aspiration de la pompe de balayage

20 - récupération de l'énergie contenue dans les gaz d'échappement dans un turbo compresseur à grand débit d'air

- injection éventuelle d'eau pure dans les cylindres basse pression

- récupération partielle des calories absorbées par le piston moteur qui découvre les lumières d'échappement

25 - bon rendement mécanique dû à la disposition en étoile des cylindres moteurs

Les facteurs qui contribuent à améliorer le rendement thermique du récepteur sont les suivants :

30 dans une première version

- réchauffage de l'air à l'admission

- réduction de la contre pression résultant de la présence de l'éjecto compresseur

- récupération de l'énergie contenue à l'échappement des cylindres moteurs dans un turbo compresseur à grand débit

- réchauffage des cylindres moteurs par les gaz d'échappement du générateur

- bon rendement mécanique

Dans la deuxième version

40 - rapport de détente et température élevés à l'admission de la

turbine réceptrice.

- récupération de l'énergie contenue dans les gaz d'échappement dans un turbo compresseur et dans un réchauffeur d'air issu du générateur.

5 Dans cette deuxième version le rendement thermique de la transmission est de l'ordre de 0,46 sans injection d'eau dans les cylindres compresseurs basse pression du générateur, contre 0,32 dans une turbine à gaz classique munie de récupérateurs.

Dans la première version pour une application destinée à la 10 traction ce rendement de transmission est de l'ordre de 0,40 à la roue motrice contre 0,315 dans la disposition classique équipée d'embrayage, boîte de vitesses, paliers intermédiaires.

Dans les deux versions la diminution du rendement thermique est beaucoup moins rapide que dans les installations classiques 15 car l'efficacité de la réfrigération de l'air en cours de compression dans le générateur est meilleure aux faibles charges, le taux de détente du récepteur à pistons augmente, la température des gaz d'échappement du générateur reste sensiblement constante car le rapport poids de combustible poids d'air reste constant : seule la pression d'air de balayage diminue. 20

Dans un véhicule la marche avant, la marche arrière, le freinage sont assurés par la commande d'un seul levier qui agit sur le calage de l'arbre de commande de la distribution par rapport à l'arbre moteur. Pendant les descentes le générateur peut être 25 arrêté.

Les organes de cette transmission peuvent être utilisés séparément dans d'autres applications. Le générateur peut devenir un compresseur d'air indépendant mais il doit être équipé d'une pompe de balayage attelée à l'arbre moteur et dont l'air aspiré 30 est fourni par un turbo compresseur ou par les gaz d'échappement des cylindres moteurs tandis que l'air refoulé est dirigé vers les cylindres basse pression et les tubulures d'admission d'air de balayage des cylindres moteurs.

Le récepteur à pistons peut être utilisé comme machine à 35 vapeur d'eau qui est dirigée à sa sortie vers l'éjecto compresseur et la turbine de récupération dont l'échappement est conduit vers des utilisateurs exigeant un apport thermique. Cette disposition contrairement à la turbine à vapeur classique à contre pression permet d'utiliser de faibles débits de vapeur. Le rendement de 40 l'installation concernant la fourniture d'énergie électrique est

- 5 -

très élevé. Le choix :

- du nombre de cylindres
- du nombre de récepteurs
- de la vitesse de rotation

5 - du rapport de détente qui permet d'accepter des pressions d'admission variant de 55 bars (2 cylindres haute pression et 4 cylindres basse pression) à 6 bars pour un même type de modèle est envisageable.

Ces récepteurs peuvent être accouplés à des moteurs asynchrone-10 nes à double cage fonctionnant en génératrices au dessus de la vitesse de synchronisme.

Le récepteur peut être utilisé comme un détendeur de gaz avec fourniture d'énergie électrique, ou comme compresseur de gaz. Dans ce dernier cas un compresseur rotatif ou centrifuge lié mécanique-15 ment à l'arbre moteur permet d'augmenter le débit de fluide aspiré ; la pression de refoulement de ce compresseur de suralimentation est de l'ordre de 1,2 bar absolue. Compresseurs frigorifiques, pompes à chaleur avec possibilité de récupération partielle de l'énergie de compression, sont du domaine de son appli-20 cation.

Les dessins annexés représentent :

- les schémas du dispositif de transmission d'énergie dans les deux versions.

- une vue partielle en coupe du générateur d'air comprimé
- 25 - une vue partielle en coupe du récepteur à pistons
- les épures et diagrammes de fonctionnement du générateur et du récepteur.

La figure 1 représente le schéma de la transmission pneumatique de la première version. Les numéros de référence indiqués 30 par les chiffres concernent :

- 1 - le générateur (3 cylindres)
- 2 - le récepteur
- 3 le premier turbo compresseur alimenté par l'échappement du récepteur
- 35 4 - le deuxième turbo compresseur alimenté par les gaz d'échappement du générateur
- 5 - l'éjecteur alimenté par l'échappement principal du récepteur
- 6 - un réfrigérant d'air
- 7 - un réfrigérant d'air
- 40 8 - un réfrigérant d'air

- 6 -

- 9 - un réfrigérant d'air
- 10 - une soupape de sécurité
- 11 - le réservoir d'air comprimé
- 12 - Le compresseur auxiliaire pour le démarrage du générateur
- 5 13 - groupe d'auxiliaires mus par un moteur à air comprimé à deux phases.
- 14 - soupape de démarrage du générateur
- 15 - soupape d'admission d'air permettant d'obtenir une pression absolue de l'ordre de 1,1 bar à l'admission du générateur
- 10

Les clapets de retenue non référencés permettent la marche en compresseur d'air du récepteur.

La figure 2 représente le schéma de la transmission pneumatique de la deuxième version. Les numéros de référence indiqués

15 par les chiffres concernent :

- 16 - la turbine à gaz
- 17 - le récepteur entraîné par la turbine
- 18 - la chambre de combustion
- 19 - la soupape de réglage du débit de combustible
- 20 20 - la soupape de réglage du débit d'air

Les autres références concernent les mêmes appareils que ceux de la figure 1

La figure 3 représente une vue partielle en coupe du générateur. Les numéros de référence indiqués par les chiffres concernent :

- 1 - le cylindre moteur
- 2 - le piston qui découvre les lumières de balayage
- 3 - le piston qui découvre les lumières d'échappement
- 4 - la cavité de ce dernier piston
- 30 5 - le piston compresseur d'air
- 6 - l'arbre moteur
- 7 - le tiroir de distribution
- 8 - l'arbre de commande des distributeurs
- 9 - le train d'engrenage de commande de l'arbre des distributeurs
- 35
- 10 - la tige de commande du déplacement angulaire de l'arbre 8 par rapport à l'arbre moteur. Cette tige est munie d'un clavetage hélicoïdal réversible à multiples filets dont le déplacement axial provoque le décalage angulaire
- 40

- 7 -

à l'arbre moteur

- 11 - le piston de commande de la tige 10 - son déplacement est fonction des variations de pression dans le réservoir d'air comprimé
- 5 12 - l'engrenage de commande du pignon 13
- 13 - le pignon de commande de l'arbre de distribution
- 14 - l'orifice de communication avec le réservoir d'air comprimé
- 15 - les lumières d'admission ou de refoulement d'air
- 10 16 - les lumières de refoulement d'air
- 17 - la tubulure de refoulement
- 18 - la tubulure d'aspiration
- 19 - Les ailettes de refroidissement d'air en cours de compression

15 Le dispositif éventuel d'injection d'eau pure n'a pas été représenté sur cette figure.

La figure 4 représente une vue partielle en coupe du récepteur. Les numéros de référence indiqués par les chiffres concernent :

- 1 - l'arbre moteur
- 20 2 - la came de commande des organes de distribution
- 3 - la tige de commande qui permet le décalage angulaire de la came de commande par rapport à l'arbre moteur et dont le fonctionnement est identique à celui du générateur.
- 25 4 - la tige de commande permettant le déplacement axial de la tige 3. Cet organe est placé sous le contrôle du dispositif permettant la variation du couple moteur
- 5 - l'organe de distribution permettant un contact permanent entre galet et came (2 par cylindre)
- 30 6 - les cylindres moteurs avec leurs ailettes de réchauffage
- 7 - l'orifice d'échappement primaire qui évacue les "bouffées" d'air haute pression vers l'éjecteur
- 8 - l'orifice d'échappement secondaire qui évacue l'air refoulé par le piston vers la tubulure d'admission de l'éjecteur.
- 35 9 - la tubulure d'admission d'air réchauffé
- 10 - l'enveloppe qui permet la distribution des fumées sur les ailettes.

Lorsque le couple moteur devient négatif (freinage) le récepteur
40 fonctionne en compresseur l'air aspiré par les orifices 7 & 8 est

- 8 -

refoulé vers le réservoir d'air comprimé.

Le dessin de la figure 5 représente l'épure et le diagramme de fonctionnement du cycle du générateur. La référence 1 représente le diagramme basse pression, tandis que la référence 2 indique celui de la haute pression. Les traits pleins représentent le fonctionnement du système à débit d'air aspiré maximum et les traits en pointillé celui à faible charge. La pression dans le réservoir augmente lorsque la charge du générateur diminue ce qui permet d'augmenter le couple de démarrage du récepteur. Aux faibles charges le débit d'air aspiré est en partie refoulé par la tubulure 18 de la figure 3. Le décalage angulaire de la distribution dans le même sens que celui de l'arbre moteur est inférieur à 90°

Le dessin de la figure 6 représente l'épure et le diagramme 15 de fonctionnement du récepteur à pistons. Les traits pleins figurent le diagramme lorsque le couple moteur est maximum et que la vitesse linéaire du piston est de l'ordre de 10 m/sec. Les traits pointillés représentent le diagramme à couple moteur réduit.

20 Le dessin de la figure 7 représente le fonctionnement du récepteur lorsque le couple moteur est négatif (freinage). Celui-ci dépend de la grandeur de l'angle de calage de la distribution. Ce couple augmente quand la vitesse du récepteur diminue : la valeur de la décélération croît quand la vitesse de l'engin entraîné diminue. Si le conducteur du véhicule n'intervient pas celui-ci se met en marche arrière et dans cette phase le couple moteur est fonction de l'angle de calage de la distribution.

La première variante de l'invention peut être utilisée dans tous les cas où le couple moteur change fréquemment en grandeur 30 et en signe et lorsque la puissance demandée se situe entre 150 cv et 1000 cv. La présence de plusieurs transmissions autonomes sur un engin de traction, véhicule sur voie ferrée par exemple permet d'augmenter cette puissance et la sécurité de marche. Sur un camion de fort tonnage plusieurs solutions possibles :

35 - deux roues motrices par attaque du récepteur sur le différentiel ou sur les moyeux de roues par l'intermédiaire d'un réducteur.

- quatre roues motrices par les mêmes moyens

La présence du récepteur sur chaque roue motrice permet d'ob-
40 tenir sur un engin blindé par exemple, sa rotation autour d'un axe

- 9 -

vertical en faisant tourner en sens inverse les récepteurs placés sur deux côtés opposés du véhicule ou sur un camion de réduire le rayon de braquage.

Pour certaines utilisations : engins de travaux publics, 5 chalutiers, remorqueurs, l'air comprimé fourni par le générateur peut être utilisé pour la commande des auxiliaires, groupes électrogènes, treuils, chaluts, compresseurs frigorifiques etc.... sous la réserve que l'échappement des moteurs de commande soit dirigé vers d'admission d'air au premier turbo compresseur.

10 La deuxième version de l'invention est utilisée lorsque le couple moteur à l'accouplement de la turbine conserve le même signe : générateurs d'électricité, compresseurs axiaux ou centrifuges, hélices marines (l'emploi d'un réducteur inverseur est ici indispensable). La chambre de combustion peut être alimentée par 15 gaz sous pression riche ou pauvre. Les puissances fournies par un seul générateur identique à celui de la première version se situent entre 400 et 3000 cv. Ces chiffres sont à multiplier par le nombre de générateurs pour une même turbine.

Récepteur et générateurs peuvent être utilisés individuellement comme il a été précisé plus haut.

REVENDEICATIONS

1 - Dispositif de transmission pneumatique d'énergie dont le rendement thermique est supérieur à celui d'une transmission directe et dont le générateur (1) à vitesse constante comporte six 5 ou trois cylindres moteurs deux temps à pistons opposés disposés en étoile. Les pistons qui découvrent les lumières d'échappement, étant fixés aux pistons haute et basse pression du compresseur.

2 - Dispositif selon la revendication 1 caractérisé par le fait que les cylindres du compresseur sont dotés de tiroirs cylindriques ou de robinets rotatifs commandés par un arbre dont le calage angulaire par rapport à l'arbre moteur permet de faire varier progressivement le débit d'air aspiré.

3 - Dispositif selon la revendication 2 caractérisé par le fait que le décalage angulaire de la distribution s'effectue par 15 le déplacement axial d'une tige de commande qui porte un clavetage hélicoïdal réversible logé dans l'arbre de commande de la distribution.

4 - Dispositif selon la revendication 1 caractérisé par le fait que les pistons moteurs qui découvrent les lumières d'échappement des cylindres moteurs portent une cavité en relation avec le cylindre de compression qui permet d'améliorer leurs refroidissements.

5 - Dispositif selon la revendication 1 caractérisé par le fait que les réfrigérations de l'air en cours de compression 25 dans les appareils (6) (7) et (8) peuvent être complétées par une injection d'eau pure dans les cylindres basse pression et dont le débit est fonction du débit d'air aspiré.

6 - Dispositif selon la revendication 1 caractérisé par le fait que dans une première version, le récepteur (2) est un moteur 30 à pistons à distribution commandée identique dans son principe à celui du générateur et dont la variation de son décalage angulaire par rapport à l'arbre moteur permet de faire varier le couple moteur en grandeur et en signe (freinage)

7 - Dispositif selon la revendication 6 caractérisé par le fait que les pistons moteurs à leurs fins de course de détente 35 découvrent des lumières d'échappement en communication avec l'admission d'un ou deux éjecteurs d'air (5)

8 - Dispositif selon la revendication 7 caractérisé par le fait que les "bouffées" d'air comprimé à haute pression disponibles 40 à l'admission de cet éjecteur aspirent l'air du cylindre

pendant la phase compression du cycle moteur à travers le distributeur.

9 - Dispositif selon la revendication 8 caractérisé par le fait que le mélange d'air à la sortie de cet éjecteur est admis dans un turbo compresseur (3) qui aspire l'air atmosphérique qui transite à travers la transmission.

10 - Dispositif selon la revendication 9 caractérisé par le fait que l'air fourni par le turbo compresseur (3) est dirigé vers l'aspiration d'un deuxième turbo compresseur (4) ou par les gaz d'échappement du générateur (1) qui fournit son air de balayage aux cylindres moteurs et aux cylindres basse pression du générateur.

11 - Dispositif selon la revendication 10 caractérisé par le fait que le moteur deux temps ne possède pas de pompe de balayage attelée mécaniquement à l'arbre moteur, mais qu'aux faibles charges du générateur ce service est assuré par l'ouverture d'une soupape (15) qui admet l'air comprimé prélevé sur le réservoir (11) à l'admission du turbo compresseur (3)

12 - Dispositif selon la revendication 10 caractérisé par le fait que l'échappement du turbo compresseur (4) est dirigé vers un réchauffeur d'air (8) placé à l'admission du récepteur (2) et sur les ailettes portées par les cylindres de ce dernier.

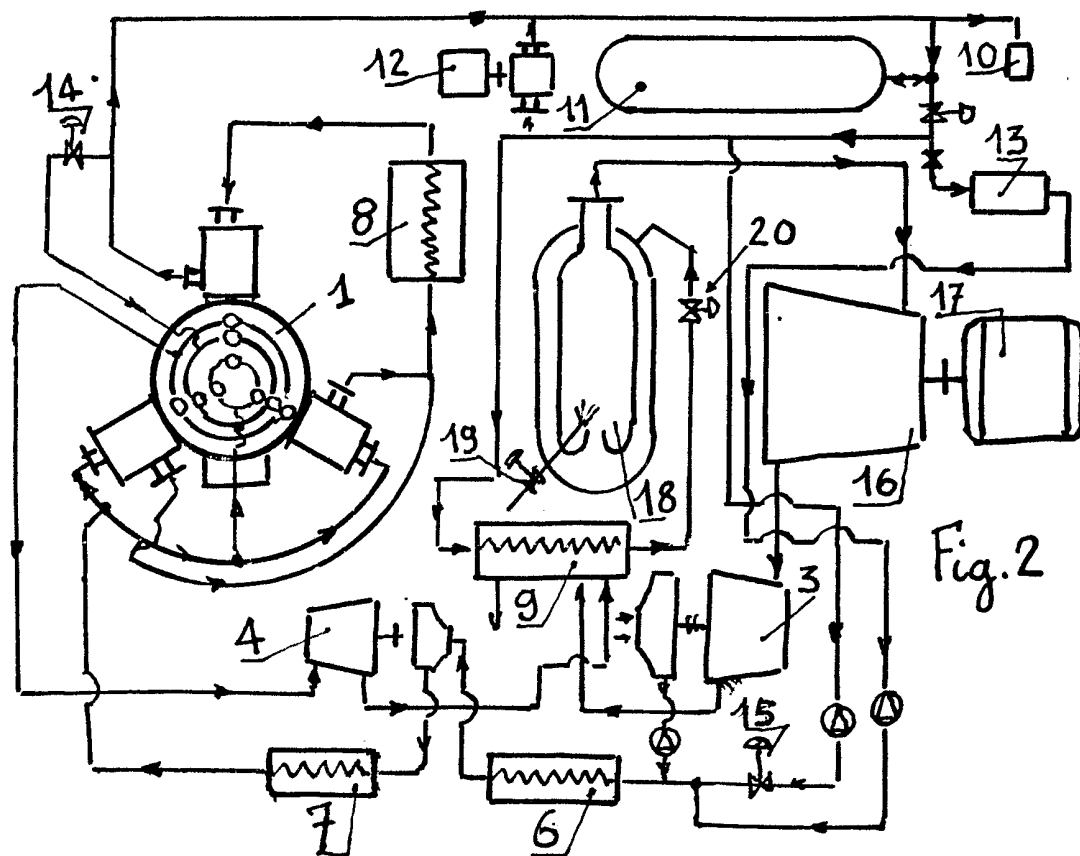
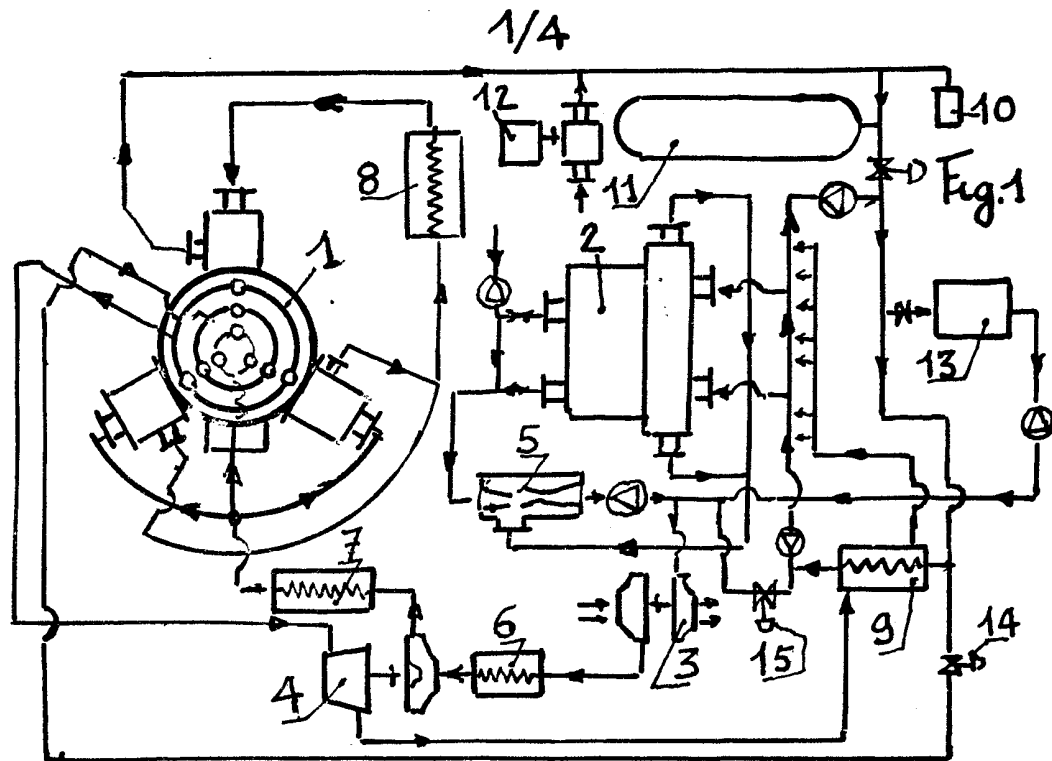
13 - Dispositif selon la revendication 6 caractérisé par le fait que le récepteur peut fonctionner en compresseur d'air : l'air atmosphérique étant absorbé principalement par les orifices portés par les cylindres moteurs du récepteur, des clapets de tenue disposés sur certaines conduites permettant cet usage.

14 - Dispositif selon la revendication 1 caractérisé par le fait que dans une deuxième version, le récepteur à pistons (2) est remplacé par une turbine précédée d'une chambre de combustion qui reçoit l'air issu du générateur (1) après passage dans un récupérateur alimenté par les fumées des turbo compresseurs (3) et (4)

15 - Dispositif selon la revendication 1 caractérisé par le fait que le générateur peut fonctionner d'une manière autonome comme compresseur d'air ou de gaz sous la réserve qu'il soit muni d'une ou de deux pompes de suralimentation basse pression, attelées mécaniquement à l'arbre moteur.

16 - Dispositif selon la revendication 6 caractérisé par le fait que le récepteur peut fonctionner d'une manière autonome

comme compresseur d'air ou de gaz, machines frigorifiques, pompes à chaleur, qu'il soit muni ou non d'une pompe de suralimentation basse pression attelée à l'arbre moteur, ou encore, comme machine à vapeur ou détenteur de gaz avec récupération d'énergie.



2/4

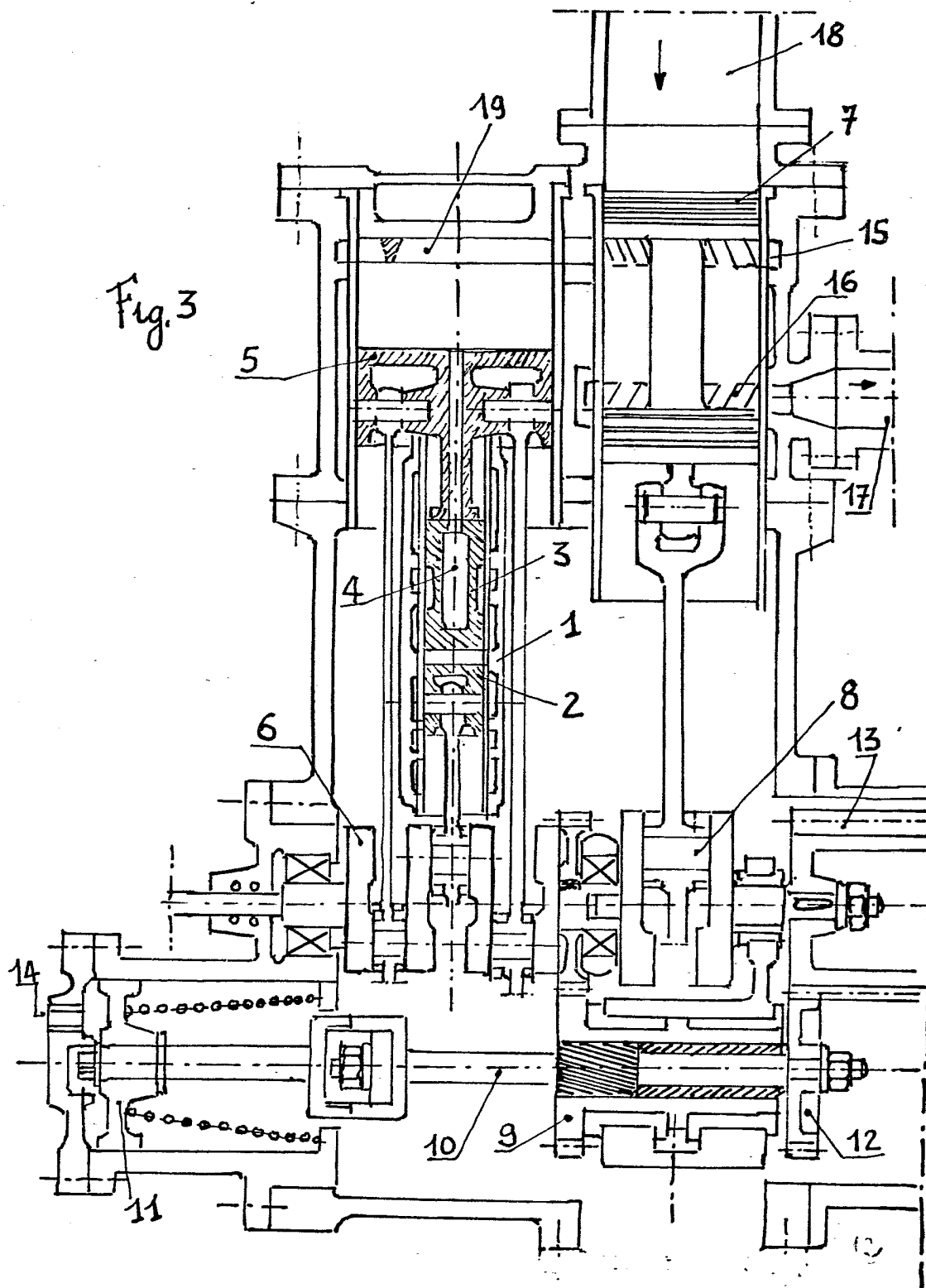
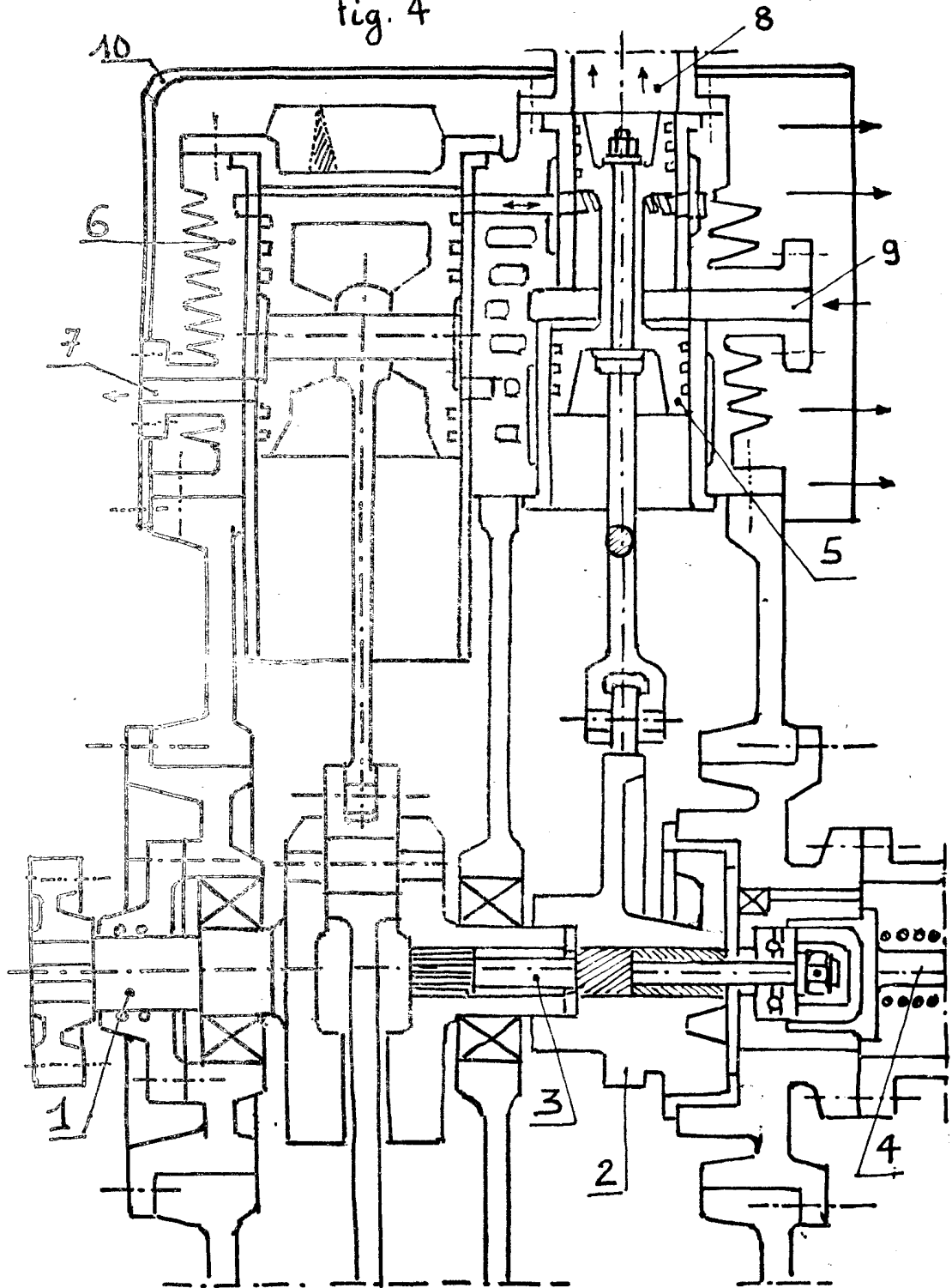


Fig. 4 $\frac{3}{4}$ 

4/4

