

**(12) DEMANDE DE BREVET CANADIEN  
CANADIAN PATENT APPLICATION**

(13) A1

(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2013/09/10  
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2014/03/20  
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2015/03/06  
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2013/052072  
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2014/041291  
(30) Priorité/Priority: 2012/09/17 (FR1258682)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *F02C 7/32* (2006.01),  
*B64D 13/00* (2006.01), *B64D 41/00* (2006.01)

(71) Demandeur/Applicant:  
MICROTURBO, FR

(72) Inventeurs/Inventors:  
SILET, FABIEN, FR;  
RIDEAU, JEAN-FRANCOIS, FR

(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : DISPOSITIF ET PROCEDE DE FOURNITURE DE PUISSANCE NON PROPULSIVE POUR UN AERONEF  
(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR SUPPLYING NON-PROPULSIVE POWER FOR AN AIRCRAFT

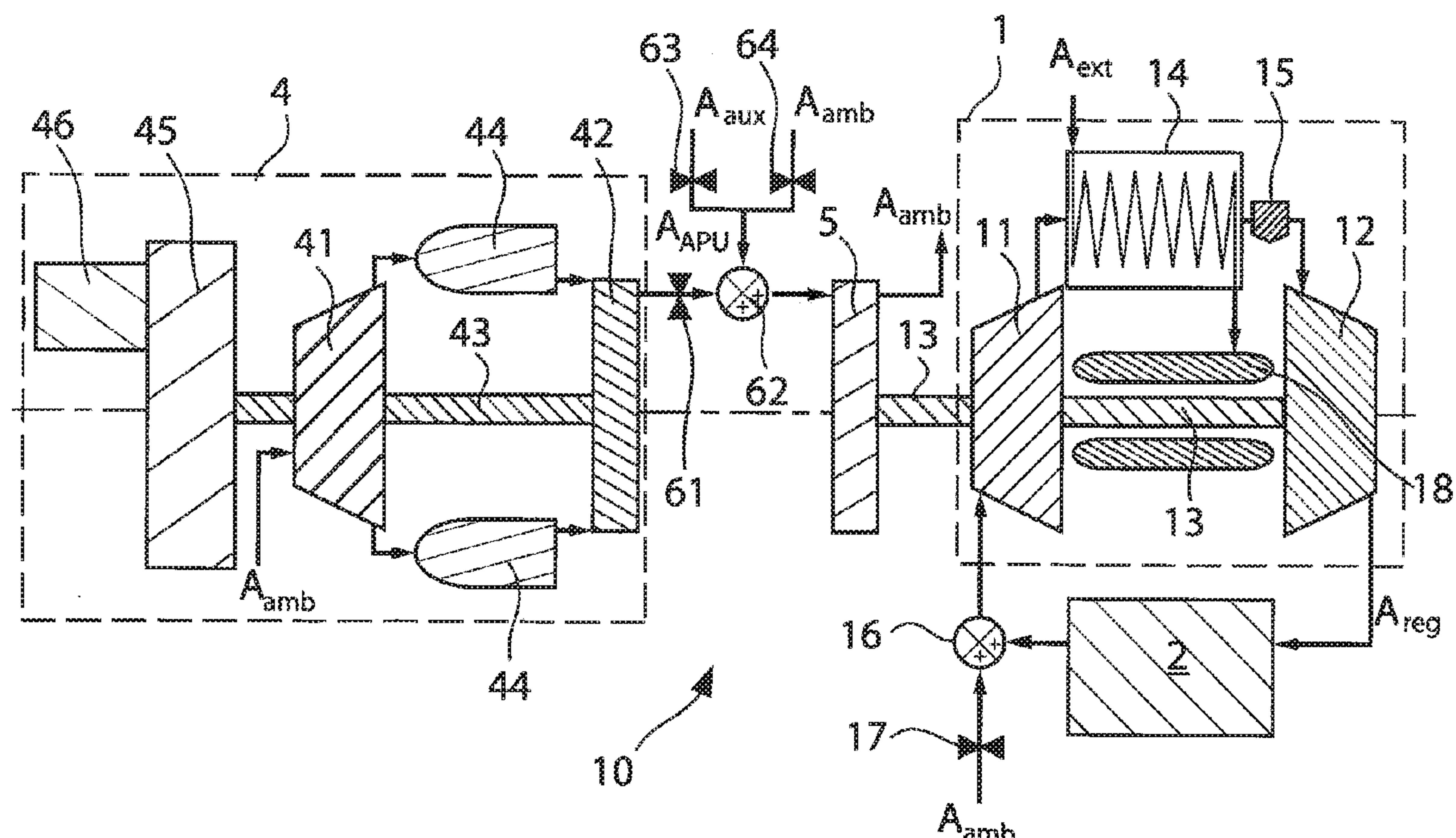


Fig. 2

(57) Abrégé/Abstract:

Procédé de fourniture de puissance non propulsive d'un aéronef, comprenant l'entraînement d'un arbre (13) d'un système de contrôle de l'environnement (1) de l'aéronef par une combinaison de sources d'énergie choisies parmi : - un groupe de puissance auxiliaire (4), - un démarreur/générateur (18), et - des moyens (63) d'alimentation en air auxiliaire.

**(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  
20 mars 2014 (20.03.2014)



**(10) Numéro de publication internationale**

WO 2014/041291 A1

(51) Classification internationale des brevets :  
*F02C 7/32 (2006.01)*      *B64D 41/00 (2006.01)*  
*B64D 13/00 (2006.01)*

(21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR2013/052072

**(22) Date de dépôt international :**  
10 septembre 2013 (10.09.2013)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

**(30) Données relatives à la priorité :**  
1258682 17 septembre 2012 (17.09.2012) FR

(71) Déposant : **MICROTURBO** [FR/FR]; 8 chemin du Pont de Rupe, F-31200 Toulouse (FR).

(72) Inventeurs : **SILET, Fabien**; 2 impasse de l'Herbe, F-31140 Pechbonnieu (FR). **RIDEAU, Jean-François**; 15 C chemin des Bourdets, F-31170 Tournefeuille (FR).

(74) **Mandataire** : GEVERS FRANCE; 81 boulevard Lazare Carnot, E6, F-31000 Toulouse (FR).

(81) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM.

---

**(54) Title : DEVICE AND METHOD FOR SUPPLYING NON-PROPELLIVE POWER FOR AN AIRCRAFT**

**(54) Titre : DISPOSITIF ET PROCEDE DE FOURNITURE DE PUISSANCE NON PROPULSIVE POUR UN AERONEF**

AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

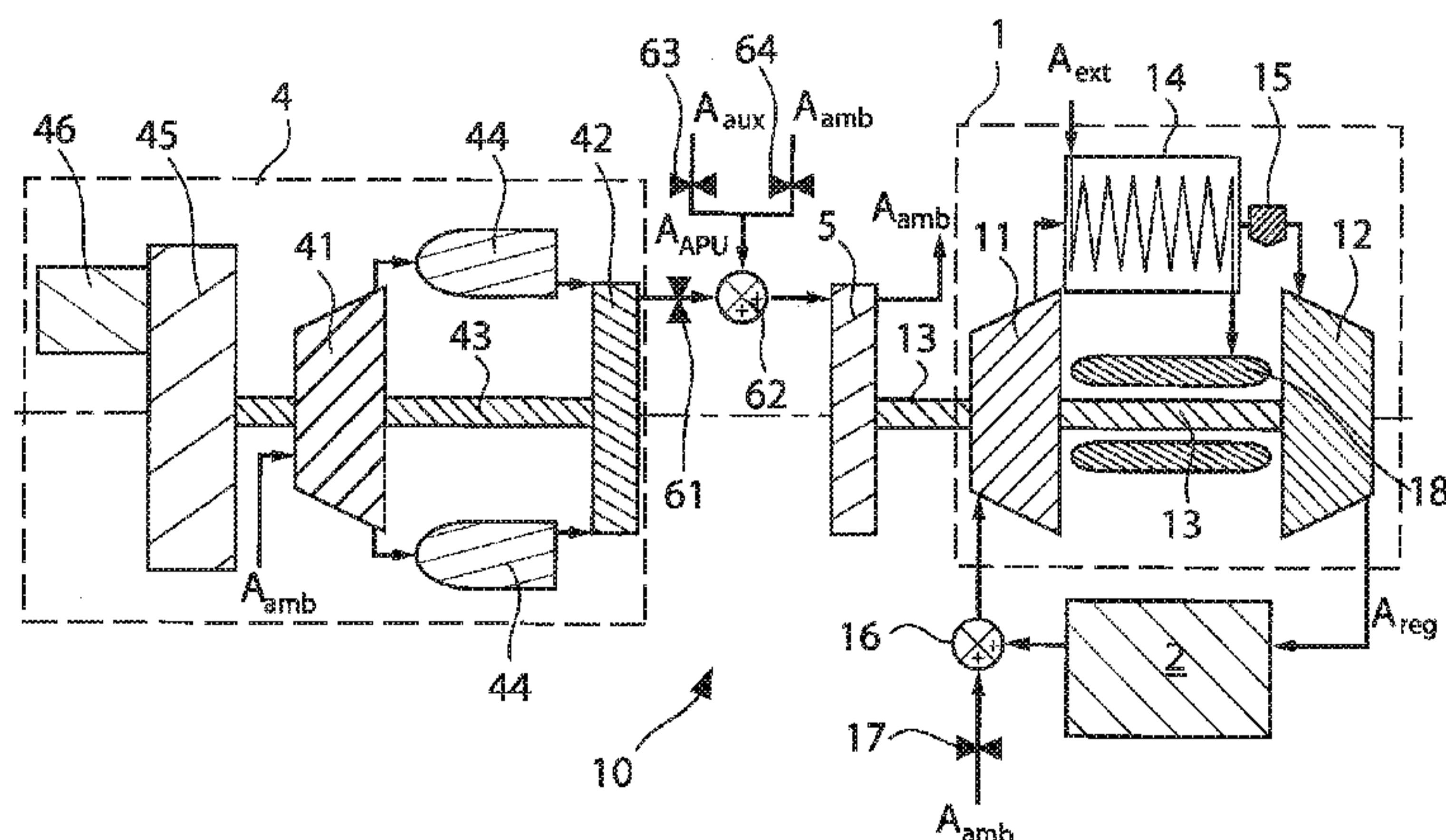


Fig. 2

**(57) Abstract :** The invention relates to a method for supplying non-propulsive power of an aircraft, comprising driving a shaft (13) of a system (1) for controlling the environment of the aircraft by a combination of energy sources selected from: an auxiliary power group (4); a starter/generator (18); and means (63) for supplying auxiliary air.

**(57) Abrégé** : Procédé de fourniture de puissance non propulsive d'un aéronef, comprenant l'entraînement d'un arbre (13) d'un système de contrôle de l'environnement (1) de l'aéronef par une combinaison de sources d'énergie choisies parmi : - un groupe de puissance auxiliaire (4), - un démarreur/générateur (18), et - des moyens (63) d'alimentation en air auxiliaire.

## DISPOSITIF ET PROCEDE DE FOURNITURE DE PUISSANCE NON PROPULSIVE POUR UN AERONEF

### DOMAINE TECHNIQUE GENERAL ET ART ANTERIEUR

5

La présente invention concerne le domaine de la fourniture de puissance non propulsive pour un aéronef, incluant la production de puissance électrique et pneumatique, permettant la pressurisation et la climatisation d'une cabine pour passagers d'un aéronef. La régulation en température et en pression d'une cabine de passagers est classiquement réalisée par un système connu de l'homme du métier sous sa désignation anglaise ECS pour « Environmental Control System ». Lorsque les moteurs principaux de l'aéronef sont arrêtés, la fourniture de puissance pneumatique et/ou électrique est assurée par un groupe de puissance auxiliaire connu de l'homme du métier sous la désignation anglaise APU pour « Auxiliary Power Unit ».

15 De manière simplifiée, en référence à la figure 1A, un système ECS 1 est adapté pour prélever un flux d'air ambiant  $A_{amb}$  à l'aéronef de pression extérieur  $P_0$  et de température extérieure  $T_0$  afin de le refroidir ou de le réchauffer avant de le distribuer dans une cabine de passagers 2. En pratique, en référence à la figure 1A, un système ECS 1 comporte un compresseur de charge 11 et une turbine 12 reliés par un arbre de liaison 13, un échangeur de chaleur 14 et un condenseur 15.

20

En fonctionnement, le système ECS 1 prélève de l'air  $A_M$  sur les moteurs principaux de l'aéronef afin d'entraîner en rotation le compresseur de charge 11. Le compresseur de charge 11 aspire de l'air ambiant  $A_{amb}$  via une valve d'alimentation 17 et le comprime dans l'échangeur de chaleur 14 afin de réguler sa température puis dans le condenseur 15 afin de le déshumidifier. Le flux d'air refroidi se détend ensuite dans la turbine froide 12 avant d'être acheminé dans la cabine de passagers 2 comme illustré sur la figure 1A.

30 De manière optionnelle, après circulation dans la cabine de passagers 2, l'air de la cabine de passagers 2 peut être introduit dans un mélangeur 16 avec de l'air ambiant  $A_{amb}$ , le mélange étant ensuite aspiré par le compresseur de charge 11 afin d'améliorer le rendement du système ECS 1 en limitant la quantité d'air  $A_M$  prélevée sur les moteurs principaux.

35 Le prélèvement de puissance du système ECS 1 sur les moteurs principaux pénalise, d'une part, la consommation en carburant de l'aéronef et, d'autre part, la configuration des moteurs principaux qui doivent être adaptés pour coopérer avec le système ECS 1. En pratique, pour des questions de fiabilité, le système ECS 1 est redondé dans un aéronef ce qui augmente les contraintes relatives aux moteurs principaux.

40 En référence à la figure 1B, il a été proposé d'entraîner le système ECS 1 au moyen d'un moteur électrique 3 afin d'éviter de prélever de la puissance sur les moteurs principaux de l'aéronef.

Néanmoins un tel entraînement électrique possède un rendement énergétique faible ce qui présente un inconvénient.

### **PRESENTATION GENERALE DE L'INVENTION**

5

Pour éliminer au moins certains de ces inconvénients, l'invention concerne un procédé de fourniture de puissance non propulsive d'un aéronef, comprenant l'entraînement d'un arbre d'un système de contrôle de l'environnement de l'aéronef par une combinaison de sources d'énergie choisies parmi :

10

- un groupe de puissance auxiliaire,
- un démarreur/générateur, et
- des moyens d'alimentation en air auxiliaire.

15

Selon l'invention, le système de contrôle de l'environnement ECS peut être activé par plusieurs sources d'énergie telles que des sources pneumatique et électrique. Le groupe de puissance auxiliaire APU peut par exemple fournir de l'énergie pneumatique (en délivrant un flux d'air) et/ou de l'énergie électrique (par exemple lorsqu'il est équipé d'un démarreur/générateur). Dans un cas particulier de réalisation de l'invention, le groupe APU fournit de l'énergie pneumatique au système ECS et comprend un démarreur/générateur qui fournit de l'énergie électrique à un démarreur/générateur du système ECS, pour transmettre un boost de puissance à ce système ECS.

Le démarreur/générateur est apte à fournir une énergie électrique et les moyens d'alimentation en air auxiliaire sont aptes à fournir une énergie pneumatique.

25

L'invention permet ainsi de faire fonctionner le système ECS selon plusieurs modes, qui seront décrits dans le détail dans ce qui suit.

Le groupe de puissance auxiliaire peut générer un flux d'air d'entraînement d'une turbine libre solidaire de l'arbre du système de contrôle de l'environnement.

30

En fonctionnement démarreur, le démarreur/générateur peut être alimenté en électricité par des moyens d'alimentation électrique, tels que des servitudes électriques d'un aéroport, ou le réseau électrique de l'aéronef. En variante ou en complément, il peut être alimenté en électricité par un générateur/démarreur du groupe de puissance auxiliaire.

35

Les moyens d'alimentation en air auxiliaire peuvent entraîner une turbine libre solidaire de l'arbre du système de contrôle de l'environnement. Ils peuvent être formés par les moteurs principaux de l'aéronef ou par des servitudes d'alimentation en air d'un aéroport.

L'invention concerne également un dispositif de fourniture de puissance non propulsive pour un aéronef, le dispositif comportant :

- un groupe de puissance auxiliaire comportant un compresseur de puissance, une chambre de combustion et une turbine de puissance reliée au dit compresseur de puissance par un arbre de puissance ; et
- un système de contrôle de l'environnement qui comprend une turbine de distribution d'air régulé destiné à une cabine d'aéronef et un compresseur de charge relié à la turbine de distribution par un arbre de liaison.

5 le système de contrôle de l'environnement comportant une turbine libre d'entraînement solidaire de l'arbre de liaison, et le système de contrôle de l'environnement et le groupe de puissance auxiliaire étant configurés de manière à ce que la turbine de puissance fournisse un flux d'air à la turbine libre d'entraînement de manière à entraîner le compresseur de charge solidaire de l'arbre de liaison.

10 Le dispositif selon l'invention est autonome et intègre les fonctions d'un groupe de puissance auxiliaire APU, mais aussi d'un système de contrôle de l'environnement ECS ce qui est 15 avantageux.

De manière classique, un aéronef comporte un groupe de puissance auxiliaire, connus sous son abréviation anglaise APU pour « Auxiliary Power Unit », afin de fournir une puissance pneumatique ou électrique aux équipements de l'aéronef lorsque ce dernier est au sol et que ses 20 turboréacteurs ne sont pas allumés. Au cours du vol de l'aéronef, le groupe de puissance APU n'est pas utilisé et est considéré comme un « poids mort ».

De manière avantageuse, le groupe de puissance et le système de contrôle de l'environnement sont couplés afin, d'une part, de limiter les prélèvements sur les moteurs principaux de l'aéronef et, 25 d'autre part, d'utiliser pleinement les capacités du groupe de puissance APU qui n'était traditionnellement utilisé qu'au démarrage. En outre, le groupe de puissance APU permet de suppléer l'alimentation du système ECS qui ne doit plus être nécessairement redondé. Le rendement de l'aéronef est ainsi amélioré.

30 Le groupe de puissance APU et le système ECS sont traditionnellement considérés comme des modules fonctionnels distincts, c'est-à-dire, dénués d'interactions. Ce préjugé technique se traduit concrètement par une différentiation claire dans les spécificités des avionneurs qui considèrent le groupe de puissance APU et le système ECS comme appartenant à des classes fonctionnelles différentes et éloignées. Le groupe de puissance APU et le système ECS appartiennent 35 respectivement aux classes fonctionnelles ATA 49 et classe ATA 21 bien connues de l'homme du métier.

L'invention est remarquable en ce que le dispositif comprend en outre au moins l'une quelconque des sources d'énergie suivantes :

40 - un démarreur/générateur accessoire adapté pour entraîner en rotation l'arbre de liaison, et

- des moyens d'alimentation en air auxiliaire agencés pour entraîner en rotation la turbine libre d'entraînement du système de contrôle de l'environnement de manière à entraîner le compresseur de charge solidaire de l'arbre de liaison.

5 L'invention est particulièrement avantageuse car elle permet d'activer le système de contrôle de l'environnement par l'intermédiaire de plusieurs sources différentes, qui peuvent être utilisées indépendamment l'une de l'autre ou en combinaison les unes avec les autres.

Dans un premier cas, l'arbre de liaison du système ECS peut être entraîné en rotation par (i) le 10 groupe de puissance APU ou (ii) le démarreur/générateur du système ECS, ce dernier pouvant être relié à des moyens d'alimentation en électricité.

Dans un second cas, l'arbre de liaison du système ECS peut être entraîné en rotation par (i) le groupe de puissance APU ou (iii) les moyens d'alimentation en air comprimé.

Dans un troisième cas, correspondant à la combinaison des deux premiers cas, l'arbre de liaison 15 du système ECS peut être entraîné en rotation par (i) le groupe de puissance APU, (ii) le démarreur/générateur du système ECS ou (iii) les moyens d'alimentation en air comprimé.

Autrement dit, l'invention propose un dispositif qui est configuré de façon à pouvoir choisir la 20 source d'activation du système ECS parmi au moins deux sources disponibles. Ceci permet de faire fonctionner le dispositif selon plusieurs modes, parmi lesquels :

- le mode A de fonctionnement autonome, dans lequel la turbine de puissance du groupe de puissance APU fournit un flux d'air à la turbine libre d'entraînement du système ECS de manière à entraîner le compresseur de charge solidaire de l'arbre de liaison,
- le mode E de fonctionnement électrique, dans lequel l'arbre de liaison est entraîné en rotation par le générateur/démarreur du système ECS, qui est par exemple relié à une source électrique auxiliaire, et
- le mode P de fonctionnement pneumatique, dans lequel les moyens d'alimentation (source pneumatique auxiliaire) fournissent de l'air comprimé à la turbine libre d'entraînement du système ECS de manière à entraîner le compresseur de charge solidaire de l'arbre de liaison.

De préférence, le dispositif de puissance non propulsive est monté dans un même logement d'un aéronef. Ainsi, la coopération entre le groupe de puissance APU et le système ECS est non 35 seulement fonctionnelle mais également physique afin de pouvoir diminuer l'encombrement du dispositif de régulation tout en permettant un couplage à fort rendement.

De manière préférée, la turbine de puissance et la turbine libre sont séparées d'une distance inférieure à 30 cm de manière à permettre un couplage pneumatique performant.

De préférence, le groupe de puissance auxiliaire comporte un démarreur/générateur de puissance adapté pour entraîner en rotation l'arbre de puissance. De préférence encore, le démarreur/générateur de puissance est adapté pour générer de l'énergie électrique lors de la mise en rotation de la turbine de puissance.

5

Le démarreur/générateur permet ainsi de démarrer le groupe de puissance APU et de fournir un surplus de puissance électrique au système ECS en cas de besoin en air comprimé additionnel. De plus, le démarreur/générateur permet avantageusement d'emmageriner de l'énergie électrique lors du fonctionnement autonome du groupe de puissance APU ce qui améliore le rendement énergétique du dispositif de régulation.

10 De préférence, le démarreur/générateur accessoire du système de contrôle de l'environnement est relié électriquement au groupe de puissance auxiliaire, de préférence, au démarreur/générateur de puissance. Ainsi, le démarreur/générateur accessoire permet de fournir un surplus d'énergie au système ECS en fonction des besoins en air comprimé (appelé mode T de fonctionnement).

15 Selon un aspect préféré de l'invention, le dispositif de régulation comporte des moyens de mise à l'air libre de la turbine libre d'entraînement de manière à autoriser une rotation de la turbine libre d'entraînement lorsque le système ECS est alimenté par des sources d'énergie auxiliaires autres que le groupe de puissance auxiliaire.

20 De manière préférée, la turbine libre d'entraînement est montée directement à proximité du compresseur de charge sur l'arbre de liaison ce qui permet de limiter l'encombrement et la complexité du système ECS.

25

25 L'invention concerne en outre un procédé de régulation d'une cabine d'aéronef pour passagers, au moyen d'un système tel que décrit ci-dessus, dans lequel l'arbre de liaison est entraîné par au moins l'une quelconque des sources d'énergie suivantes :

30 - le groupe de puissance auxiliaire, dont la turbine libre fournit un flux d'air à la turbine libre d'entraînement de manière à entraîner le compresseur de charge solidaire de l'arbre de liaison

- le démarreur/générateur accessoire du système de contrôle de l'environnement, et

- les moyens d'alimentation qui fournissent un flux d'air auxiliaire à la turbine libre d'entraînement du système de contrôle de l'environnement de manière à entraîner le compresseur de charge solidaire de l'arbre de liaison.

35

### **PRESENTATION DES FIGURES**

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et se référant aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1A est une représentation schématique simplifiée d'un système ECS selon l'art antérieur entraîné par de l'air  $A_M$  des moteurs principaux de l'aéronef (déjà commentée) ;
- la figure 1B est une représentation schématique simplifiée d'un système ECS selon l'art antérieur entraîné par un moteur électrique dédié (déjà commentée) ;
- 5 - la figure 2 est une représentation schématique d'un dispositif de fourniture de puissance non propulsive pour un aéronef selon l'invention comportant un système ECS couplé à un groupe de puissance auxiliaire ;
- la figure 3 est une représentation schématique du dispositif de fourniture de puissance non propulsive selon l'invention selon un premier mode de mise en œuvre (MODE-A) dans 10 lequel le fonctionnement du dispositif est autonome ;
- la figure 4 est une représentation schématique du dispositif de fourniture de puissance non propulsive selon l'invention selon un deuxième mode de mise en œuvre (MODE-T) dans lequel le groupe de puissance auxiliaire fournit de l'énergie pneumatique et de l'énergie électrique pour entraîner le système ECS ;
- 15 - la figure 5 est une représentation schématique du dispositif de fourniture de puissance non propulsive selon l'invention selon un troisième mode de mise en œuvre (MODE-E) dans lequel le dispositif est alimenté par une source électrique auxiliaire, le groupe de puissance auxiliaire n'étant pas actif ; et
- la figure 6 est une représentation schématique du dispositif de fourniture de puissance non 20 propulsive selon l'invention selon un quatrième mode de mise en œuvre (MODE-P) dans lequel le dispositif est alimenté par une source pneumatique auxiliaire, le groupe de puissance auxiliaire n'étant pas actif.

Il faut noter que les figures exposent l'invention de manière détaillée pour mettre en œuvre 25 l'invention, lesdites figures pouvant bien entendu servir à mieux définir l'invention le cas échéant.

#### **DESCRIPTION D'UN OU PLUSIEURS MODES DE REALISATION ET DE MISE EN OEVRE**

L'invention va être présentée pour un aéronef comportant un ou plusieurs moteurs principaux afin 30 de permettre le déplacement de l'aéronef. L'aéronef comporte en outre une cabine pour passager qui doit être régulée en pression et/ou en température. En référence à la figure 2, il va être présenté un dispositif de fourniture de puissance non propulsive 10.

Le dispositif de fourniture de puissance non propulsive 10 comporte un système de contrôle de 35 l'environnement 1, connu de l'homme du métier sous la désignation de système ECS, et un groupe de puissance auxiliaire 4, connu de l'homme du métier sous la désignation de groupe APU. Selon l'invention, le système ECS 1 et le groupe APU 4 sont couplés de manière à ce que le groupe APU 4 fournit de la puissance au groupe ECS 1 et ainsi diminue ses prélèvements de puissance sur les moteurs principaux de l'aéronef.

### Système ECS 1

Comme illustré à la figure 2, le système ECS 1 comporte une turbine 12 de distribution d'air régulé  $A_{reg}$  destiné à la cabine d'aéronef 2 et un compresseur de charge 11 relié à la turbine de distribution 12 par un arbre de liaison 13. De manière préférée, le système ECS 1 comporte un échangeur de chaleur 14 et un condenseur 15 afin que l'air ambiant  $A_{amb}$  prélevé par le compresseur de charge 11 via des moyens d'alimentation 17 puisse être régulé en température par l'échangeur de chaleur 14 et déshumidifié par le condenseur 15 afin d'obtenir un flux d'air régulé  $A_{reg}$  apte à être introduit dans la cabine de passagers 2.

10

De manière préférée, le système ECS 1 comporte un démarreur/générateur accessoire 18 monté sur l'arbre de liaison 13 du système ECS 1 de manière à pouvoir, d'une part, entraîner l'arbre de liaison 13 en rotation lors d'un fonctionnement « démarreur » à partir de ses réserves d'énergie électrique, et, d'autre part, accumuler de l'énergie électrique lors de la rotation de l'arbre de liaison 13 (fonctionnement « générateur »). De manière avantageuse, en fonctionnement démarreur, le démarreur/générateur accessoire 18 permet de réguler de manière précise l'alimentation en air pressurisé de la cabine de passagers 2.

20

Les moyens d'alimentation 17 se présentent dans cet exemple sous la forme d'une valve d'alimentation 17 mais il va de soi que d'autres moyens pourraient convenir. De préférence encore, le système ECS 1 comprend un mélangeur 16 adapté pour mélanger le flux d'air ambiant  $A_{amb}$  issu de la valve d'alimentation 17 avec un flux d'air issu de la cabine de passagers 2. Une telle recirculation du flux d'air de la cabine de passagers 2 permet avantageusement d'améliorer le rendement du système ECS 1.

25

### Groupe APU 4

Toujours en référence à la figure 2, le groupe APU 4 du dispositif de fourniture de puissance non propulsive 10 comporte un compresseur de puissance 41, une chambre de combustion 44 et une turbine de puissance 42 reliée au dit compresseur de puissance 41 par un arbre de puissance 43. Autrement dit, le groupe APU 4 forme un générateur de gaz et permet l'alimentation électrique et/ou pneumatique d'équipements de l'aéronef.

De manière préférée, le groupe APU 4 comporte un démarreur/générateur de puissance 46 monté sur l'arbre de puissance 43 du groupe APU 4 de manière à pouvoir, d'une part, entraîner l'arbre de puissance 43 en rotation lors d'un fonctionnement « démarreur » à partir de ses réserves d'énergie électrique, et, d'autre part, accumuler de l'énergie électrique lors de la rotation de l'arbre de puissance 43.

De préférence, le démarreur/générateur de puissance 46 est monté sur l'arbre de puissance 43 par l'intermédiaire d'une boîte relais 45, c'est-à-dire un multiplicateur, de manière à adapter la vitesse de rotation de l'arbre de puissance 43 à celle du démarreur/générateur de puissance 46. Ainsi, le démarreur/générateur de puissance 46 peut être entraîné par l'arbre de puissance 43 pour générer de l'énergie électrique ou entraîner l'arbre de puissance 43, c'est-à-dire, générer de l'énergie mécanique à partir d'énergie électrique.

Selon un aspect de l'invention, le démarreur/générateur accessoire 18 du système ECS 1 est relié électriquement au groupe APU 4, de préférence, à son démarreur/générateur de puissance 46 de manière à permettre un entraînement électrique de l'arbre de liaison 13 du système ECS 1 comme cela sera détaillé par la suite. Par ailleurs, le démarreur/générateur accessoire 18 du système ECS 1 peut également être relié électriquement à des servitudes électriques d'un aéroport comme cela sera détaillé par la suite.

15 Comme le groupe APU et le système ECS possèdent chacun un démarreur/générateur 18, 46, on peut réguler de manière libre la vitesse de chaque arbre afin de s'adapter de manière réactive aux besoins du dispositif de fourniture de puissance non propulsive 10.

De manière classique, un tel groupe APU 4 n'est utilisé que lors des phases au sol, c'est-à-dire, 20 avant l'allumage effectif des moteurs principaux de l'aéronef, ainsi qu'après leur arrêt. Le groupe APU 4 et le système ECS 1 sont classiquement des dispositifs distincts qui n'interagissent pas l'un avec l'autre lorsque l'aéronef est en vol. Selon l'invention, le groupe APU 4 et le système ECS 1 coopèrent lors d'un vol de l'aéronef afin de limiter les prélèvements de puissance sur les moteurs principaux de l'aéronef et ainsi augmenter le rendement énergétique de l'aéronef. En outre, cela 25 permet de former un dispositif dont l'encombrement et dont la masse sont limités.

Selon l'invention, le système ECS 1 comporte une turbine libre d'entraînement 5 solidaire de l'arbre de liaison 13 comme illustré à la figure 2. Le système ECS 1 et le groupe APU 4 sont configurés de manière à ce que la turbine de puissance 42 fournisse un flux d'air  $A_{APU}$  à la turbine libre d'entraînement 5 de manière à entraîner le compresseur de charge 11 solidaire de l'arbre de liaison 13.

30 L'air expulsé de la chambre de combustion 44 du groupe APU 4 se détend dans la turbine de puissance 42 puis dans la turbine libre 5 comme illustré à la figure 2. Ainsi, l'énergie issue de la chambre de combustion 44 participe, d'une part, à l'entraînement du compresseur de puissance 41 du groupe APU 4 et, d'autre part, à l'entraînement du compresseur de charge 11 du système ECS 1.

De manière préférée, le dispositif de fourniture de puissance non propulsive 10 comporte des 40 moyens 63 d'alimentation en air auxiliaire  $A_{aux}$  de la turbine libre 5. Par air auxiliaire  $A_{aux}$ , on entend

un flux d'air issu par exemple des moteurs principaux de l'aéronef ou fourni par des servitudes d'un aéroport. Dans cet exemple, les moyens 63 d'alimentation en air auxiliaire  $A_{aux}$  se présentent sous la forme d'une valve d'alimentation. De manière préférée, le dispositif de régulation 10 comporte des moyens 64 de mise à l'air libre de la turbine libre 5 lorsque le groupe APU 4 n'est pas activé.

5 Dans cet exemple, les moyens de mise à l'air libre 64 se présentent sous la forme d'une valve de mise à l'air libre.

De préférence encore, le dispositif de fourniture de puissance non propulsive 10 comporte un mélangeur 62 agencé pour mélanger un flux d'air issu des moyens 63 d'alimentation en air auxiliaire  $A_{aux}$ , un flux d'air issu des moyens de mise à l'air libre 64 et un flux d'air  $A_{APU}$  issu de la turbine de puissance 42. De manière préférée, le dispositif de fourniture de puissance non propulsive 10 comporte des moyens 61 de régulation du débit d'air  $A_{APU}$  fourni par la turbine de puissance 42 au mélangeur 62, de préférence, une valve de régulation.

15 L'invention se propose de rassembler le groupe de puissance APU 4 et le système ECS 1 afin de former un dispositif de fourniture de puissance non propulsive 10 de faible masse et d'encombrement limité.

20 Selon un aspect de l'invention, le groupe de puissance APU 4 et le système ECS 1 appartiennent à un même logement de l'aéronef, le logement pouvant être unitaire ou compartimenté. De préférence, la turbine de puissance 42 du groupe APU 4 et la turbine libre 5 du système ECS 1 sont séparées d'une distance inférieure à 30 cm, de préférence, de l'ordre de 5 cm. La proximité de la turbine de puissance 42 du groupe APU 4 avec la turbine libre 5 du système ECS 1 permet de profiter de manière efficace de la détente des gaz issus de la chambre de combustion 44 du groupe APU. De préférence, la turbine libre d'entraînement 5 est montée directement à proximité 25 du compresseur de charge 11 sur l'arbre de liaison 13, c'est-à-dire sans intermédiaire, de manière à limiter l'encombrement et la complexité du dispositif de fourniture de puissance non propulsive 10.

30 L'invention sera mieux comprise en référence aux figures 3 à 6 qui présentent différents modes de mise en œuvre de l'invention.

### **Fonctionnement autonome (MODE-A)**

35 En référence à la figure 3, en fonctionnement autonome, le groupe APU 4 est actif. Le compresseur de puissance 41 aspire de l'air ambiant  $A_{amb}$  qui est conduit et comprimé dans la chambre de combustion 44. Les gaz issus de la chambre de combustion 44 sont détendus dans la turbine de puissance 42. En aval de la turbine de puissance 42, un flux d'air  $A_{APU}$  est reçu par la turbine libre d'entraînement 5 afin d'entraîner le compresseur de charge 11 du système ECS 1 par 40 l'intermédiaire de l'arbre de liaison 13. Autrement dit, on tire avantage de l'énergie du flux d'air  $A_{APU}$

pour alimenter en énergie le système ECS 1 et ainsi éviter de prélever de l'énergie sur les moteurs principaux de l'aéronef.

Le compresseur de charge 11 aspire de l'air extérieur  $A_{amb}$  via les moyens d'alimentation 17 qui est 5 conduit et comprimé dans l'échangeur 14 et refroidi par un flux d'air extérieur  $A_{ext}$ . Une fois refroidi, le flux d'air est asséché par le condenseur 15 avant d'être détendu dans la turbine de distribution 12 pour être ensuite conduit dans la cabine de passagers 2. De l'air recirculé de la cabine de passager 2 peut également être prélevé par le compresseur de charge 11. Le mélangeur 16 peut également adapter la proportion d'air ambiant  $A_{amb}$  dans l'air aspiré par le compresseur de charge 10 11.

De manière avantageuse, au cours du MODE-A, le démarreur/générateur de puissance 46 du groupe APU 4 après avoir servi au démarrage de l'ensemble, peut fournir de l'énergie électrique par l'intermédiaire de la boîte relais 45. De préférence, le démarreur/générateur de puissance 18 15 du système ECS 1 peut également fournir de l'énergie électrique.

Dans cet exemple, les moyens d'alimentation en air auxiliaire 63 et les moyens de mise à l'air libre 64 sont fermés.

20 En fonctionnement autonome MODE-A, le système ECS 1 est alimenté de manière pneumatique par le groupe APU 4. Cette énergie pneumatique est transformée par la turbine libre d'entraînement 5 en une rotation de l'arbre de liaison 13. Le groupe APU est ainsi utilisé lors du démarrage de l'aéronef mais également lors du vol.

## 25 **Fonctionnement avec transfert d'énergie électrique (MODE-T)**

En référence à la figure 4, en fonctionnement de transfert d'énergie électrique, le groupe APU 4 est actif et les gaz issus de la chambre de combustion 44 sont détendus dans la turbine de puissance 42. De manière similaire au MODE-A, en aval de la turbine de puissance 42, un flux d'air  $A_{APU}$  est 30 reçu par la turbine libre d'entraînement 5 afin d'entraîner le compresseur de charge 11 par l'intermédiaire de l'arbre de liaison 13.

De manière avantageuse, au cours du MODE-T, le démarreur/générateur de puissance 46 alimente électriquement le démarreur/générateur accessoire 18 du système ECS 1 de manière à accélérer la vitesse d'entraînement de l'arbre de liaison 13. Autrement dit, si le système ECS 1 requiert, pour des conditions particulières, une énergie importante, le démarreur/générateur de puissance 46 peut fournir de l'énergie électrique qui vient suppléer l'énergie pneumatique fournie par la turbine de puissance 42 ce qui est très avantageux. L'arbre de liaison 13 reçoit ainsi un « boost » de puissance temporaire ce qui est avantageux dans les phases de vol de l'aéronef où 40 les besoins en air pressurisé sont importants (phases dites de « pull-up » ou de « pull-down »).

Dans cet exemple, les moyens d'alimentation en air auxiliaire 63 et les moyens de mise à l'air libre 64 sont fermés.

5 En fonctionnement autonome MODE-A, le système ECS 1 est alimenté de manière pneumatique et électrique par le groupe APU 4. De manière avantageuse, il n'est pas nécessaire de surdimensionner le dispositif de fourniture de puissance non propulsive 10 pour répondre à des efforts transitoires, le surplus d'énergie électrique fourni par le groupe APU 4 permettant d'absorber les efforts transitoires.

10

#### **Fonctionnement électrique (MODE-E)**

En référence à la figure 5, en fonctionnement électrique, le groupe APU 4 est inactif. Le système ECS 1 est entraîné par le démarreur/générateur accessoire 18 qui est alimenté électriquement par 15 une source électrique auxiliaire  $E_{aux}$ , par exemple, des servitudes électriques d'un aéroport.

Ainsi, lors du fonctionnement en mode électrique, l'arbre de liaison 13 est entraîné par la source électrique auxiliaire  $E_{aux}$ . Étant donné que la turbine libre d'entraînement 5 est solidaire de l'arbre de liaison 13, il est important de mettre à l'air libre la turbine libre d'entraînement 5 afin d'éviter tout 20 dysfonctionnement en l'absence d'alimentation en air du groupe APU 4. A cet effet, la valve de mise à l'air libre 64 est ouverte en fonctionnement électrique tandis que les moyens d'alimentation en air auxiliaire 63 demeurent fermés.

En fonctionnement électrique MODE-E, le système ECS 1 est alimenté de manière électrique par 25 une source électrique auxiliaire  $E_{aux}$  ce qui est avantageux et ne prélève pas de ressources propres à l'aéronef.

#### **Fonctionnement pneumatique (MODE-P)**

30 En référence à la figure 6, en fonctionnement pneumatique, le groupe APU 4 est inactif. Le système ECS 1 est entraîné par la turbine libre d'entraînement 5 via une source pneumatique auxiliaire  $A_{aux}$ , par exemple, des servitudes d'alimentation en air comprimé d'un aéroport.

Ainsi, lors du fonctionnement en mode pneumatique, la turbine libre d'entraînement 5 est entraînée 35 par la source pneumatique auxiliaire  $A_{aux}$ . A cet effet, les moyens d'alimentation en air auxiliaire 63 sont ouverts en fonctionnement pneumatique tandis que les moyens de mise à l'air libre 64 demeurent fermés.

40 En fonctionnement pneumatique MODE-P, le système ECS 1 est alimenté de manière pneumatique par une source pneumatique auxiliaire  $A_{aux}$ . Cette source de puissance pneumatique

peut être soit externe à l'aéronef (servitudes d'un aéroport par exemple) soit provenir d'une source d'air comprimé intégrée à l'aéronef (moteurs principaux, récupération de pressurisation cabine...).

**REVENDICATIONS**

1. Procédé de fourniture de puissance non propulsive d'un aéronef, comprenant l'entraînement d'un arbre (13) d'un système de contrôle de l'environnement (1) de l'aéronef par une combinaison de sources d'énergie choisies parmi :
  - un groupe de puissance auxiliaire (4),
  - un démarreur/générateur (18), et
  - des moyens (63) d'alimentation en air auxiliaire.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le groupe de puissance auxiliaire (4) génère un flux d'air d'entraînement d'une turbine libre (5) solidaire de l'arbre (13) du système de contrôle de l'environnement (1).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le démarreur/générateur (18) est, en fonctionnement démarreur, alimenté en électricité par des moyens d'alimentation électrique, tels que des servitudes électriques d'un aéroport, ou le réseau électrique de l'aéronef.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel le démarreur/générateur (18) est, en fonctionnement démarreur, alimenté en électricité par un générateur/démarreur (46) du groupe de puissance auxiliaire (4).
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel les moyens (63) d'alimentation en air auxiliaire entraînent une turbine libre (5) solidaire de l'arbre (13) du système de contrôle de l'environnement (1).
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel les moyens d'alimentation en air auxiliaire (63) sont formés par les moteurs principaux de l'aéronef ou par des servitudes d'alimentation en air d'un aéroport.
7. Dispositif de fourniture de puissance non propulsive d'un aéronef, le dispositif comportant :
  - un groupe de puissance auxiliaire (4) comportant un compresseur de puissance (41), une chambre de combustion (44) et une turbine de puissance (42) reliée au dit compresseur de puissance (41) par un arbre de puissance (43) ;
  - un système de contrôle de l'environnement (1) qui comprend une turbine (12) de distribution d'air régulé ( $A_{reg}$ ) destiné à une cabine d'aéronef (2) et un compresseur de charge (11) relié à la turbine de distribution (12) par un arbre de liaison (13) ;le système de contrôle de l'environnement (1) comportant une turbine libre d'entraînement (5) solidaire de l'arbre de liaison (13), et le système de contrôle de l'environnement (1) et le groupe de puissance auxiliaire (4) étant configurés de manière à ce que la turbine de

puissance (42) fournit un flux d'air ( $A_{APU}$ ) à la turbine libre d'entraînement (5) de manière à entraîner le compresseur de charge (11) solidaire de l'arbre de liaison (13), dispositif caractérisé par le fait qu'il comprend en outre au moins l'une quelconque des sources d'énergie suivantes :

5 - un démarreur/générateur accessoire (18) adapté pour entraîner en rotation l'arbre de liaison (13), et

- des moyens d'alimentation en air auxiliaire (63) agencés pour entraîner en rotation la turbine libre d'entraînement (5) du système de contrôle de l'environnement de manière à entraîner le compresseur de charge (11) solidaire de l'arbre de liaison (13).

10 8. Dispositif selon la revendication 7, dans lequel le dispositif de fourniture de puissance non propulsive est monté dans un même logement d'un aéronef.

15 9. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 8, dans lequel la turbine de puissance (42) et la turbine libre (5) sont séparées d'une distance inférieure à 30 cm.

10. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 9, dans lequel le démarreur/générateur de puissance (46) est adapté pour générer de l'énergie électrique lors de la mise en rotation de la turbine de puissance (42).

20 11. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 10, dans lequel le système de contrôle de l'environnement (1) comporte un démarreur/générateur accessoire (18) adapté pour entraîner en rotation l'arbre de liaison (13).

25 12. Dispositif selon la revendication 11, dans lequel le démarreur/générateur accessoire (18) du système de contrôle de l'environnement (1) est relié électriquement au groupe de puissance auxiliaire (4).

13. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 12 comportant des moyens (64) de mise à l'air libre de la turbine libre d'entraînement (5).

30 14. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 13, dans lequel la turbine libre d'entraînement (5) est montée directement à proximité du compresseur de charge (11) sur l'arbre de liaison (13).

35 15. Procédé de fourniture de puissance non propulsive d'un aéronef au moyen d'un dispositif selon l'une des revendications 7 à 14, dans lequel l'arbre de liaison est entraîné par au moins l'une quelconque des sources d'énergie suivantes:

- le groupe de puissance auxiliaire (4), dont la turbine de puissance (42) fournit un flux d'air ( $A_{APU}$ ) à la turbine libre d'entraînement (5) de manière à entraîner le compresseur de charge (11) solidaire de l'arbre de liaison (13), ou
- le démarreur/générateur accessoire (18) du système de contrôle de l'environnement (1), et
- les moyens d'alimentation (63) qui fournissent un flux d'air auxiliaire à la turbine libre d'entraînement (5) du système de contrôle de l'environnement (1) de manière à entraîner le compresseur de charge (11) solidaire de l'arbre de liaison (13).

5  
10

1/3

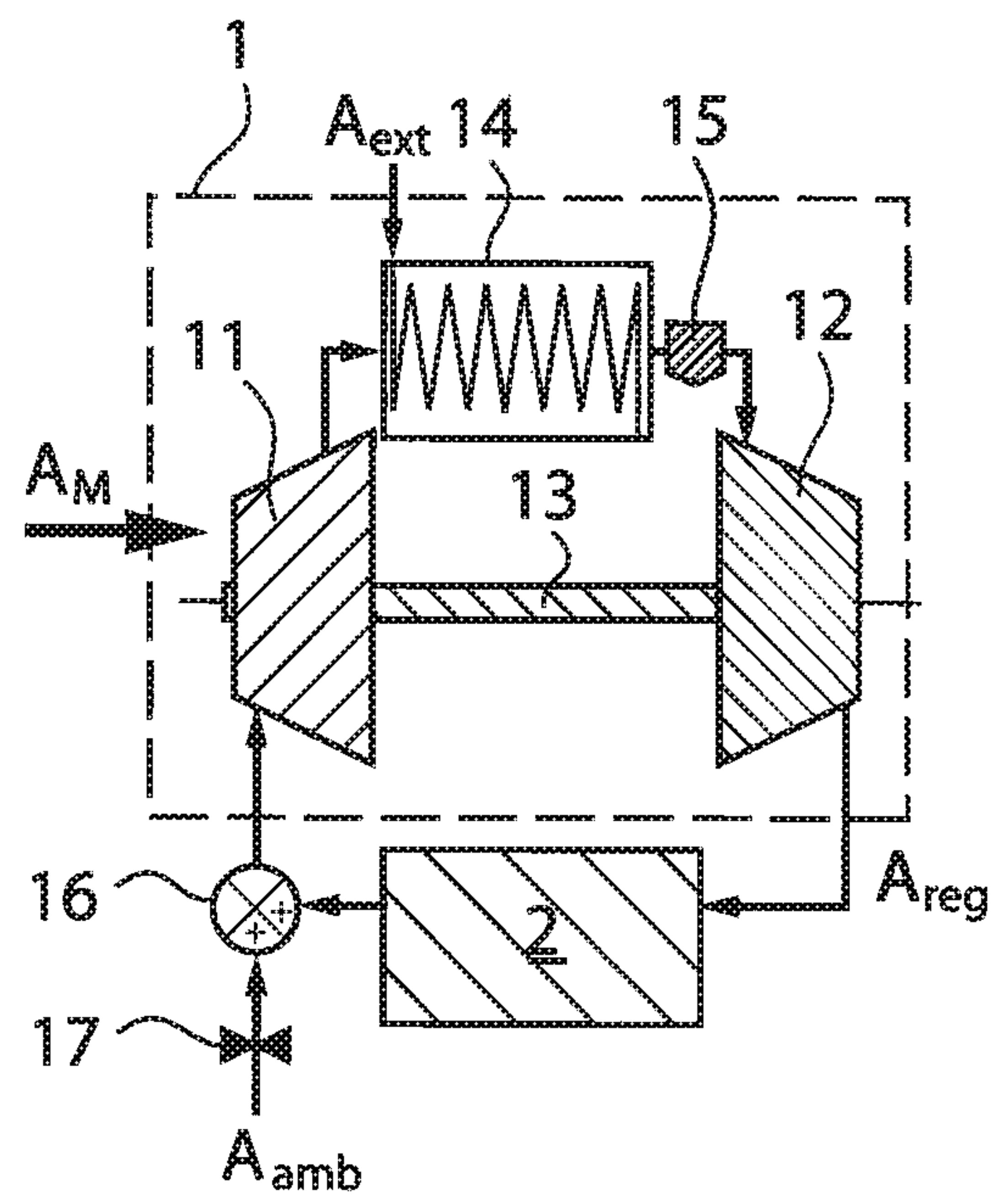


Fig. 1A

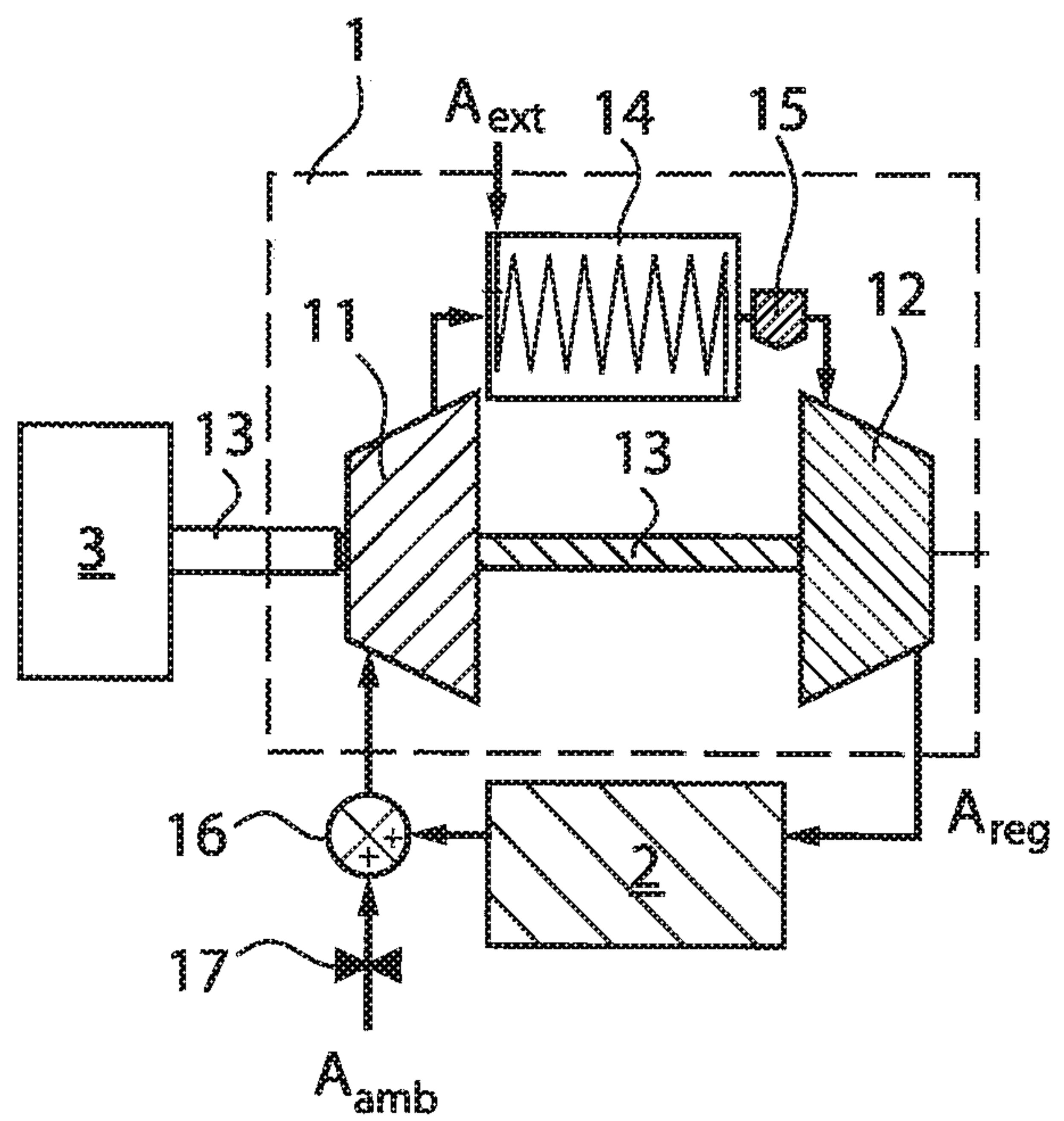


Fig. 1B

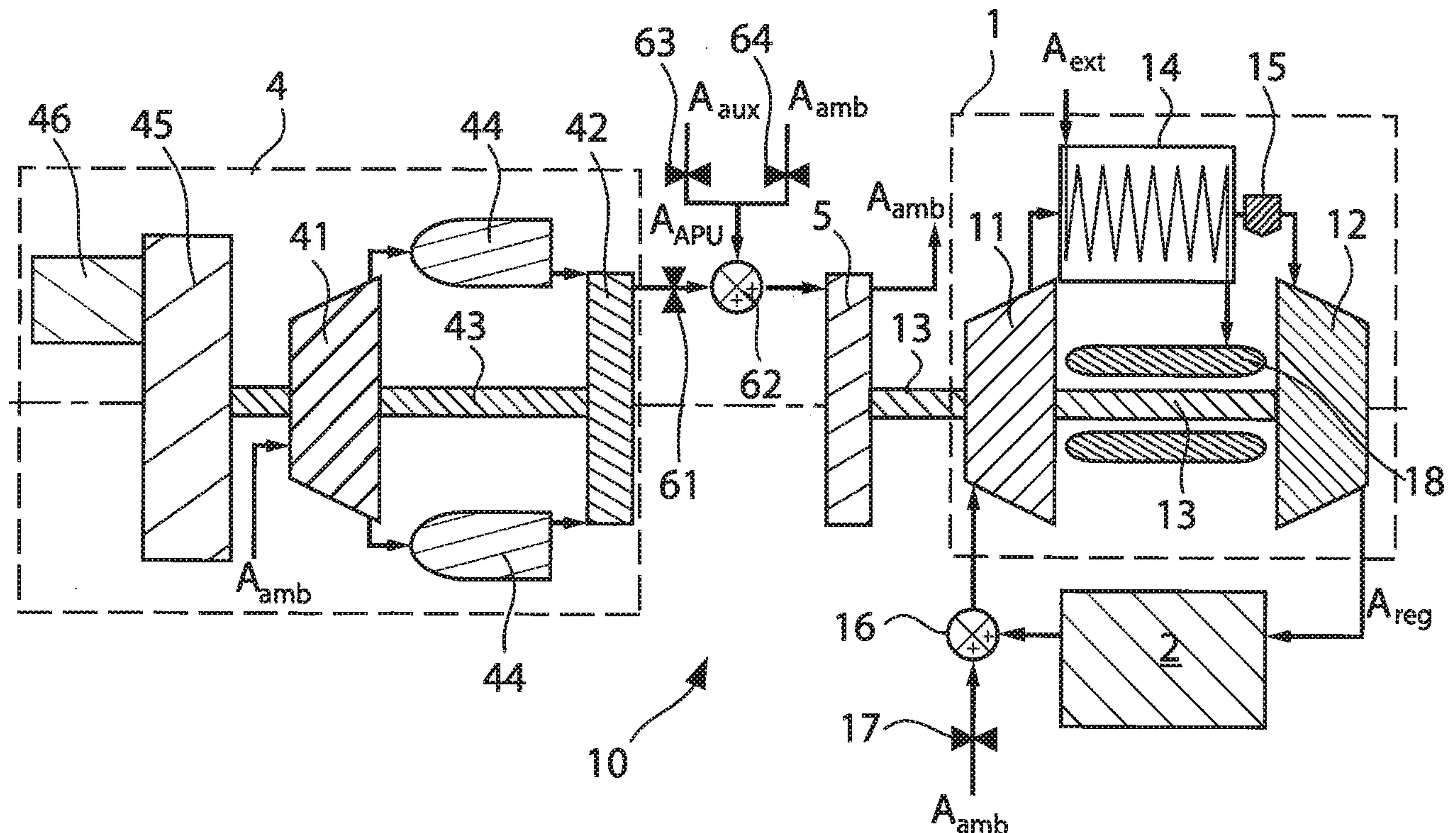


Fig. 2

2/3

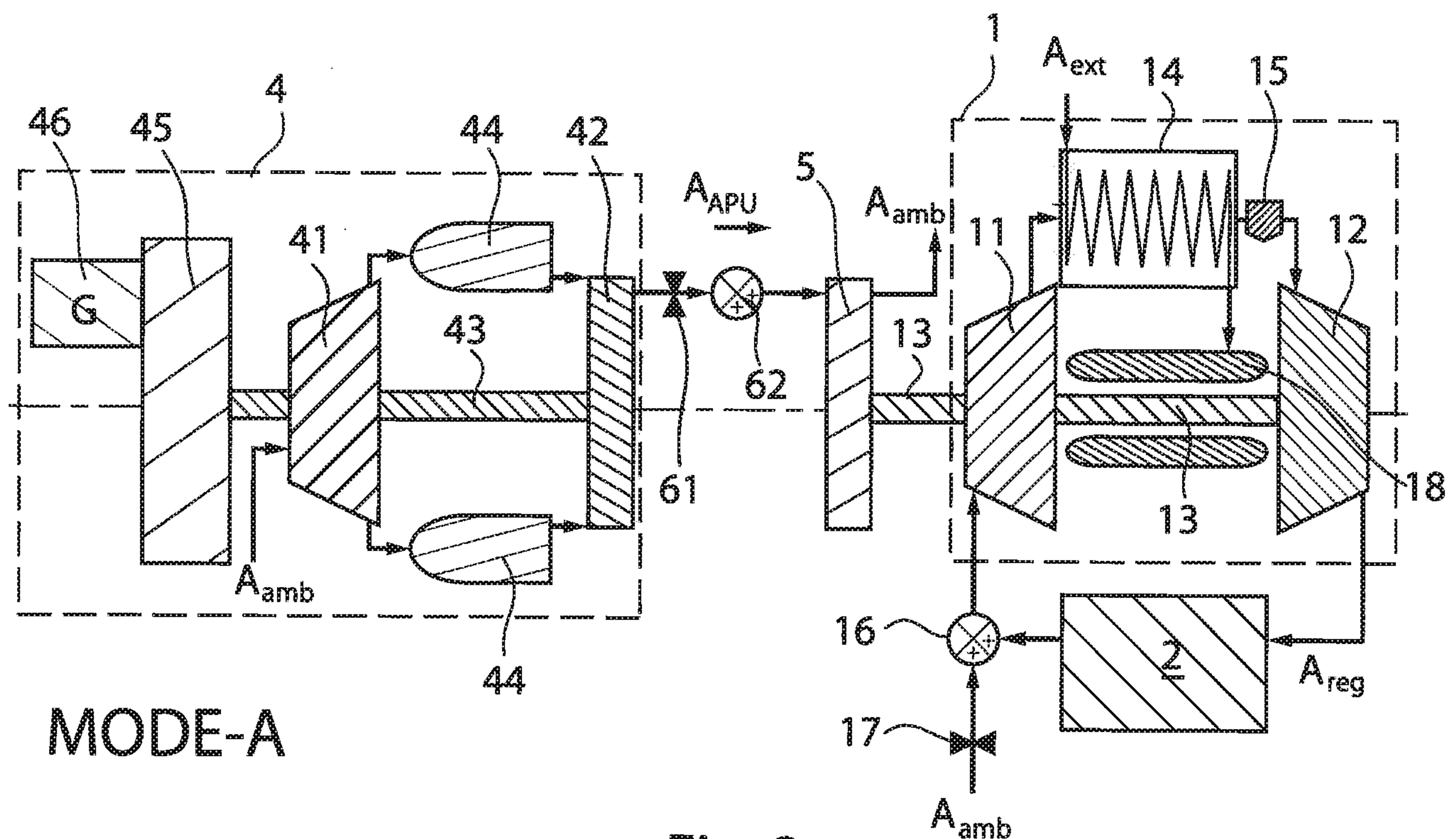


Fig. 3

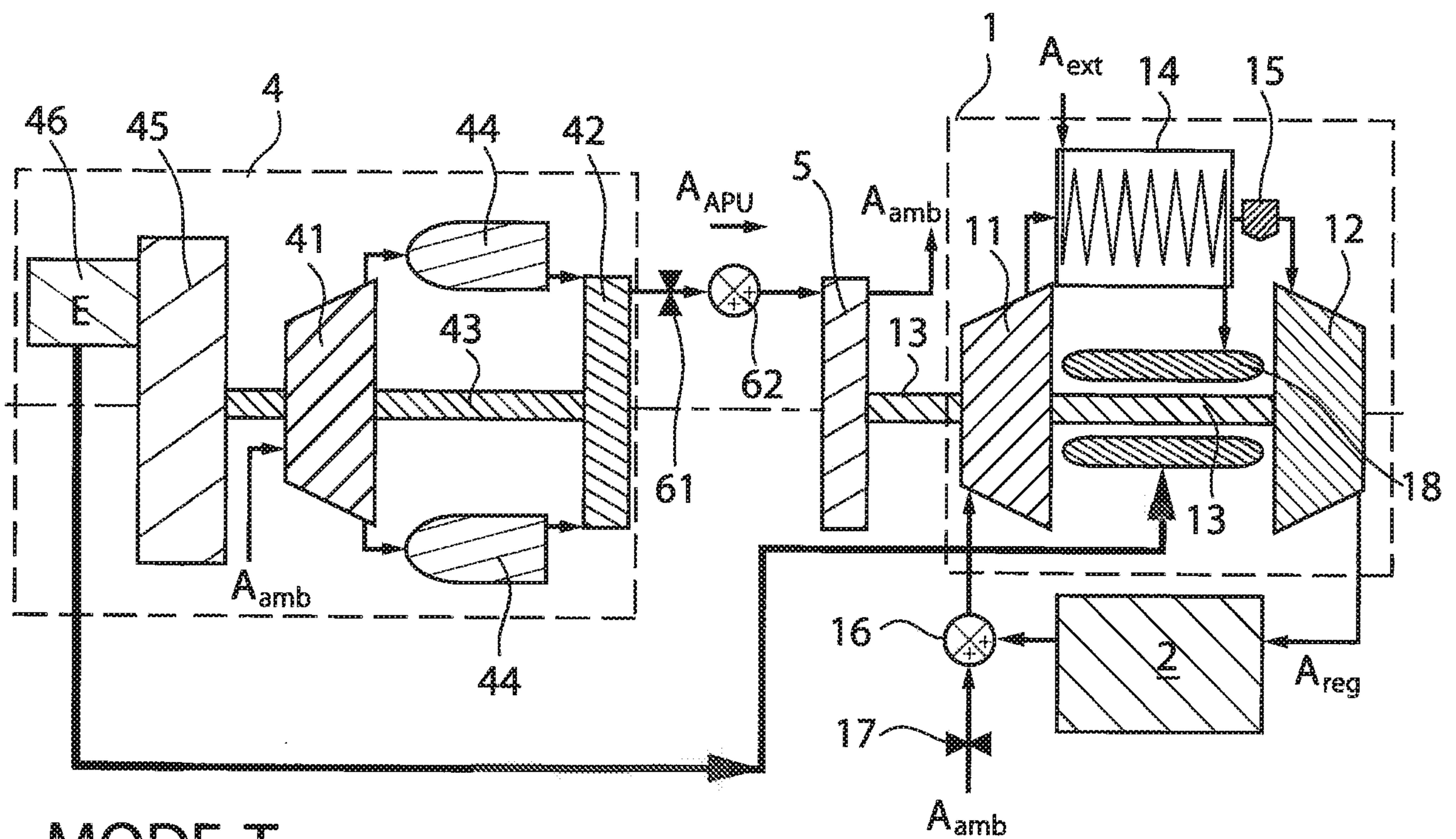


Fig. 4

3/3

MODE-E

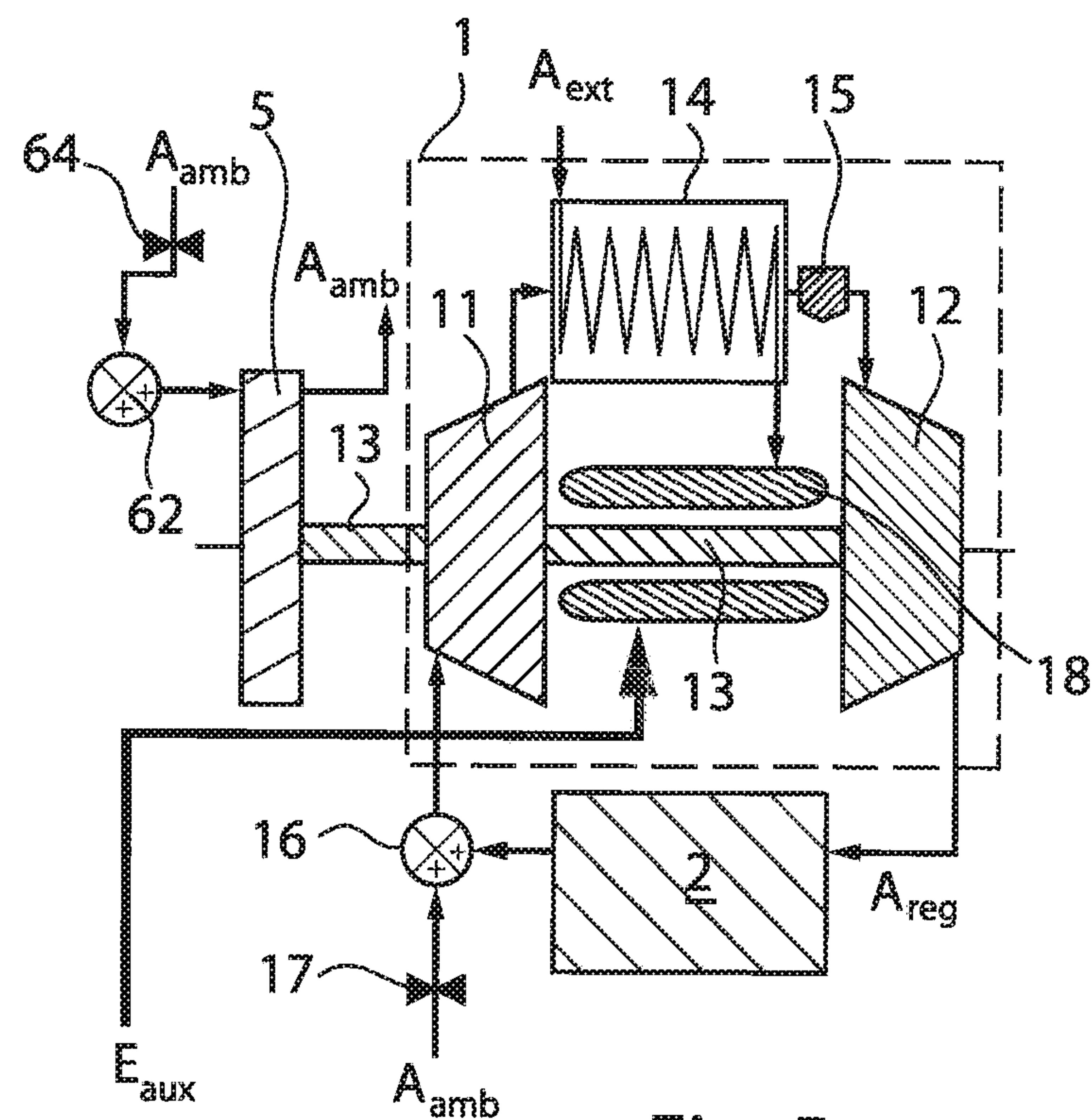


Fig. 5

MODE-P

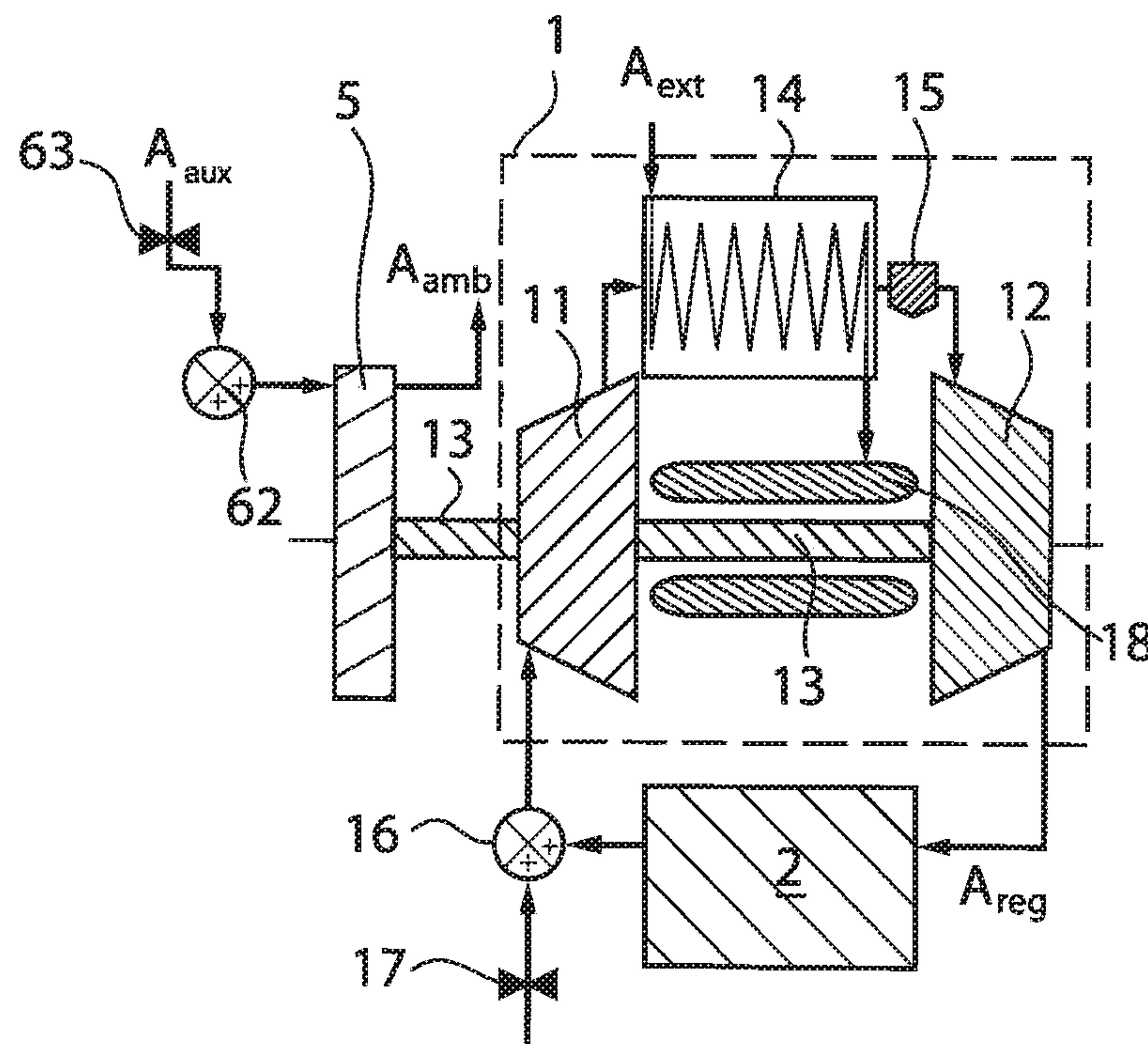


Fig. 6

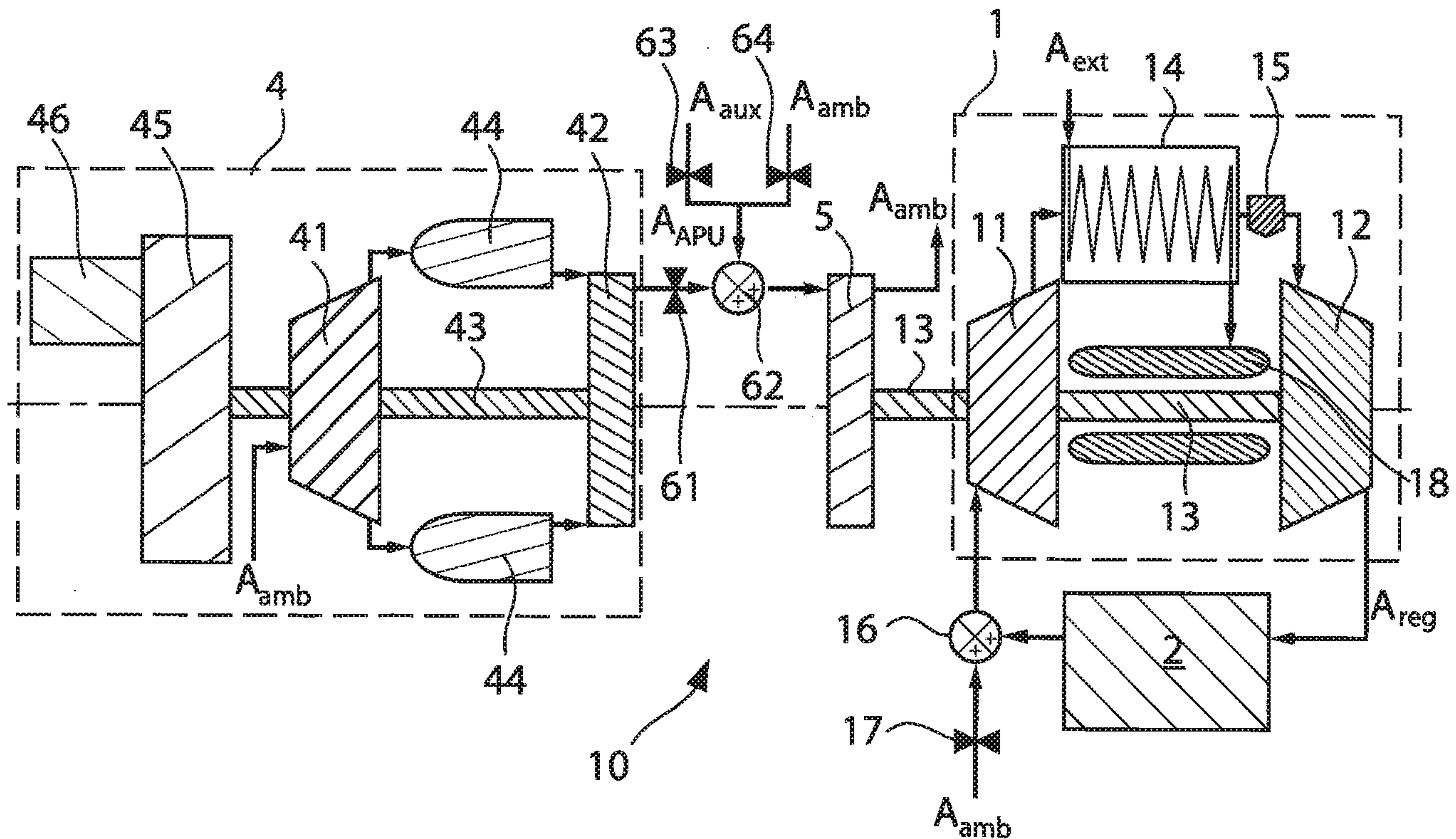


Fig. 2