

⑫

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑲ Numéro de dépôt: **79400531.4**

⑤① Int. Cl.<sup>3</sup>: **F 02 B 71/06**

⑳ Date de dépôt: **25.07.79**

③① Priorité: **26.07.78 FR 7822168**

④③ Date de publication de la demande:  
**06.02.80 Bulletin 80 3**

⑥④ Etats Contractants Désignés:  
**AT BE CH DE GB IT LU NL SE**

⑦① Demandeur: **Benaroya, Henry**  
**41, Boulevard du Commandant Charcot**  
**F-92200 Neuilly sur Seine(FR)**

⑦② Inventeur: **Benaroya, Henry**  
**41, Boulevard du Commandant Charcot**  
**F-92200 Neuilly sur Seine(FR)**

⑦④ Mandataire: **Fort, Jacques et al,**  
**CABINET PLASSERAUD 84, rue d'Amsterdam**  
**F-75009 Paris(FR)**

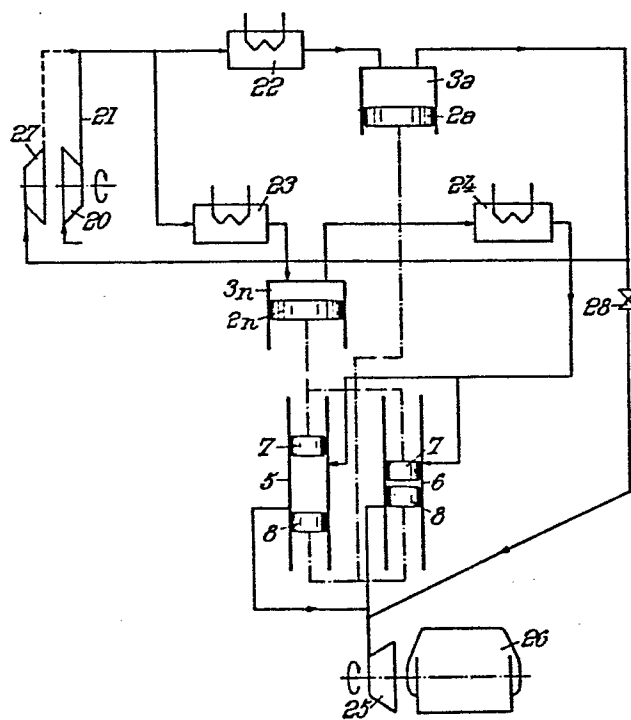
⑤④ **Installation de production d'énergie à générateur à pistons libres.**

⑤⑦ L'installation de production d'énergie comprend un générateur de gaz à pistons libres alimentant une turbine à gaz (25). Certains des compartiments compresseurs (3a) du générateur sont alimentés en air par un compresseur rotatif (20) à travers un refroidisseur (22) qui alimente une turbine à air (27). Les autres compartiments compresseurs (3n) sont alimentés en air à travers un second refroidisseur (23) qui alimente les cylindres moteurs du générateur à travers un second refroidisseur (24).

**EP 0 007 874 A1**

./...

*Fig.1.*



Installation de production d'énergie à générateur à pistons  
libres.

La présente invention concerne les installations de production d'énergie comprenant un générateur à pistons  
5 libres à plusieurs compartiments compresseurs et au moins un cylindre moteur, et une turbine à gaz qui reçoit les gaz d'échappement du cylindre moteur ou des cylindres moteurs.

Elle trouve une application particulièrement importante bien que non exclusive, dans les installations  
10 dites "tandem", comportant deux cylindres moteurs alignés, dans chacun desquels travaillent deux pistons moteurs libres opposés, solidaires de pistons compresseurs, et surtout multi-tandem, dans lesquelles on trouve plusieurs ensembles de deux cylindres disposés côte-à-côte.

15 Dans un générateur tandem, les pistons moteurs dits internes qui sont voisins et qui sont reliés mécaniquement l'un à l'autre, constituent, avec les pistons compresseurs qu'ils entraînent, un équipage mobile interne. Les deux pistons moteurs externes, qui sont également méca-  
20 niquement reliés l'un à l'autre et à des pistons compresseurs associés, constituent un équipage mobile qu'on peut qualifier d'externe. Dans un générateur de gaz multi-tandem, on retrouve des équipages interne et externe, mais comportant chacun plusieurs couples de pistons moteurs.

25 L'installation peut comprendre, en plus du générateur et de la turbine à gaz, un compresseur, généralement rotatif, qui fournit aux compartiments compresseurs de l'air à une pression supérieure à la pression atmosphérique, par l'intermédiaire d'un refroidisseur classique. L'air fourni  
30 par les cylindres compresseurs traverse un refroidisseur, puis arrive aux cylindres moteurs où il est utilisé comme air de combustion et de balayage.

En refroidissant l'air entre les compartiments compresseurs et les cylindres moteurs, on arrive à "gaver"  
35 ces derniers. Mais la quantité d'air qui est admise aux cylindres moteurs est très supérieure à celle qui y est effectivement retenue et comprimée avant combustion (plus de deux fois et demie dans un cas représentatif). Elle est

également très supérieure au volume nécessaire si l'on  
tient compte de la nécessité d'un balayage. La baisse de  
rendement de l'ensemble de l'installation due au refroi-  
dissement de la totalité de l'air provenant des comparti-  
5 ments compresseurs apparaît donc sans contrepartie.

On pourrait penser que cet inconvénient peut être  
supprimé en prélevant une partie de l'air à la sortie des  
compartiments compresseurs et en le mélangeant aux gaz de  
combustion admis à la turbine à gaz. Malheureusement,  
10 l'air à la sortie des compartiments compresseurs est à une  
pression nettement supérieure à celle des gaz d'échappement  
à l'entrée de la turbine, de sorte que cette solution oblige  
à prévoir un diaphragme de perte de charge sur le trajet de  
l'air prélevé et cette sujétion se traduit par une baisse  
15 de rendement.

L'invention vise à fournir une installation de  
production d'énergie répondant mieux que celles antérieu-  
rement connues aux exigences de la pratique, notamment en  
ce que l'excès d'air fourni par les compresseurs est uti-  
20 lisé dans des conditions qui conduisent à un rendement  
accru.

Dans ce but, l'invention propose une installation  
du genre ci-dessus défini, caractérisée notamment en ce que  
les compartiments compresseurs sont répartis en une première  
25 fraction et une seconde fraction, en ce que les comparti-  
ments compresseurs de la première fraction sont alimentés  
en air par un compresseur à travers un premier refroidis-  
seur d'air et fournissent de l'air comprimé chaud qui est,  
au moins partiellement, envoyé à une turbine, et en ce  
30 que les compartiments compresseurs appartenant à la seconde  
fraction sont alimentés par un compresseur à travers un  
second refroidisseur et alimentent le cylindre moteur  
ou les cylindres moteurs à travers un troisième refroi-  
disseur.

35 Le même compresseur rotatif peut alimenter les compar-  
timents compresseurs appartenant à la première fraction et  
à la seconde fraction (le nombre des compartiments de  
chaque groupe pouvant d'ailleurs être réduit à 1). Le  
compresseur rotatif peut être entraîné par la turbine à

air chaud. L'air refroidi par détente partielle dans la turbine à air peut être mélangé au débit d'air sortant du compresseur rotatif.

Si une partie de l'air fourni par les compartiments de la première fraction est envoyé à la turbine à gaz, ces compartiments seront avantageusement prévus pour fournir de l'air à une pression inférieure à celle fournie par les autres compartiments, de façon que l'air et les gaz arrivant à la turbine soient à la même pression.

Lorsque le générateur à pistons libres est du type tandem ou multi-tandem, l'une des fractions peut être constituée par les compartiments compresseurs situés d'un côté du plan médian, l'autre fraction étant constituée par les compartiments compresseurs situés de l'autre côté, de façon que les équipages externe et interne soient soumis aux mêmes efforts.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit de modes particuliers de réalisation donnés à titre d'exemples non limitatifs. La description se réfère aux dessins qui l'accompagnent, dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma synoptique d'une installation conforme à l'invention, les connexions mécaniques étant représentées par de simples lignes en trait mixte,

- la figure 2 montre l'application de l'invention à une installation dont le générateur est du type multi-tandem, la partie inférieure étant une coupe par un plan vertical passant par l'axe d'une ligne de cylindres compresseurs et la partie supérieure étant une coupe suivant un plan oblique passant par l'axe d'un jeu de cylindres moteurs.

L'installation schématisée en figure 1 comporte un générateur à pistons libres dont on supposera, à titre d'exemple, qu'il comporte deux cylindres compresseurs 3a et 3b dans lesquels des pistons compresseurs 2a et 2n limitent des compartiments de compression. Le piston 2n est mécaniquement couplé à deux pistons moteurs 7 placés l'un dans un cylindre moteur 5, l'autre, dans un cylindre moteur 6. Le piston 2a est couplé mécaniquement à des pistons 8

placés également dans les cylindres 5 et 6 et délimitant des chambres de combustion avec les pistons 7.

Les compartiments compresseurs 3<sub>a</sub> et 3<sub>n</sub> sont alimentés par un compresseur rotatif 20 de suralimentation qui aspire de l'air à pression atmosphérique et le refoule dans une conduite 21. Une partie de l'air provenant de la conduite 21 est amenée, par l'intermédiaire d'un refroidisseur d'air 22 qui peut être de type classique, à une soupape d'admission (non représentée) du compartiment compresseur 3<sub>a</sub>. L'autre partie de l'air provenant de la conduite 21 est dirigée vers une soupape d'admission du compartiment compresseur 3<sub>n</sub>, par l'intermédiaire d'un refroidisseur d'air 23, qui impose à l'air qui le traverse une baisse de température plus importante que le refroidisseur 22.

L'air refoulé du compartiment 3<sub>n</sub> traverse un troisième refroidisseur 24 avant d'être admis dans les cylindres moteurs 5 et 6, par des lumières d'admission et de balayage. Les gaz d'échappement des cylindres moteurs sont envoyés à une ou plusieurs turbines à gaz 25 entraînant un ou plusieurs générateurs d'électricité 26. Des vannes de réglage, non représentées, sont prévues pour que la quantité d'air admise aux cylindres moteurs assure une combustion et un balayage satisfaisants, sans surchauffe.

L'air provenant du compartiment compresseur 3<sub>a</sub> alimente une turbine à air chaud 27 qui entraîne le compresseur rotatif 20. L'échappement de la turbine à air 27 peut s'effectuer à l'air libre, mais il sera souvent plus avantageux de renvoyer cet air, refroidi par sa détente, vers la conduite 21 (comme indiqué en tirets sur les figures 1 et 2). Dans ce cas, il n'y aura évidemment que détente partielle dans la turbine 26. Le rendement global sera accru étant donné que le rendement adiabatique du compresseur n'interviendra que sur l'air supplémentaire. En contrepartie, des précautions devront être prises pour que l'huile contenue dans l'air sortant de la turbine n'engorge pas les compartiments compresseurs.

Il faut remarquer au passage que l'utilisation de l'air chaud pour entraîner directement une turbine est préférable au mélange avec les gaz d'échappement, car on évite les chutes de rendement en cascade qui interviennent dans le dernier cas.

Dans le mode de réalisation illustré, une fraction de l'air provenant du compresseur 3a, réglable à l'aide d'une vanne 27, est toutefois renvoyée à l'amont de la turbine à gaz 25, pour donner plus de souplesse à l'installation. Ce retour peut s'effectuer par l'intermédiaire d'un diaphragme d'équilibrage des pressions en amont de la turbine à gaz, mais il est plus avantageux de donner aux compartiments compresseurs 3a un rapport de compression plus faible qu'aux compresseurs 3n.

On peut considérer que les valeurs ci-après sont représentatives de celles qui existent dans une installation industrielle. Le compresseur 20 de suralimentation fournit de l'air à une pression de 1,4 bar (en valeur absolue). En régime normal, cet air est ramené d'une température de 54°C à des températures respectives de 45°C et 25°C par les refroidisseurs 22 et 23. Les compartiments compresseurs 3a et 3n relèvent respectivement la pression de l'air à 5,9 bars et 6,4 bars absolus environ. La température du gaz passe de 210°C à 149°C dans l'échangeur 24, puis à 619°C à la sortie des cylindres moteurs 5 et 6.

La figure 1 ne montre l'installation que de façon schématique et de nombreux éléments n'y sont pas représentés, en particulier les vannes de réglage nécessaires. Par ailleurs, chacun des éléments représentés est susceptible d'être remplacé par plusieurs. Enfin, le compresseur rotatif (qui peut d'ailleurs être remplacé par une machine volumétrique) doit être équipé de moyens destinés à éviter son pompage, par exemple par retour direct d'air de son refoulement vers l'admission de la turbine à gaz 27, lorsqu'on détecte un fonctionnement proche de la ligne de pompage.

On décrira maintenant, en faisant référence à la figure 2, la constitution générale d'une installation utilisant un générateur de gaz multi-tandem à deux lignes de

- 6 -

cylindres compresseurs à double effet et quatre couples de deux cylindres moteurs.

Pour plus de clarté, les éléments de la figure 2 qui correspondent à ceux déjà montrés en figure 1 portent  
5 le même numéro de référence.

Le générateur lui-même est du type déjà décrit dans le brevet U.S. 3 669 571 du présent demandeur, auquel on pourra se reporter, de sorte que seule une description succincte en sera donnée ici.

10 Chaque ligne de cylindres compresseurs comprend deux cylindres externes et deux cylindres internes, chacun à double effet et muni de soupapes d'admission et de refoulement. Dans les cylindres compresseurs externes se  
15 déplacent les pistons 2a et 2n qui délimitent dans les cylindres des compartiments compresseurs 3a et 3n, ainsi que des compartiments symétriques. Dans les cylindres internes coulisent des pistons 2b et 2c qui délimitent de leur côté des compartiments compresseurs 3b et 3c.

L'équipage mobile externe du générateur comprend  
20 les pistons moteurs 7 reliés entre eux et avec les pistons compresseurs par des traverses 35 et un tirant central 30. L'équipage mobile interne comporte, de son côté, des pistons moteurs internes 8, circulant dans les mêmes cylindres moteurs 5 et 6 que les pistons 7 de l'équipage externe. Les  
25 pistons 8 sont reliés aux pistons compresseurs 2b et 2c par une traverse 31. Chacun des cylindres compresseurs est muni de clapets d'admission et de refoulement tels que 37 et 38.

Les appareils autres que le générateur ont été représentés sous forme de simple synoptique sur la figure 2.  
30 On voit que seuls les compartiments compresseurs délimités par les pistons compresseurs 2a et 2b sont utilisés pour alimenter la turbine à air chaud 27. Les compartiments des cylindres compresseurs délimités par les pistons 2c et 2n alimentent les cylindres moteurs 6 et 7 à travers le refroidisseur d'air 24.  
35



REVENDEICATIONS DE BREVET

1. Installation de production d'énergie, comprenant un générateur de gaz à pistons libres à plusieurs compartiments compresseurs et au moins un cylindre moteur, et une  
5 turbine à gaz qui reçoit les gaz d'échappement du cylindre moteur ou des cylindres moteurs, caractérisée en ce que les compartiments compresseurs (3a-3n) sont répartis en une première fraction et une seconde fraction, en ce que les  
10 compartiments compresseurs (3a) de la première fraction sont alimentés en air par un compresseur (20) à travers un premier refroidisseur d'air (22) et fournissent de l'air comprimé chaud qui est, au moins partiellement, envoyé à une turbine (27), et en ce que les compartiments compresseurs  
15 (3n) appartenant à la seconde fraction sont alimentés par un compresseur à travers un second refroidisseur (23) et alimentent le cylindre moteur ou les cylindres moteurs (5,6) à travers un troisième refroidisseur (24).

2. Installation suivant la revendication 1, caractérisée en ce que les compartiments compresseurs de la  
20 première fraction et de la seconde fraction sont alimentés par le même compresseur (20).

3. Installation suivant la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que le compresseur (20) est un compresseur rotatif.

25 4. Installation suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le premier refroidisseur d'air (22) est prévu pour imposer à l'air qui le traverse une diminution de température inférieure à celle imposée à l'air qui traverse le second  
30 refroidisseur (23).

5. Installation suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'une partie seulement de l'air fourni par les compresseurs de la première fraction est envoyée à la turbine à air chaud  
35 (27), le reste étant envoyé à la turbine à gaz (25).

6. Installation suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la turbine à air (27) entraîne le compresseur (20).

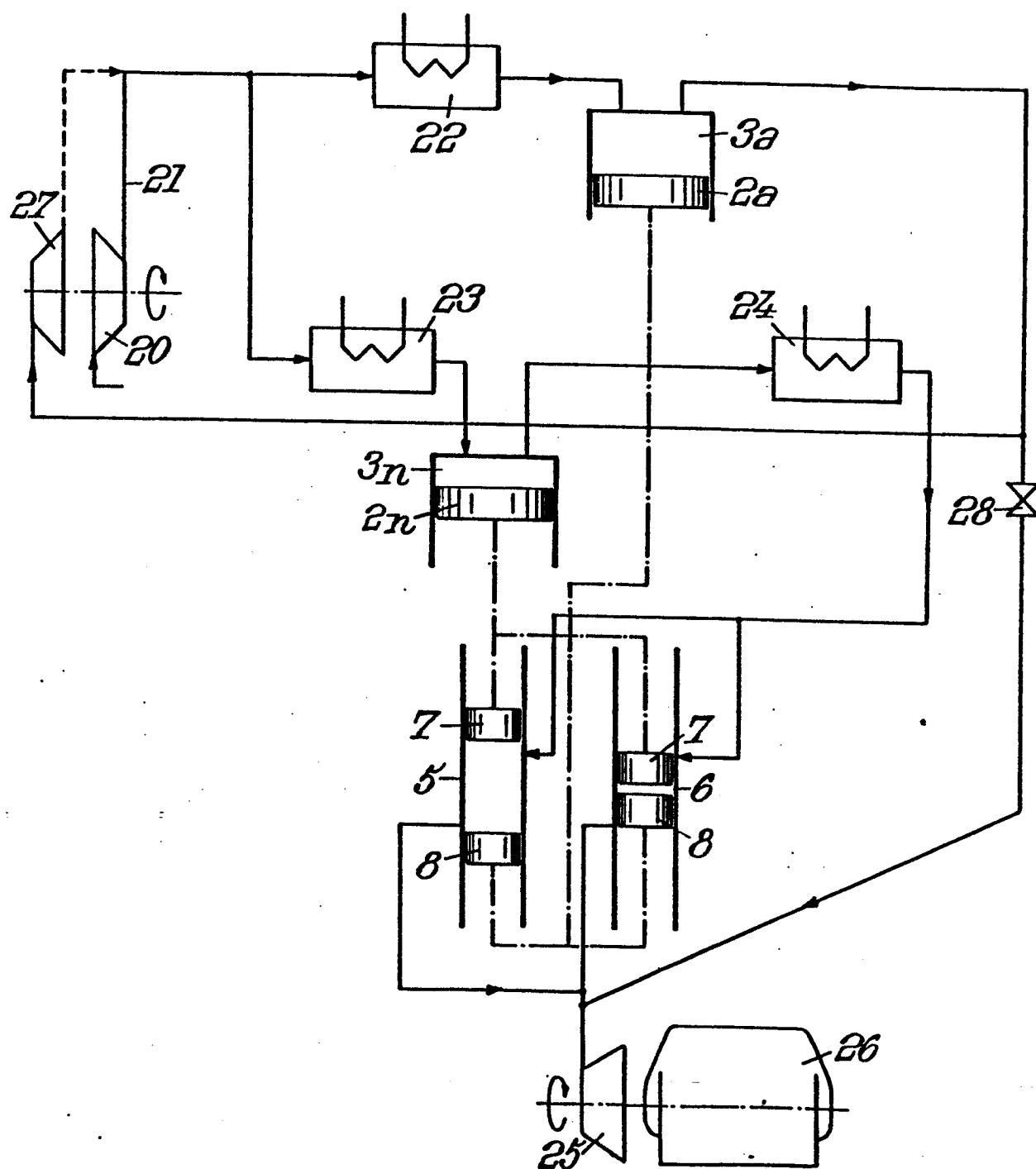
- 8 -

7. Installation suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le générateur à pistons libres est du type tandem ou multi-tandem, la première fraction comprenant les compartiments compresseurs (3a, 3b) situés d'un côté du plan médian, tandis que la seconde fraction est constituée par les compartiments compresseurs (3c, 3n) situés de l'autre côté du plan médian.

8. Installation suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les compartiments compresseurs de la première fraction sont prévus pour fournir une pression inférieure à celle fournie par les compartiments compresseurs de la seconde fraction.

9. Installation suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que l'échappement de la turbine à air chaud (27) est relié à l'aval du compresseur (20).

1/2

*Fig. 1.*

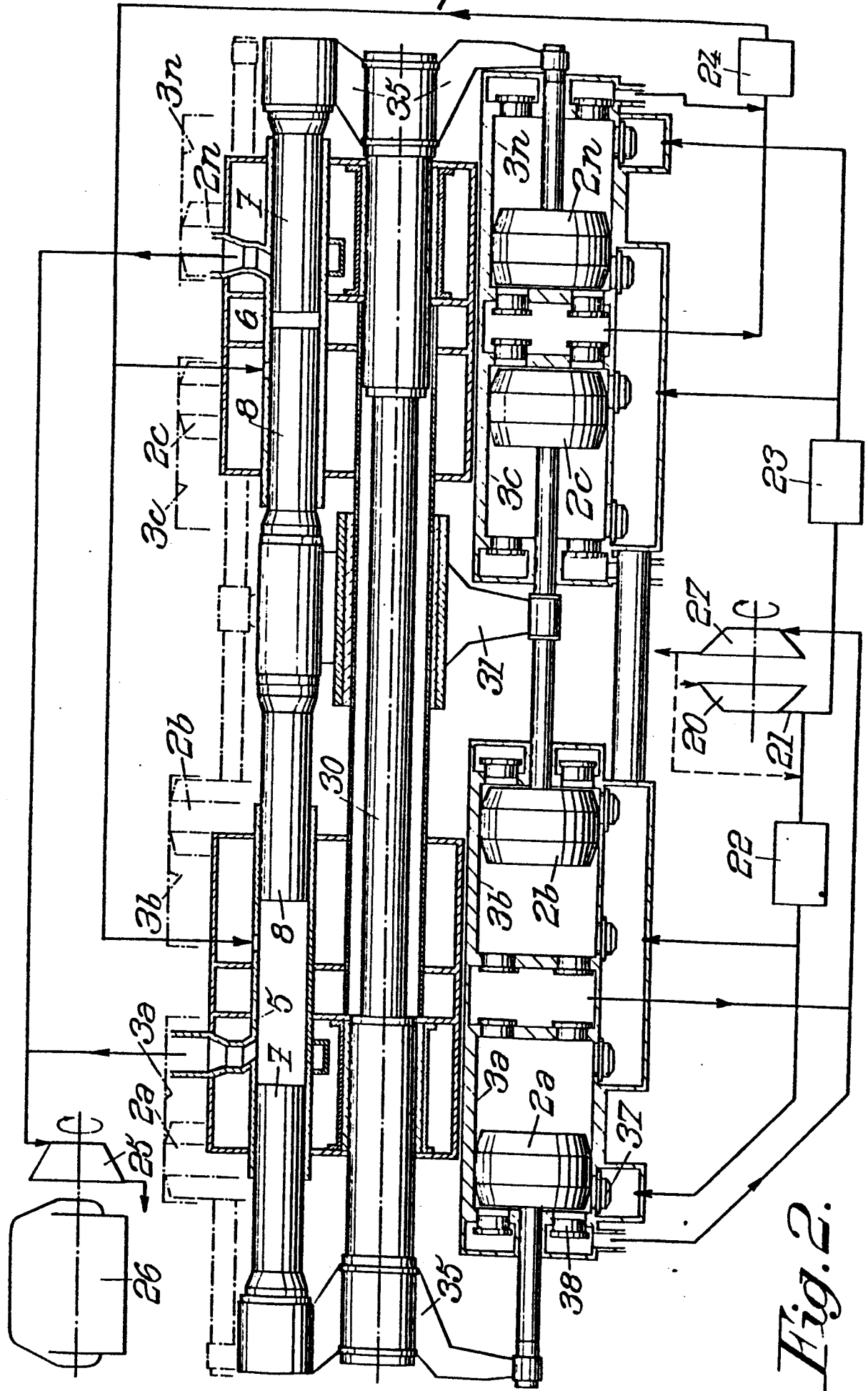


Fig. 2.



Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 79 40 0531

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.3)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
AD	FR - A - 1 601 540 (BENAROYA) * Figure 4; page 10, ligne 36 - page 14, ligne 37 *	1	F 02 B 71/06
	--		
A	FR - A - 1 094 386 (RATEAU) * Figures 1,2; page 2, colonne de droite; alinéas 2-10 *	1	
	--		
A	DE - A - 2 621 016 (RESONANCE MOTORS) * Figures 7,8; page 23, alinéa 1 - page 26, alinéa 2 *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.3)
	--		F 02 B F 01 B F 02 C
A	CH - A - 216 488 (SULZER) * Figure 1; page 3, lignes 9-22 *	1	
	--		
A	DE - A - 811 518 (HUBER) * Page 3, lignes 45-80 *	1	
	----		
			CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES
			X: particulièrement pertinent A: arrière-plan technologique O: divulgation non-écrite P: document intercalaire T: théorie ou principe à la base de l'invention E: demande faisant interférence D: document cité dans la demande L: document cité pour d'autres raisons
			&: membre de la même famille, document correspondant
<p>Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications</p>			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 21-09-1979	Examineur WASSENAAR