

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
22 juin 2006 (22.06.2006)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2006/064118 A2

(51) Classification internationale des brevets : **Non classée**

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2005/003111

(22) Date de dépôt international :
13 décembre 2005 (13.12.2005)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0413206 13 décembre 2004 (13.12.2004) FR

(71) Déposant et

(72) Inventeur : **MURAT, Gérard** [FR/FR]; Faubourg du
Temple, F-26340 Saillans (FR).

(74) Mandataire : **THIBAUT, Jean-Marc**; Cabinet Beau de
Loménie, 51, avenue Jean Jaurès, B.P. 7073, F-69301 Lyon
Cedex 07 (FR).

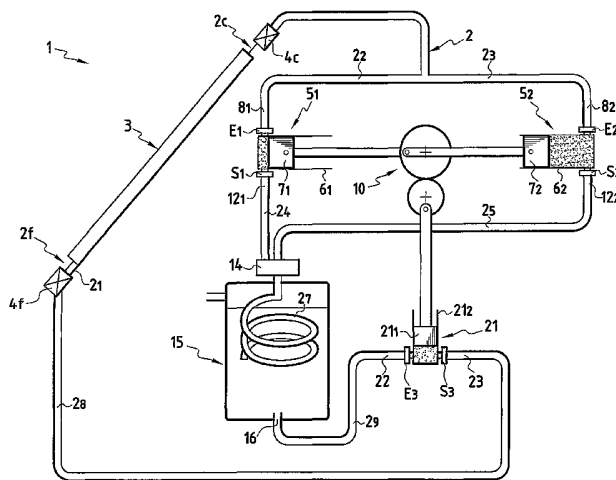
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,
KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY,
MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),
européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,
FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT,
RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: THERMODYNAMIC MACHINE WITH CONTINUOUSLY CIRCULATING REFRIGERANT

(54) Titre : MACHINE THERMODYNAMIQUE A FLUIDE FRIGORIGENE A CIRCULATION CONTINUE



(57) Abstract: The invention concerns a thermodynamic machine comprising a closed- circuit (2) circulating a refrigerant, a heat exchanger (3), a cold inlet (2f) and, at the exchanger output, a hot outlet (2c), at least one first variable-volume chamber (51) acting on a mobile member communicating its movement to an output system (10) and a cooler (15). The invention is characterized in that the machine comprises at least one variable-volume chamber (21) controlled by the output system (10) by being interposed between the cold inlet (2f) of the circuit and the cooler outlet, said chamber (21) providing, for an operating cycle of the chamber, reinjection of liquid into the exchanger to maintain the pressure at the hot outlet (2c) of the circuit at a substantially constant value.

(57) Abrégé : La machine thermodynamique comporte un circuit fermé (2) de circulation pour un fluide frigorigène, un échangeur de chaleur (3), une entrée froide (2f) et, à la sortie de l'échangeur, une sortie chaude (2c), au moins une première enceinte à volume variable (51) agissant sur un organe mobile communiquant son mouvement à un système de sortie (10) et un refroidisseur (15). Selon

[Suite sur la page suivante]



WO 2006/064118 A2

**Publiée :**

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée
dès réception de ce rapport

abrégations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de
la Gazette du PCT.

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abrégations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et

l'invention, la machine comporte au moins une chambre à volume variable (21) commandée par le système de sortie (10) en étant interposé entre l'entrée froide (2f) du circuit et la sortie du refroidisseur, une telle chambre (21) assurant, pour un cycle de fonctionnement de l'enceinte, la réinjection du liquide dans l'échangeur pour maintenir la pression à la sortie chaude (2c) du circuit à une valeur sensiblement constante.

MACHINE THERMODYNAMIQUE A FLUIDE FRIGORIGENE A CIRCULATION CONTINUE

La présente invention concerne une machine thermodynamique mettant
5 en œuvre un fluide frigorigène et fonctionnant selon le principe de Carnot.

L'objet de l'invention vise une machine thermodynamique fonctionnant en moteur ou en pompe permettant de transformer une énergie calorifique en une énergie mécanique.

Dans l'état de la technique, il est connu divers types de machines
10 thermodynamiques. Par exemple, le document WO 03/031 776 décrit une machine thermodynamique comportant un échangeur de chaleur avec une partie d'un circuit de circulation d'un fluide frigorigène. La machine comporte, également, deux enceintes à volume variable fonctionnant en opposition et reliées à la sortie chaude de l'échangeur. Les sorties des
15 enceintes sont reliées, via un refroidisseur et une pompe, à l'entrée froide de l'échangeur de chaleur. Un inconvénient d'une telle machine réside dans la nécessité de mettre en œuvre une pompe pour la circulation du fluide frigorigène, ce qui réduit le rendement d'une telle machine thermodynamique.

20 L'objet de l'invention vise à proposer une machine thermodynamique conçue pour fonctionner de manière autonome à partir d'une source chaude élevant la température d'un fluide frigorigène.

Un autre objet de l'invention vise à proposer une machine thermodynamique présentant un rendement supérieur aux machines
25 thermodynamiques connues.

Pour atteindre un tel objectif, la machine thermodynamique selon l'invention comporte :

- un circuit fermé de circulation pour un fluide frigorigène,
- un échangeur de chaleur avec une partie du circuit de circulation du fluide
30 frigorigène, présentant, à l'entrée de l'échangeur, une entrée froide et, à la sortie de l'échangeur, une sortie chaude,

- au moins une première enceinte à volume variable dont l'entrée est reliée à la sortie chaude du circuit et dont la sortie est reliée à l'entrée d'un refroidisseur, l'enceinte agissant sur un organe mobile communiquant son mouvement à un système de sortie,
- 5 ▪ et un refroidisseur, interposé entre la sortie de l'enceinte et l'entrée froide du circuit.

Selon l'invention, la machine comporte au moins une chambre à volume variable commandée par le système de sortie en étant interposé entre l'entrée froide du circuit et la sortie du refroidisseur, une telle chambre
10 assurant, pour un cycle de fonctionnement de l'enceinte, la réinjection du liquide dans l'échangeur pour maintenir la pression à la sortie chaude du circuit à une valeur sensiblement constante.

Selon une variante préférée de réalisation, la machine thermodynamique comporte une deuxième enceinte à volume variable dont
15 l'entrée est reliée à la sortie chaude du circuit et dont la sortie est reliée à l'entrée du refroidisseur, cette deuxième enceinte agissant sur un organe mobile monté, en opposition par rapport à l'organe mobile de la première enceinte, pour communiquer son mouvement au système de sortie.

Selon une variante avantageuse de réalisation, la chambre à volume
20 variable possède un volume variable inférieur au volume de la première et/ou de la deuxième enceinte dans un rapport dépendant des caractéristiques du fluide utilisé permettant d'avoir une égalité entre la masse du gaz déplacé et la masse du liquide déplacé.

De préférence, la chambre à volume variable est commandée par un
25 piston actionné par le système de sortie et présentant une section adaptée pour réinjecter le liquide dans l'échangeur de chaleur.

Avantageusement, la machine thermodynamique comporte des obturateurs commandés associés aux entrées-sorties des enceintes et de la chambre.

30 Par exemple, les obturateurs sont commandés par des moyens pilotés par le mouvement du système de sortie.

Selon un exemple de réalisation, le système de sortie comporte un arbre de sortie équipé d'un vilebrequin sur lequel sont reliés les organes mobiles des enceintes, l'arbre de sortie étant pourvu de cames permettant de commander les obturateurs.

5 De préférence, l'arbre de sortie agit sur le piston de la chambre à volume variable par l'intermédiaire d'un système multiplicateur de vitesses.

Avantageusement, l'entrée froide et la sortie chaude du circuit de circulation sont équipées d'obturateurs commandés dont le fonctionnement est synchronisé avec le fonctionnement des obturateurs commandés associés
10 aux enceintes et à la chambre.

Diverses autres caractéristiques ressortent de la description faite ci-dessous en référence aux dessins annexés qui montrent, à titre d'exemples non limitatifs, des formes de réalisation de l'objet de l'invention.

La **fig. 1** est une vue de principe d'un exemple de réalisation d'une
15 machine thermodynamique conforme à l'invention.

La **fig. 2** est une vue schématique d'un système de sortie d'une machine thermodynamique illustrée à la **fig. 1**.

Les **fig. 1** et **2** illustrent un exemple de réalisation d'une machine thermodynamique **1** conforme à l'invention comportant un circuit fermé **2** de
20 circulation pour un fluide frigorigène tel que par exemple le gaz réfrigérant R 407. La machine thermodynamique **1** comporte une source chaude telle qu'un échangeur de chaleur **3** avec une partie **2₁** du circuit de circulation du fluide frigorigène **2**.

L'échangeur de chaleur **3** permet d'élever la température du fluide frigorigène à une température par exemple comprise entre 60 et 100°C
25 adaptée pour augmenter la pression du fluide frigorigène pouvant atteindre 40 à 50 bars lorsqu'il est confiné dans une enceinte fermée. Par exemple, l'échangeur de chaleur **3** est du type solaire, à eau de refroidissement industriel, conduit de fumées, etc.

30 Le circuit de circulation **2** comporte en entrée de l'échangeur **3**, une entrée froide **2f** et en sortie de l'échangeur, une sortie chaude **2c**. L'entrée

froide **2f** et la sortie chaude **2c** sont équipées respectivement d'obturateurs commandés **4f**, **4c**.

La machine thermodynamique **1** comporte également au moins une première et dans l'exemple une première **5₁** et une deuxième **5₂** enceintes à volume variable. Chaque enceinte à volume variable **5₁**, **5₂** présente un volume fermé par au moins une paroi déformable permettant de faire varier la pression et le volume à l'intérieur de l'enceinte fermée. Une telle enceinte à volume variable **5₁**, **5₂** ou capsulisme peut être réalisée de toute manière appropriée telle par membrane, turbine ou piston. Dans l'exemple illustré sur les dessins, chaque enceinte **5₁**, **5₂** est constituée par un cylindre **6₁**, **6₂** fermé par un piston respectivement **7₁** et **7₂**. Chaque enceinte **5₁**, **5₂** est destinée à être alimentée en fluide frigorigène par une entrée respectivement **8₁**, **8₂** reliée à la sortie chaude **2c** par l'intermédiaire d'une partie respectivement **2₂** et **2₃** du circuit **2**.

Chaque piston **7₁**, **7₂** communique son mouvement à un système de sortie **10** de tout type dont l'énergie de mouvement peut être utilisée directement ou transformée pour diverses applications. Dans l'exemple illustré plus particulièrement à la **fig. 2**, le système de sortie **10** comporte un axe de sortie tournant **11** équipé d'un vilebrequin **12** sur lequel sont fixées les tiges des pistons **7₁**, **7₂**. Avantageusement, les tiges des pistons **7₁**, **7₂** sont montées selon un même axe de manière à fonctionner en opposition, c'est-à-dire que lorsqu'une enceinte possède un volume minimal, l'autre enceinte possède un volume maximal.

Chaque enceinte **5₁**, **5₂** possède respectivement une sortie **12₁**, **12₂** pour le fluide frigorigène, reliée par une partie **2₄**, **2₅** à l'entrée **14** d'un refroidisseur **15**. Le circuit de circulation **2** comporte ainsi une partie **2₇** s'étendant en relation du refroidisseur **15**. Avantageusement, le refroidisseur **15** permet de ramener le fluide frigorigène de l'état gazeux à l'état liquide de sorte qu'il s'établisse à l'intérieur du refroidisseur **15**, une zone liquide surmontée d'un ciel gazeux. Le refroidisseur **15** comporte une sortie **16**

située au niveau de la zone liquide et reliée à l'entrée froide **2f** de l'échangeur de chaleur **3** par l'intermédiaire d'une partie **2₈** du circuit **2**.

Il est à noter que les entrées et les sorties des enceintes **5₁** et **5₂** sont équipées d'obturateurs commandés respectivement **E₁**, **E₂**, **S₁**, **S₂** de tout
5 type connu en soi tels que des soupapes ou des distributeurs. Ces obturateurs commandés **E₁**, **E₂**, **S₁**, **S₂** sont avantageusement pilotés par des moyens **17** commandés par le mouvement du système de sortie **10**. A cet effet, l'arbre de sortie **11** est pourvu de cames permettant d'agir directement ou indirectement sur les obturateurs selon un cycle de fonctionnement qui
10 sera décrit plus précisément dans la suite de la description. Il est à noter que ces moyens **17** commandés par le système de sortie **10** peuvent aussi pilotés les obturateurs commandés **4f**, **4c**. Toutefois, ces obturateurs commandés **4f**, **4c** peuvent aussi être pilotés par la pression de fluide frigorigène. Dans ce cas, les obturateurs **4f**, **4c** sont des clapets anti-retour.

15 Le refroidisseur **15** qui constitue la source froide de la machine thermodynamique **1** est de tout type connu en soi pour abaisser la température du fluide frigorigène et par suite faire baisser sa pression. Il est à noter que la détente du fluide frigorigène entraîne obligatoirement une absorption de calories produisant du froid qui avantageusement peut être
20 récupéré par le refroidisseur.

La machine thermodynamique **1** comporte également au moins une chambre à volume variable **21** commandée par le système de sortie **10**, en étant interposée entre l'entrée froide **2f** du circuit et la sortie **16** du refroidisseur **15**. Dans l'exemple illustré, la chambre à volume variable **21**
25 est constituée par un piston **21₁** et un cylindre **21₂** qui est pourvu, d'une part, d'une entrée **22** reliée par une partie **2₉** du circuit **2** à la sortie **16** du refroidisseur et, d'autre part, d'une sortie **23** reliée à l'entrée froide **2f** du circuit par la partie **2₈** du circuit. L'entrée **22** et la sortie **23** de la chambre **21** sont équipées d'obturateurs respectivement **E₃**, **S₃** commandés
30 également par le système de sortie **10**, tel que par des cames **17**.

De manière avantageuse, la chambre à volume variable **21** possède un volume variable inférieur au volume de la première et/ou de la deuxième enceinte dans un rapport établi en fonction des caractéristiques du fluide utilisé et permettant d'avoir une égalité entre la masse du gaz déplacé, c'est-à-dire rentrant dans le refroidisseur **15** et la masse du liquide déplacé sur le piston. Le piston **21₁**, associé à cette chambre, possède une section aussi faible que possible, afin que l'effort nécessaire à l'injection du liquide dans la partie **2₈** du circuit soit le plus faible possible, afin de conserver le maximum d'énergie sur l'arbre de sortie **11**.

Le piston **21₁** est piloté par le système de sortie **10**, de manière à assurer, pour un cycle de fonctionnement d'une enceinte **5₁**, **5₂**, la réinjection du liquide frigorigène dans l'échangeur de chaleur **3** pour maintenir la pression à la sortie chaude **2c** du circuit à une valeur sensiblement constante. Le piston **21₁** permet ainsi de réinjecter, en petites quantités, le liquide frigorigène dans l'échangeur de chaleur **3**.

Avantageusement, le piston **21₁** est relié à l'arbre de sortie **11** à l'aide d'un système multiplicateur de vitesses **30**. Par exemple, le piston de la chambre **21** effectue un aller-retour pendant qu'un piston d'une chambre **5₁**, **5₂** effectue une course selon un sens déterminé.

Le fonctionnement de la machine thermodynamique découle directement de la description qui précède.

Lors d'une phase de chauffage du fluide frigorigène, le fluide frigorigène placé dans la partie **2₁** du circuit voit sa température augmentée, sa pression augmentée et change éventuellement d'état. Il est à noter que les obturateurs **E₁**, **S₂**, **E₃**, **S₃** sont considérés ouverts tandis que les obturateurs **E₁**, **E₂** et **S₁** sont fermés.

Lorsque le fluide frigorigène atteint une valeur déterminée de pression, par exemple comprise entre 30 et 50 bars, le fluide frigorigène entre dans la première enceinte **5₁** permettant d'assurer la poussée du piston **7₁** et le mouvement de l'arbre de sortie **11** du système de sortie. Simultanément, le

piston **7₂** chasse le fluide contenu dans l'enceinte **5₂** en direction du refroidisseur **15**.

En fin de la course aller du piston **7₁** et donc de retour du piston **7₂**, les obturateurs **E₁**, **S₂** sont fermés tandis que les obturateurs **E₂**, **S₁** sont
5 ouverts permettant la poursuite du cycle tel que décrit ci-dessus avec inversion des fonctions ou des rôles entre les enceintes **5₁**, **5₂**.

Il est à noter que la chambre à volume variable **21** a effectué, pendant la course aller du piston **7₁**, un aller et retour ayant permis de renvoyer une partie du fluide dans l'échangeur **3**. La chambre à volume variable **21**
10 permet ainsi d'assurer la diminution de la pression du fluide frigorigène dans la partie chaude du circuit permettant d'injecter le liquide frigorigène à une température abaissée dans l'échangeur de chaleur **3**. Il s'ensuit que le fluide frigorigène ayant rempli l'échangeur de chaleur **3** voit sa température et sa pression augmentées. Dans la mesure où la pression à la sortie chaude **2** est
15 inférieure à la pression du fluide frigorigène dans l'échangeur **3**, du fluide frigorigène peut être injecté dans la sortie chaude **2** à partir de l'échangeur **3**. Aussi, il doit être compris que la chambre à volume variable **21** injecte le liquide frigorigène dans l'échangeur **3**, de manière que la pression à la sortie chaude **2** revienne à sa valeur nominale, c'est-à-dire se trouve maintenue à
20 une valeur sensiblement constante. Un nouveau cycle thermodynamique, tel que décrit ci-dessus, recommence de façon autonome ou automatique.

L'invention n'est pas limitée aux exemples décrits et représentés car diverses modifications peuvent y être apportées sans sortir de son cadre.

REVENDECATIONS

1 - Machine thermodynamique, comportant :

- un circuit fermé (**2**) de circulation pour un fluide frigorigène,
- un échangeur de chaleur (**3**) avec une partie (**2₁**) du circuit de circulation
5 du fluide frigorigène, présentant à l'entrée de l'échangeur, une entrée froide (**2f**), et à la sortie de l'échangeur, une sortie chaude (**2c**),
- au moins une première enceinte à volume variable (**5₁**) dont l'entrée est reliée à la sortie chaude du circuit et dont la sortie est reliée à l'entrée d'un refroidisseur (**15**), l'enceinte agissant sur un organe mobile
10 communiquant son mouvement à un système de sortie (**10**),
- et un refroidisseur (**15**), interposé entre la sortie de l'enceinte et l'entrée froide (**2f**) du circuit,

caractérisée en ce que la machine comporte au moins une chambre à volume variable (**21**) commandée par le système de sortie (**10**) en étant
15 interposé entre l'entrée froide (**2f**) du circuit et la sortie du refroidisseur, une telle chambre (**21**) assurant, pour un cycle de fonctionnement de l'enceinte, la réinjection du liquide dans l'échangeur pour maintenir la pression à la sortie chaude (**2c**) du circuit à une valeur sensiblement constante.

2 - Machine thermodynamique selon la revendication 1, caractérisée en
20 ce qu'elle comporte une deuxième enceinte à volume variable (**5₂**) dont l'entrée est reliée à la sortie chaude (**2c**) du circuit et dont la sortie est reliée à l'entrée du refroidisseur (**15**), cette deuxième enceinte (**5₂**) agissant sur un organe mobile monté, en opposition par rapport à l'organe mobile de la première enceinte, pour communiquer son mouvement au système de
25 sortie (**10**).

3 - Machine thermodynamique selon la revendication 1, caractérisée en ce que la chambre à volume variable (**21**) possède un volume variable inférieur au volume de la première et/ou de la deuxième enceinte dans un rapport dépendant des caractéristiques du fluide utilisé permettant d'avoir
30 une égalité entre la masse de gaz déplacé et la masse du liquide déplacé.

4 - Machine thermodynamique selon la revendication 1 ou 3, caractérisée en ce que la chambre à volume variable (**21**) est commandée par un piston (**21₁**) actionné par le système de sortie (**10**) et présentant une section adaptée pour réinjecter le liquide dans l'échangeur de chaleur (**3**).

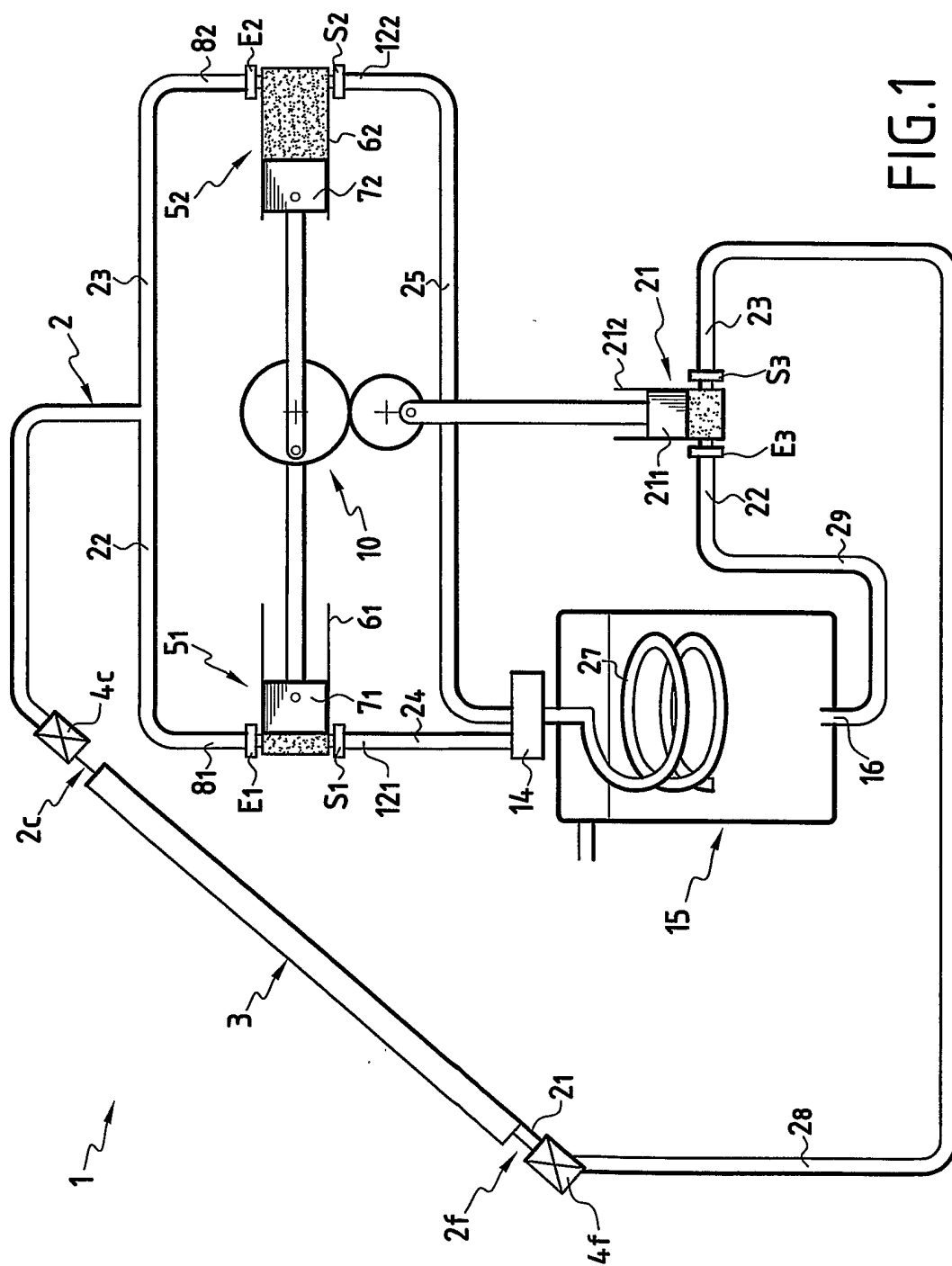
5 **5** - Machine thermodynamique selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce qu'elle comporte des obturateurs commandés (**E₁, S₁ ; E₂, S₂ ; E₃, S₃**) associés aux entrées-sorties des enceintes (**5₁, 5₂**) et de la chambre (**21**).

10 **6** - Machine thermodynamique selon la revendication 5, caractérisée en ce que les obturateurs (**E₁, S₁ ; E₂, S₂ ; E₃, S₃**) sont commandés par des moyens (**17**) pilotés par le mouvement du système de sortie (**10**).

15 **7** - Machine thermodynamique selon la revendication 6, caractérisée en ce que le système de sortie (**10**) comporte un arbre de sortie (**11**) équipé d'un vilebrequin (**12**) sur lequel sont reliés les organes mobiles des enceintes, l'arbre de sortie (**11**) étant pourvu de cames (**17**) permettant de commander les obturateurs.

8 - Machine thermodynamique selon les revendications 5 ou 7, caractérisée en ce que l'arbre de sortie (**11**) agit sur le piston (**21₁**) de la chambre à volume variable (**21**) par l'intermédiaire d'un système multiplicateur de vitesses (**30**).

20 **9** - Machine thermodynamique selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'entrée froide (**2f**) et la sortie chaude (**2c**) du circuit de circulation sont équipées d'obturateurs commandés (**4c, 4f**) dont le fonctionnement est synchronisé avec le fonctionnement des obturateurs commandés associés aux enceintes (**5₁, 5₂**) et à la chambre (**21**).



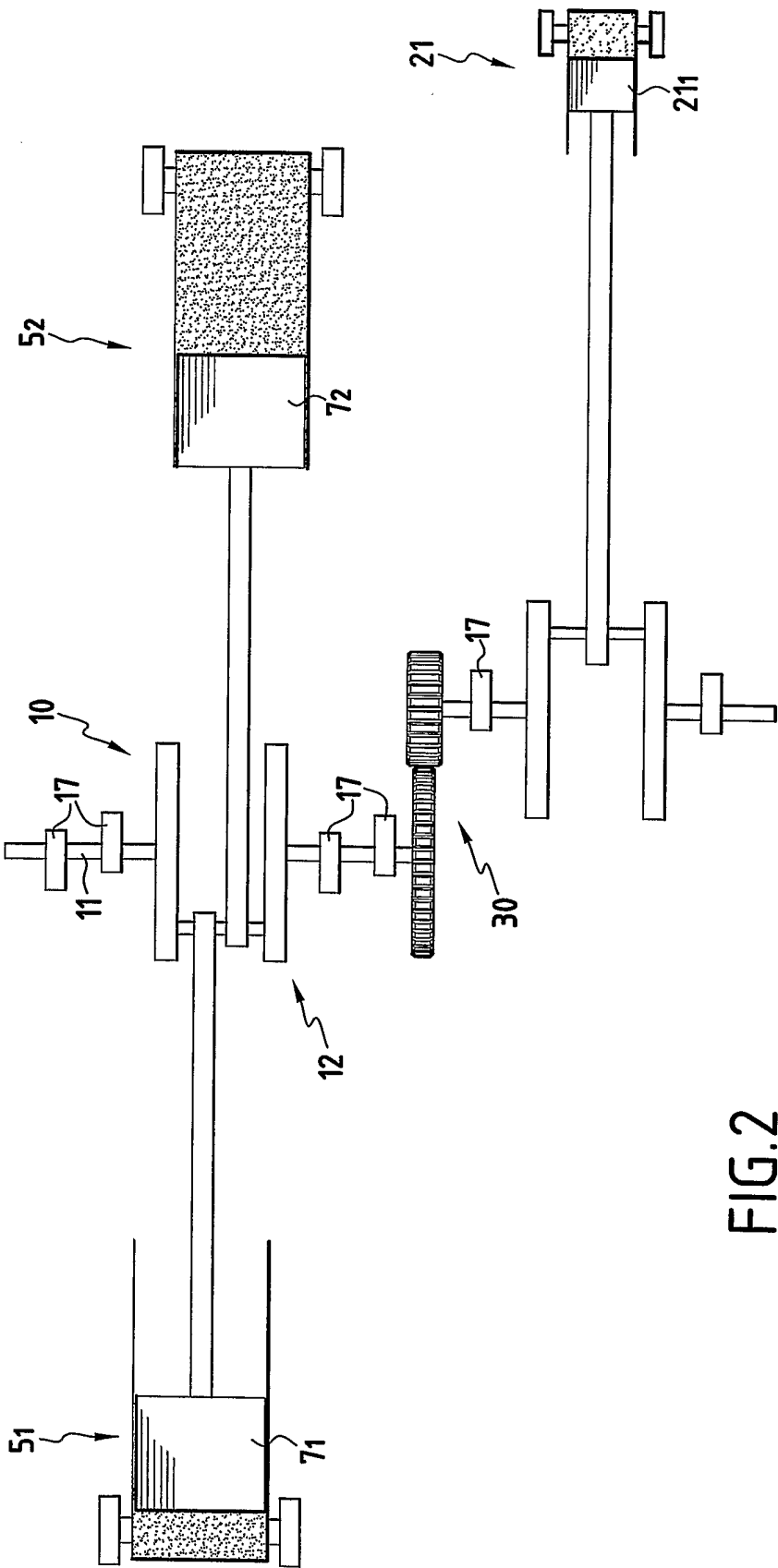


FIG. 2