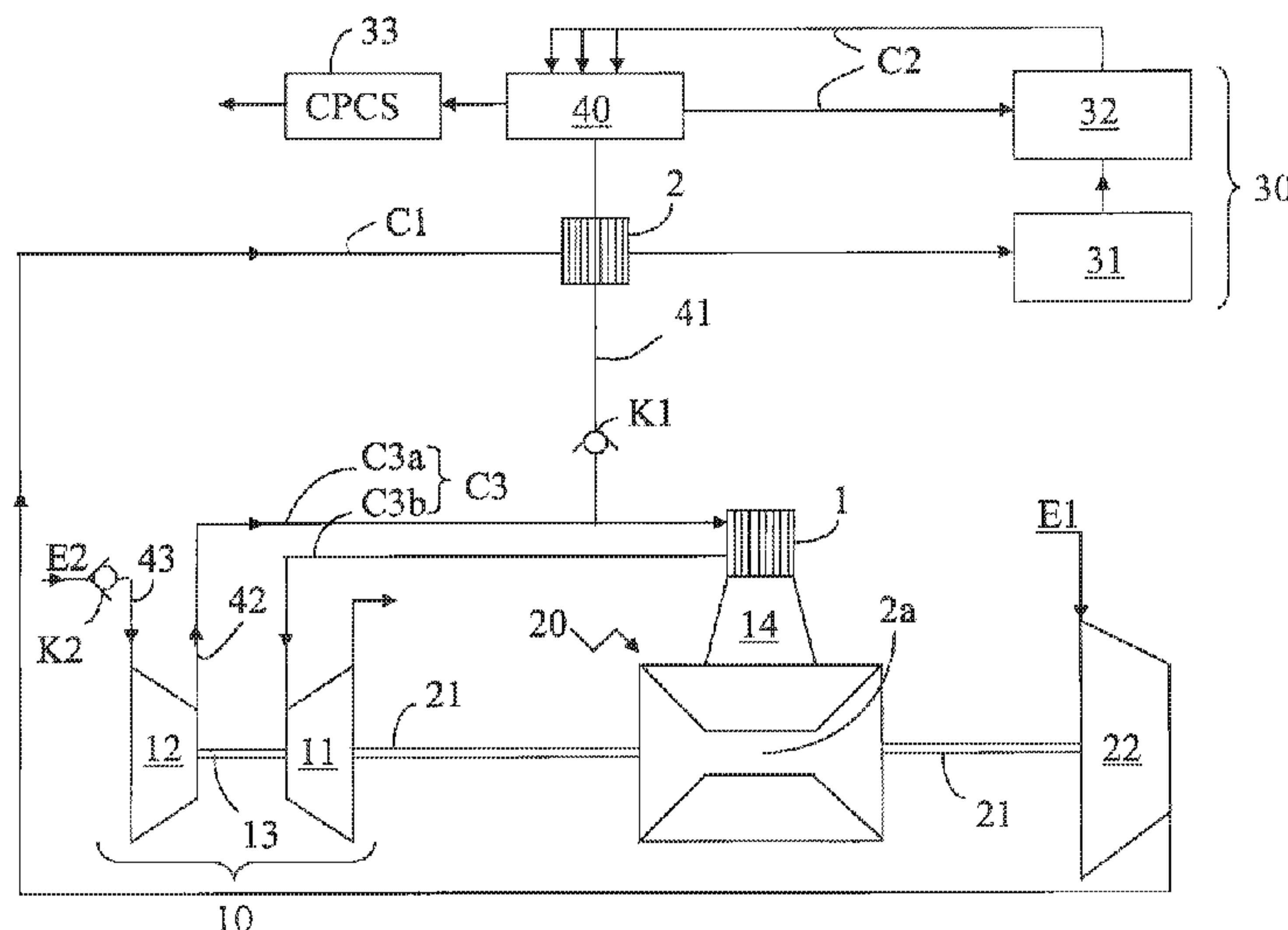




(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2012/11/09  
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2013/05/23  
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2019/09/10  
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2014/04/23  
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2012/052585  
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2013/072603  
(30) Priorité/Priority: 2011/11/17 (FR1160471)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *B64D 13/06* (2006.01),  
*B64D 41/00* (2006.01)  
(72) Inventeur/Inventor:  
HOUSSAYE, LAURENT, FR  
(73) Propriétaire/Owner:  
TURBOMECA, FR  
(74) Agent: LAVERY, DE BILLY, LLP

(54) Titre : PROCEDE ET ARCHITECTURE DE RECUPERATION D'ENERGIE DANS UN AERONEF  
(54) Title: METHOD AND ARCHITECTURE FOR RECOVERY OF ENERGY IN AN AIRCRAFT



(57) **Abrégé/Abstract:**

L'invention vise une récupération optimisée d'énergie d'un aéronef, en altitude mais également au sol, à l'aide d'une même architecture. A cette fin, l'invention prévoit de récupérer l'énergie thermique à l'échappement. Une architecture de récupération d'énergie comporte un groupe auxiliaire de puissance APU (20) équipé d'une tuyère d'échappement (14) et d'un générateur de gaz (2a) équipé d'un arbre (21) de transmission de puissance à un compresseur de charge (22). Ce compresseur fournit, via une veine d'alimentation (C1), de l'air comprimé au système de conditionnement d'air ECS (30) de la cabine passagers (40). De plus, un turbocompresseur de récupération (10) est accouplé directement, ou via une boîte de transmission, à l'arbre (21) du groupe APU (20). Ce turbocompresseur (10) comporte une turbine de récupération (11) alimentée par une branche aval (C3b) d'un conduit (C3) monté sur un échangeur thermique (1) équipant la tuyère (14). Ce conduit (C3) présente une branche amont (C3a) couplée à des canaux (41, 42) reliant les sorties d'air de la cabine (40) et du compresseur (12). Un deuxième échangeur (2) peut être monté entre la veine d'alimentation (C1) et le canal de sortie cabine (41).

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

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international

WIPO | PCT



(10) Numéro de publication internationale

WO 2013/072603 A1

(51) Classification internationale des brevets :

B64D 13/06 (2006.01) B64D 41/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2012/052585

(22) Date de dépôt international :

9 novembre 2012 (09.11.2012)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1160471 17 novembre 2011 (17.11.2011) FR

(71) Déposant : TURBOMECA [FR/FR]; BP 2, F-64510  
Bordes (FR).(72) Inventeur : HOUSSAYE, Laurent; 88 chemin de Las  
Bistes Bassot, F-64110 Saint Faust (FR).(74) Mandataires : GEVERS FRANCE et al.; 41 Avenue de  
Friedland, F-75008 Paris (FR).(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre  
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,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, KM, 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, 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,  
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

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

(54) Title : METHOD AND ARCHITECTURE FOR RECOVERY OF ENERGY IN AN AIRCRAFT

(54) Titre : PROCÉDÉ ET ARCHITECTURE DE RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE DANS UN AÉRONEF

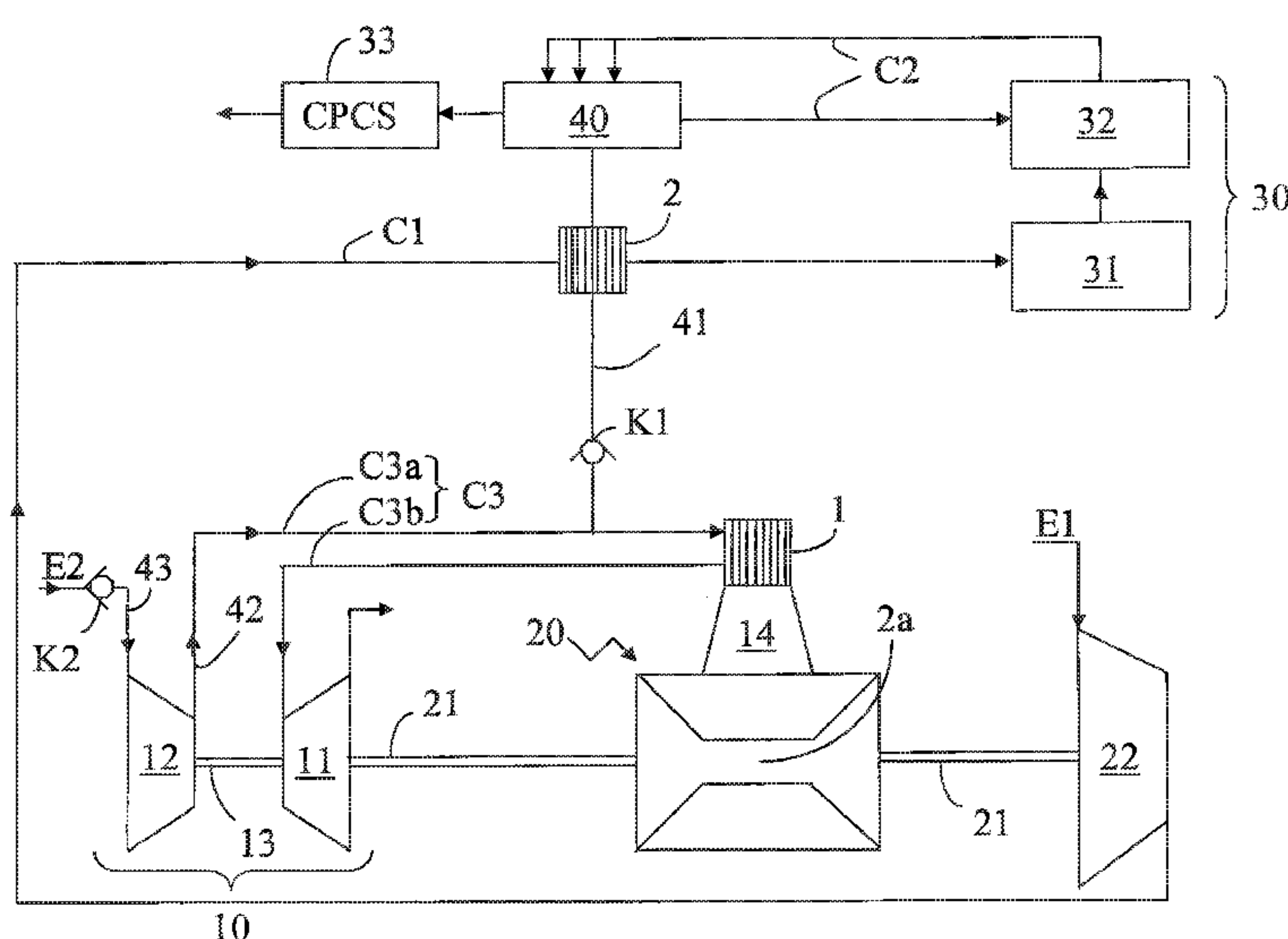


Figure 3

(57) Abstract : The invention relates to the optimised recovery of energy in an aircraft, at altitude and on the ground, using a single architecture. To this end, the invention aims to recover thermal energy from the exhaust. An architecture for the recovery of energy comprises an auxiliary power unit APU (20) fitted with an exhaust nozzle (14) and a gas generator (2a) fitted with a shaft (21) for transmitting power to a load compressor (22). Said compressor supplies compressed air via a supply duct (C1) to the ECS air conditioning system (30) of the passenger cabin (40). Additionally, a recovery turbocharger (10) is connected, directly or via a transmission case, to the shaft (21) of the APU unit (20). Said turbocharger (10) comprises a recovery turbine (11) powered by a downstream branch (C3b) of a conduit (C3) fitted to a heat exchanger (1) mounted on the nozzle (14). Said conduit (C3) has an upstream branch (C3a) connected to channels (41, 42) connecting the air outlets of the cabin (40) and the compressor (12). A second exchanger (2) can be fitted between the supply duct (C1) and the cabin outlet channel (41).

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

**WO 2013/072603 A1**

---

L'invention vise une récupération optimisée d'énergie d'un aéronef, en altitude mais également au sol, à l'aide d'une même architecture. A cette fin, l'invention prévoit de récupérer l'énergie thermique à l'échappement. Une architecture de récupération d'énergie comporte un groupe auxiliaire de puissance APU (20) équipé d'une tuyère d'échappement (14) et d'un générateur de gaz (2a) équipé d'un arbre (21) de transmission de puissance à un compresseur de charge (22). Ce compresseur fournit, via une veine d'alimentation(C1), de l'air comprimé au système de conditionnement d'air ECS (30) de la cabine passagers(40). De plus, un turbocompresseur de récupération (10) est accouplé directement, ou via une boîte de transmission, à l'arbre (21) du groupe APU (20). Ce turbocompresseur (10) comporte une turbine de récupération (11) alimentée par une branche aval (C3b) d'un conduit (C3) monté sur un échangeur thermique (1) équipant la tuyère (14). Ce conduit (C3) présente une branche amont (C3a) couplée à des canaux (41, 42) reliant les sorties d'air de la cabine (40) et du compresseur (12). Un deuxième échangeur (2) peut être monté entre la veine d'alimentation(C1) et le canal de sortie cabine (41).

## PROCÉDÉ ET ARCHITECTURE DE RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE DANS UN AÉRONEF

### DESCRIPTION

5

#### DOMAINE TECHNIQUE

**[0001]** L'invention concerne un procédé de récupération optimisée de l'énergie dissipée dans un aéronef et une architecture apte à mettre en œuvre ce procédé.

10 **[0002]** L'invention s'applique aux aéronefs équipés de cabines pressurisables, en particuliers aux avions commerciaux.

**[0003]** Classiquement, les sources d'énergie dans un aéronef qu'il convient de récupérer pour en maîtriser la consommation sont de deux types : la pression de l'air de la cabine passagers pressurisée en altitude et la chaleur dissipée dans les  
15 chaînes thermiques (conditionnement d'air, air cabine, gaz d'échappement).

**[0004]** La récupération de ces énergies permet de minimiser les dimensions, les masses et la consommation nécessaire *in fine* pour une même fourniture aux consommateurs d'énergie non propulsive, c'est-à-dire pneumatique et électrique.

#### ÉTAT DE LA TECHNIQUE

20 **[0005]** La disponibilité de l'air pressurisé en cabine n'est possible qu'en vol et la récupération de cette énergie est donc limitée en altitude où le taux de pressurisation de la cabine, de l'ordre de 3, est alors suffisant. Les solutions existantes font intervenir un turbocompresseur ou une turbine de récupération, une source électrique ou pneumatique d'entraînement, un compresseur de charge  
25 et un échangeur de chaleur.

**[0006]** Il est par exemple connu du document de brevet US 4419926 d'utiliser le compresseur d'un turbocompresseur pour contribuer à fournir un étage supplémentaire d'air comprimé au compresseur de charge d'alimentation aux

packs de conditionnement d'air ECS (ECS étant les initiales de « Environmental Control System » en terminologie anglaise). La puissance ou la consommation du moteur électrique d'entraînement du compresseur de charge est alors diminuée. De plus, la turbine de récupération du turbocompresseur, alimentée par l'air pressurisé en sortie de cabine, permet de refroidir l'air comprimé, ce qui diminue l'effort de compression global et donc la consommation ou la taille du moteur électrique.

**[0007]** En variante, il est connu de n'utiliser qu'une turbine de récupération pour entraîner le compresseur de charge via un alternateur ou autre système de génération électrique. Un échange thermique peut alors être prévu entre l'air en sortie de cabine et l'air comprimé par le compresseur de charge afin de diminuer la température du flux en sortie du compresseur. Cette diminution de température autorise alors un moindre taux de compression sans nuire aux performances de l'ECS, et donc une diminution de consommation.

**[0008]** Cependant ces architectures sont limitées à la récupération d'énergie en altitude car, à basse altitude ou au sol – lorsque le taux de pressurisation est insuffisant ou nul –, il n'est pas possible de disposer d'air pressurisé en sortie de cabine. Au sol, une ventilation pneumatique de la cabine est assurée dans la pratique par un petit turbomoteur, comportant un générateur de gaz couplé à une tuyère d'échappement de ces gaz, formant un groupe auxiliaire de puissance ou APU (initiales de « Auxiliary Power Unit » en terminologie anglaise). Le groupe APU sert également au démarrage des moteurs principaux et à la fourniture d'énergie électrique ou pneumatique à différents consommateurs (pompes, compresseur de charge, moteurs, etc.). Un tel groupe APU peut être embarqué dans l'aéronef ou connecté au sol aux différents organes à alimenter. Dans certains cas, des APU sont suffisamment sécurisés pour intervenir en vol et suppléer si besoin, partiellement ou même totalement, les moteurs principaux dans la fourniture de puissance non propulsive aux consommateurs.

## EXPOSÉ DE L'INVENTION

**[0009]** L'invention vise à permettre une récupération optimisée d'énergie, en altitude mais également au sol, à l'aide d'une même architecture. A cette fin, l'invention prévoit de récupérer, lorsque l'avion est au sol, de l'énergie thermique à l'échappement pour contribuer à la compression de l'air ventilé dans la cabine, au conditionnement d'air ainsi que, en altitude, à la compression de l'air conditionné pressurisé.

**[0010]** Plus précisément, la présente invention a pour objet un procédé de récupération d'énergie dans un aéronef équipé d'une cabine de passagers à flux d'air régulé en pression et en température à l'aide d'un système de conditionnement d'air ECS alimenté par un compresseur de charge, et d'une génération auxiliaire de puissance. Le procédé consiste à prévoir que :

- lorsque l'aéronef est au sol dit « mode sol », l'énergie thermique dissipée par la génération auxiliaire de puissance (énergie autrement perdue) est récupérée par un échange thermique au niveau de son échappement pour alimenter le cycle d'un turbocompresseur de récupération afin de produire un complément d'énergie mécanique à la génération auxiliaire de puissance ;

- lorsque l'aéronef est en altitude dit « mode altitude » dans lequel l'air de la cabine est pressurisé à un taux suffisant : ce même turbocompresseur, entraîné au moins partiellement par l'air récupéré en sortie de cabine puis chauffé par l'échange thermique au niveau de l'échappement, réalise un complément à la compression du compresseur de charge pour fournir le taux de compression requis pour alimenter l'ECS.

**[0011]** Selon des modes de mise en œuvre particuliers :

- un deuxième échange thermique peut être réalisé entre l'air en sortie de cabine et l'air comprimé en entrée du système ECS ;

- le turbocompresseur forme, en mode altitude, un deuxième étage de compression d'air en entrée du système ECS ;

- l'aéronef étant en mode altitude, l'air comprimé par le turbocompresseur et l'air comprimé en sortie de cabine sont combinés, en amont de l'échange thermique à l'échappement, pour augmenter la puissance de la génération auxiliaire ;

5               - l'aéronef étant en mode altitude, la compression d'air réalisée par la turbo-compression est commutable pour être combinée soit à l'entrée du système ECS pour former un deuxième étage de compression, soit à la sortie de l'air cabine, en amont de l'échange thermique au niveau de l'échappement du générateur de gaz, pour augmenter la puissance de la génération auxiliaire.

10           **[0012]** L'invention se rapporte également à une architecture de récupération d'énergie apte à mettre en œuvre ce procédé. Une telle architecture comporte un groupe auxiliaire de puissance présentant une tuyère d'échappement et intégrant un générateur de gaz équipé d'un arbre de transmission de puissance à un compresseur de charge pour fournir, via une veine d'alimentation, de l'air  
15 comprimé au système de conditionnement d'air ECS de la cabine passagers. De plus, cette architecture comporte un turbocompresseur de récupération accouplé, directement ou via une boîte de transmission ou tout moyen de couplage, à l'arbre du groupe APU. Ce turbocompresseur comporte une turbine de récupération alimentée par de l'air dans une branche aval d'un conduit monté sur  
20 un échangeur thermique équipant la tuyère d'échappement. Ce conduit présente une branche amont à l'échangeur, couplée à des canaux reliant les sorties d'air de la cabine et du compresseur du turbocompresseur de récupération à cette branche amont.

**[0013]** Selon des modes de réalisation préférés :

25           - un deuxième échangeur est monté entre la veine d'alimentation et le canal de sortie cabine de sorte que l'air en sortie de cabine et l'air comprimé en entrée du système ECS puissent réaliser un transfert thermique;

- les moyens de commutation de circulation d'air sont agencés respectivement entre la veine d'alimentation du système ECS et un canal d'entrée

du compresseur du turbocompresseur de récupération, et entre le canal de sortie dudit compresseur et la branche amont du conduit monté sur l'échangeur thermique de la tuyère d'échappement, de sorte que le turbocompresseur est apte à former un deuxième étage de compression d'air en entrée du système ECS;

5                   - l'air du canal de sortie du compresseur et celui du canal de sortie cabine présentent des taux de compression sensiblement équilibrés par un réglage de la section de passage d'un distributeur à calage variable équipant la turbine de récupération ;

10                   - les moyens de commutation de circulation d'air sont des vannes motorisées et commandées par une unité de gestion centrale ;

                  - des clapets anti-retour peuvent être également avantageusement prévus dans des canaux, en particulier dans les canaux d'entrée d'air et de liaison à la sortie cabine, afin d'empêcher le refoulement d'air dans ces canaux lorsqu'ils sont rendus inactifs dans certains modes de fonctionnement.

## 15           **BRÈVE DESCRIPTION DES FIGURES**

**[0014]** D'autres aspects, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront dans la description non limitative qui suit, relative à des exemples de réalisation particuliers, en référence aux dessins annexés qui représentent, respectivement :

20                   - en figure 1, le diagramme de fonctionnement d'un premier exemple d'architecture de récupération d'énergie selon l'invention lorsque l'aéronef est au sol ;

                  - en figure 2, le diagramme de fonctionnement de cet exemple d'architecture lorsque l'aéronef est en altitude suffisante pour que la cabine soit pressurisée, seul l'air provenant de la sortie cabine entraînant alors la turbine de  
25                   récupération ;

                  - en figure 3, le diagramme de fonctionnement d'une variante de l'exemple d'architecture précédent comportant un échangeur entre la sortie

cabine et la veine de liaison au système de conditionnement ECS, l'aéronef étant au sol ; et

- en figure 4, le diagramme de fonctionnement de l'exemple selon la figure 3 lorsque, l'aéronef étant en altitude suffisante, l'air en sortie de cabine et l'air en sortie de compresseur entraînent ensemble la turbine de récupération.

## DESCRIPTION DETAILLEE DE MODES DE REALISATION

**[0015]** Dans le présent texte, les termes « amont » et « aval » se rapportent à des localisations en fonction du sens de circulation de l'air.

**[0016]** En référence au diagramme de la figure 1, l'architecture de récupération d'énergie d'un aéronef comporte un turbocompresseur de récupération 10 - composé essentiellement d'une turbine de récupération 11, d'un compresseur 12, d'un arbre d'entraînement 13 et d'un échangeur thermique 1 placé dans la tuyère d'échappement des gaz 14 du groupe auxiliaire de puissance 20 (en abrégé APU). Le groupe APU comporte une turbomachine 2a d'arbre de transmission 21. Cette turbomachine se compose classiquement d'un compresseur, d'une chambre de combustion et d'une turbine d'entraînement.

**[0017]** Cet arbre 21 est accouplé, d'une part, à l'arbre d'entraînement 13 du turbocompresseur 10 – directement ou via un moyen de couplage comme une boîte de transmission (non représentées) ou équivalent – et, d'autre part, à un compresseur de charge 22 d'entrée d'air externe E1. Ce compresseur 22 alimente le système de conditionnement d'air ECS 30 de la cabine passagers 40 par une veine d'alimentation d'air comprimé C1. Un tel système ECS 30 comporte un pack de conditionnement 31 qui renouvelle l'air des compartiments de la cabine 40 par un circuit de recyclage C2 via un mélangeur 32. Un système de contrôle de la pression de la cabine passagers CPCS 33 (initiales de « Cabin Pressure Control System » en terminologie anglaise) régule la pression de la cabine passagers par un dosage du débit d'air de sortie.

**[0018]** Dans cette architecture, de l'air peut circuler dans un conduit C3 monté sur un échangeur thermique 1 agencé dans la tuyère 14 du groupe APU 20. La

branche amont C3a du conduit C3 est reliée aux canaux 41 et 42, respectivement couplés aux sorties de la cabine 40 et du compresseur 12 du turbocompresseur de récupération 10. Une vanne trois voies V1 est montée à l'intersection du canal 42 et de la branche C3a. La branche aval C3b du conduit C3 est couplée à la  
5 turbine de récupération 11.

[0019] De plus, le canal 42 relie la sortie du compresseur 12 à la veine d'alimentation C1, alors qu'un canal 43 relie la veine C1 à l'entrée dudit compresseur 12 via une vanne V2 disposée à l'intersection veine/canal. Un canal d'entrée d'air externe E2 pour ce compresseur 12 est branché sur le canal 43.  
10 Les canaux 42 et 43 de liaison au compresseur 12 du turbocompresseur 10 sont ainsi montés sur la veine C1 en aval du compresseur de charge 22.

[0020] Lorsque l'aéronef est au sol, l'air de la cabine 40 n'est pas pressurisé. Le groupe APU 20 est démarré pour permettre la ventilation de la cabine 40, démarrer les moteurs et alimenter les consommateurs en énergie pneumatique et  
15 électrique via des boîtes de transmission appropriées.

[0021] La récupération d'énergie est alors effectuée, en mode « sol », par circulation d'air dans l'échangeur de chaleur 1 de la tuyère 14 du groupe APU 20 pour entraîner le turbocompresseur de récupération 10. Les vannes V2 et V1 sont réglées en rotation pour, respectivement, couper l'alimentation du canal 43 de  
20 sorte que le compresseur 12 est alimenté uniquement par l'entrée d'air extérieur E2, et pour que, en sortie de ce compresseur 12, l'air comprimé circule du canal 42 à la branche C3a du conduit C3. L'air comprimé et chauffé dans l'échangeur 1 est ensuite dirigé vers la turbine de récupération 11 du turbocompresseur 10 via la branche aval C3b.

[0022] Dans ces conditions, la turbine de récupération 11 contribue par son arbre 13 à entraîner le groupe APU 20 qui va pouvoir consommer moins de carburant pour obtenir une même puissance, en particulier pour entraîner le compresseur de charge 22. Avantageusement, un clapet anti-retour K1 est prévu dans le canal 41 afin d'empêcher l'air sous pression circulant dans la branche  
25 amont C3a de refouler dans le canal 41 de liaison à la cabine 40.  
30

**[0023]** Lorsque l'aéronef est à une altitude suffisante, par exemple à partir de 3 ou 4 000 m, la cabine 40 est suffisamment pressurisée pour que l'architecture passe alors en mode « altitude », illustrée par la figure 2. Pour passer d'un mode à l'autre, les vannes V1 et V2 sont avantageusement motorisées et une unité de gestion centrale (non représentée) est programmée pour permettre la commutation de mode : cette unité transmet les signaux électriques correspondant aux configurations de réglage prédéterminées des vannes dans les intersections de canaux pour satisfaire au fonctionnement dans les deux modes et aux passages d'un mode à l'autre.

**[0024]** En mode « altitude », de l'air sous pression est transmis en sortie de cabine 40 dans le canal 41 d'accès à la branche amont C3a de l'échangeur de chaleur 1. La récupération d'énergie est ainsi issue, dans ce mode, de la pressurisation cabine. Comme dans le mode « sol », la turbine de récupération 11 est ensuite entraînée par la circulation d'air sous pression et chauffé issu de l'échangeur 1 via le canal aval C3b. La turbine contribue alors par son arbre 13 à entraîner le groupe APU 20 qui va pouvoir consommer ainsi moins de carburant pour obtenir une même puissance, en particulier pour entraîner le compresseur de charge 22.

**[0025]** Dans le même temps, les vannes V1 et V2 sont réglées pour que le compresseur 12 agisse comme deuxième étage de compression sur la veine C1 de fourniture d'air comprimé, en aval du compresseur de charge 22 faisant office de premier étage de compression. Pour ce faire, les vannes V2 et V1 sont commandées en rotation par l'unité pour que, respectivement, la veine C1 communique avec le canal 43 relié à l'entrée du compresseur 12 et le canal 42 communique avec la veine C1. Avantageusement, un clapet anti-retour K2 est prévu dans le canal d'entrée d'air E2 afin d'empêcher l'air sous pression circulant dans le canal 43 de refouler dans le canal E2.

**[0026]** Selon une variante d'architecture, illustrée par les diagrammes des figures 3 et 4, une double récupération d'énergie est réalisée en mode « altitude »

en bénéficiant à la fois de l'air pressurisé en sortie de cabine 40 et de l'air en sortie de compression du turbocompresseur 10.

**[0027]** En référence à la figure 3, la variante d'architecture reprend les mêmes organes que l'architecture précédente avec les mêmes signes de référence. Les canaux d'entrée/sortie 42 et 43 du compresseur 12 du turbocompresseur de récupération 10 ne sont plus reliés à la veine d'alimentation C1 : le canal 43 n'est alimenté que par l'entrée d'air extérieur E2 et le canal 42 se prolonge par la branche amont C3a de l'échangeur thermique 1.

**[0028]** De plus, un autre échangeur thermique 2 est prévu entre la veine d'alimentation C1 – en sortie du compresseur de charge 12 – et le canal 41 en sortie de la cabine 40. Cet échangeur 2 sera utilisé en mode « altitude » (figure 4).

**[0029]** En mode « sol » (figure 3), la récupération d'énergie est semblable à celle opérée avec la première architecture (voir figure 1) par circulation de l'air dans l'échangeur de chaleur 1 de la tuyère 14 du groupe APU 20 afin d'entraîner la turbine de récupération 11 puis, partiellement, le groupe APU et le compresseur de charge 22. Cette architecture présente l'avantage de ne pas nécessiter de vanne.

**[0030]** En mode « altitude » tel qu'illustré par la figure 4, l'air sous pression du canal 41 en sortie de cabine 40 est chauffé une première fois par passage dans l'échangeur thermique 2. Cet échangeur permet également d'abaisser la température de l'air de la veine C1, afin de compenser – au niveau du fonctionnement de l'ECS – une compression moindre réalisée par cette architecture dans la veine d'alimentation C1 par rapport à la version précédente, qui possédait deux étages de compression. En effet, le compresseur 12 n'assure plus ici la fonction de deuxième étage de compression pour l'air de la veine C1.

**[0031]** L'invention n'est pas limitée aux exemples décrits et représentés.

**[0032]** Il est par exemple possible de passer en mode « altitude » de la première architecture à la variante d'architecture. En d'autres termes, de passer – de manière automatique par l'unité de gestion ou manuelle par le pilote – d'une récupération simple à partir de la sortie de cabine (figure 2) à une récupération double, réunissant les canaux 41 de sortie de cabine et 42 du compresseur 12 (figure 4).

**[0033]** Pour ce faire, les vannes V1 et V2 de la première version (figures 1 et 2) sont commandées pour pouvoir commuter, de manière réversible et lorsque l'aéronef est en altitude, des positions définies en mode « sol » aux positions définies en mode « altitude » et vice-versa. La présence de l'échangeur 2 peut être avantageusement conservée pour être compatible du plus faible taux de pression dans la veine C1 lorsque les vannes sont dans les positions définies en mode « sol ».

## REVENDICATIONS

1. Procédé de récupération d'énergie dans un aéronef équipé d'une cabine de passagers (40) à flux d'air régulé en pression et en température à l'aide d'un système de conditionnement d'air ECS (30) alimenté par un compresseur de charge (22), et d'une génération auxiliaire de puissance (20), caractérisé en ce qu'il consiste à prévoir que :

- lorsque l'aéronef est au sol dit « mode sol », l'énergie thermique dissipée par la génération auxiliaire de puissance (20) est récupérée par un échange thermique (1) au niveau de son échappement (14) pour alimenter le cycle d'un turbocompresseur de récupération (10) afin de produire un complément d'énergie mécanique à la génération auxiliaire de puissance (20) ;
- lorsque l'aéronef est en altitude dit mode « altitude » dans lequel l'air de la cabine est pressurisé à un taux suffisant, ce même turbocompresseur (10), entraîné au moins partiellement par l'air récupéré en sortie de cabine (40) puis chauffé par l'échange thermique (1) au niveau de l'échappement (14), réalise un complément à la compression du compresseur de charge (22) pour fournir le taux de compression requis pour alimenter l'ECS (30).

2. Procédé de récupération selon la revendication 1, dans lequel un deuxième échange thermique (2) est réalisé entre l'air relativement plus froid en sortie de cabine (40) et l'air comprimé relativement plus chaud en entrée du système ECS (30).

3. Procédé de récupération selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel le turbocompresseur (10) forme, en mode altitude, un deuxième étage de compression d'air en entrée du système ECS (30).

4. Procédé de récupération selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2 dans lequel, l'aéronef étant en mode altitude, l'air comprimé par le turbocompresseur (10) et l'air comprimé en sortie de cabine (40) sont combinés en

amont de l'échange thermique (1) réalisé à l'échappement (14) pour augmenter la puissance de la génération auxiliaire (20).

5. Procédé de récupération selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 dans lequel, l'aéronef étant en mode altitude, la compression d'air produite par le turbocompresseur (10) est commutable pour être combinée soit à l'entrée du système ECS pour former un deuxième étage de compression, soit à la sortie de l'air cabine, en amont de l'échange thermique au niveau de l'échappement du générateur de gaz, pour augmenter la puissance de la génération auxiliaire.

10

6. Architecture de récupération d'énergie apte à mettre en œuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, comportant un groupe auxiliaire de puissance APU (20) présentant une tuyère d'échappement (14) et intégrant un générateur de gaz (2a) équipé d'un arbre de transmission (21) de puissance à un compresseur de charge (22) pour fournir, via une veine d'alimentation (C1), de l'air comprimé au système de conditionnement d'air ECS (30) de la cabine passagers (40), cette architecture comportant également un turbocompresseur de récupération (10) accouplé à l'arbre (21) du groupe APU (20), ce turbocompresseur (10) comportant une turbine de récupération (11) alimentée par de l'air circulant dans une branche aval (C3b) d'un conduit (C3) monté sur un échangeur thermique (1) équipant la tuyère d'échappement (14), et ce conduit (C3) présentant une branche amont (C3a) à l'échangeur (1), couplée à des canaux (41, 42) reliant les sorties d'air de la cabine (40) et du compresseur (12) du turbocompresseur de récupération (10) à cette branche amont (C3a).

25

7. Architecture de récupération d'énergie selon la revendication 6, dans laquelle un deuxième échangeur (2) est monté entre la veine d'alimentation (C1) et le canal de sortie cabine (41) de sorte que l'air en sortie de cabine (40) et l'air comprimé en entrée du système ECS (30) puissent réaliser un transfert thermique.

30

8. Architecture de récupération d'énergie selon l'une quelconque des revendications 6 ou 7, dans laquelle des moyens de commutation de circulation

d'air (V2, V1) sont agencés respectivement entre la veine d'alimentation (C1) au système ECS (30) et un canal d'entrée du compresseur (12) du turbocompresseur de récupération (10), et entre le canal de sortie (42) dudit compresseur (12) et la branche amont (C3a) du conduit (C3) monté sur l'échangeur thermique (1) de la  
5 tuyère d'échappement (14), de sorte que le turbocompresseur (10) est apte à former un deuxième étage de compression d'air en entrée du système ECS (40).

9. Architecture de récupération d'énergie selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, dans laquelle l'air du canal de sortie (42) du compresseur  
10 (12) et du canal de sortie cabine (41) présentent des taux de compression sensiblement équilibrés par un réglage de la section de passage d'un distributeur à calage variable équipant la turbine de récupération (11).

10. Architecture de récupération d'énergie selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, dans laquelle les moyens de commutation de circulation d'air  
15 sont des vannes (V1, V2) motorisées et commandées par une unité de gestion centrale.

1/4

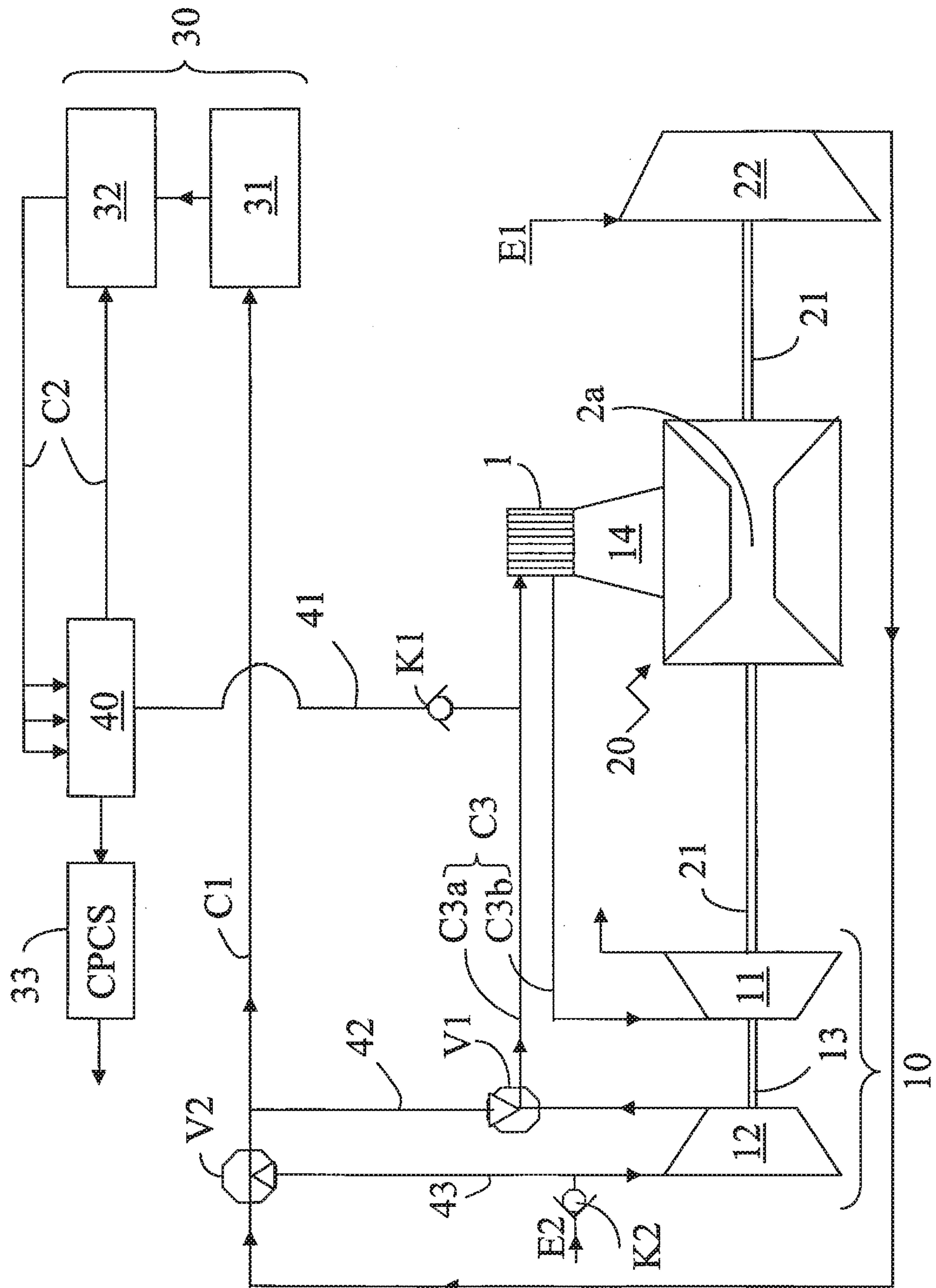
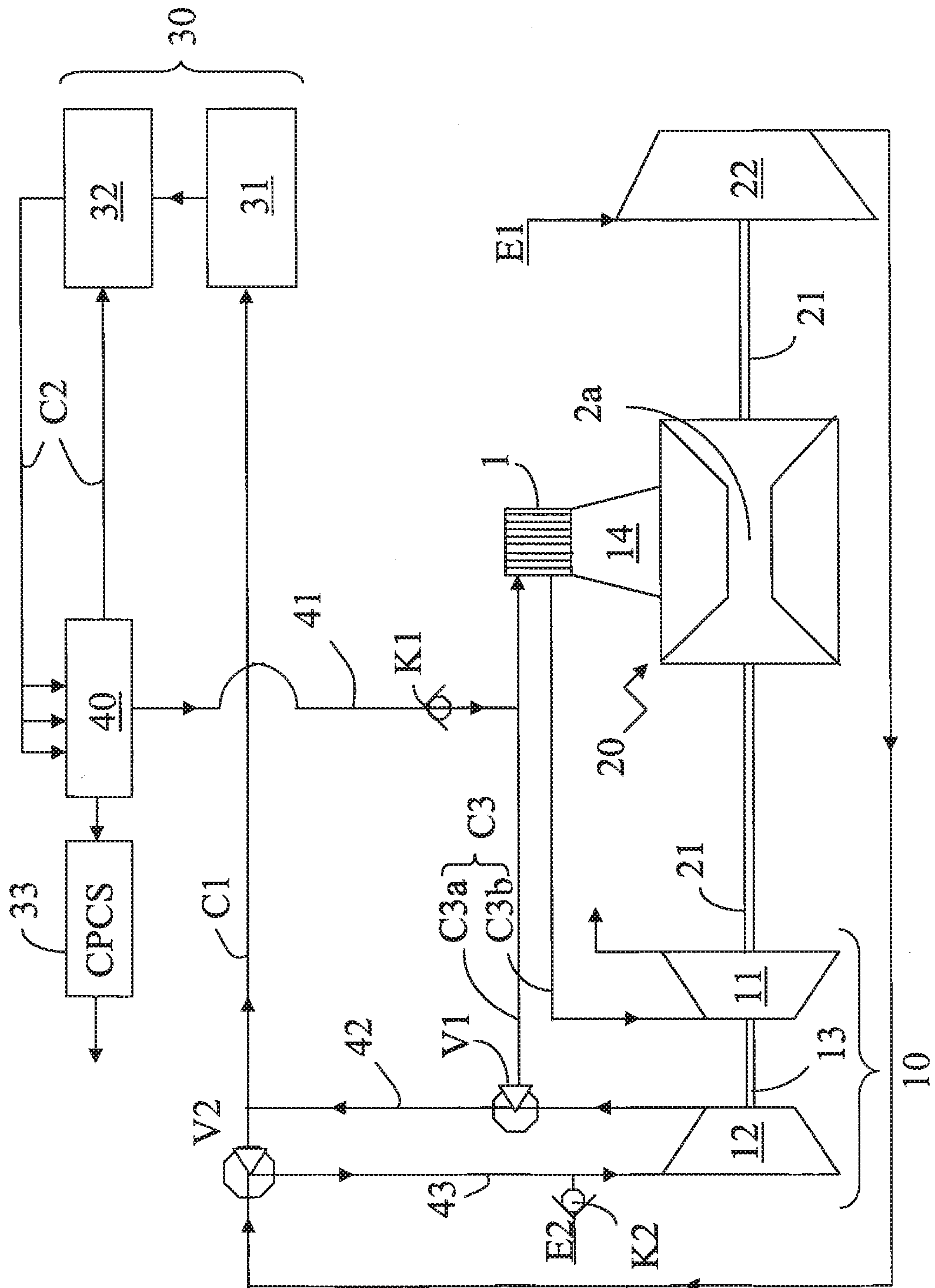
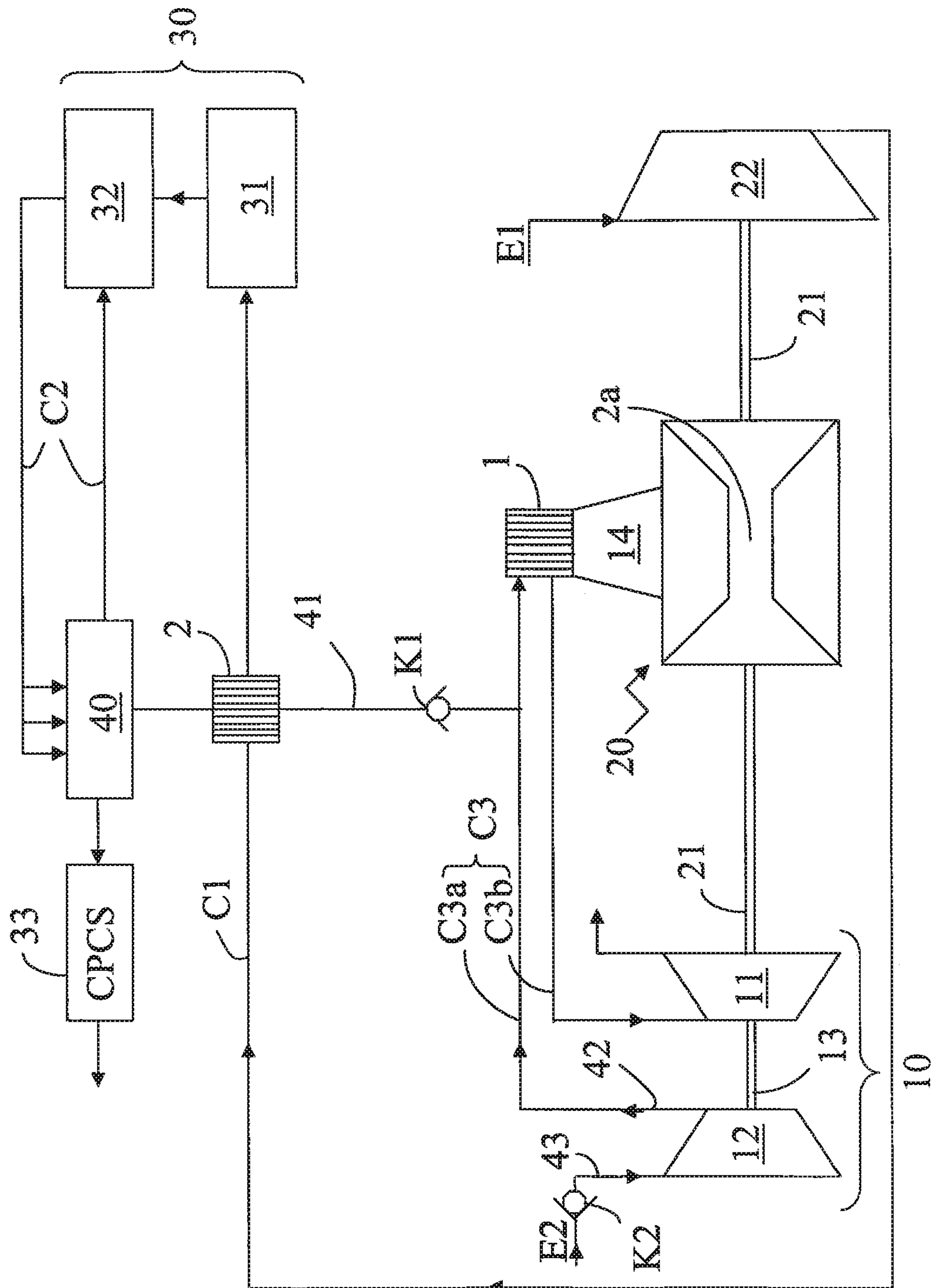


Figure 1



## Figure 2



### Figure 3

4/4

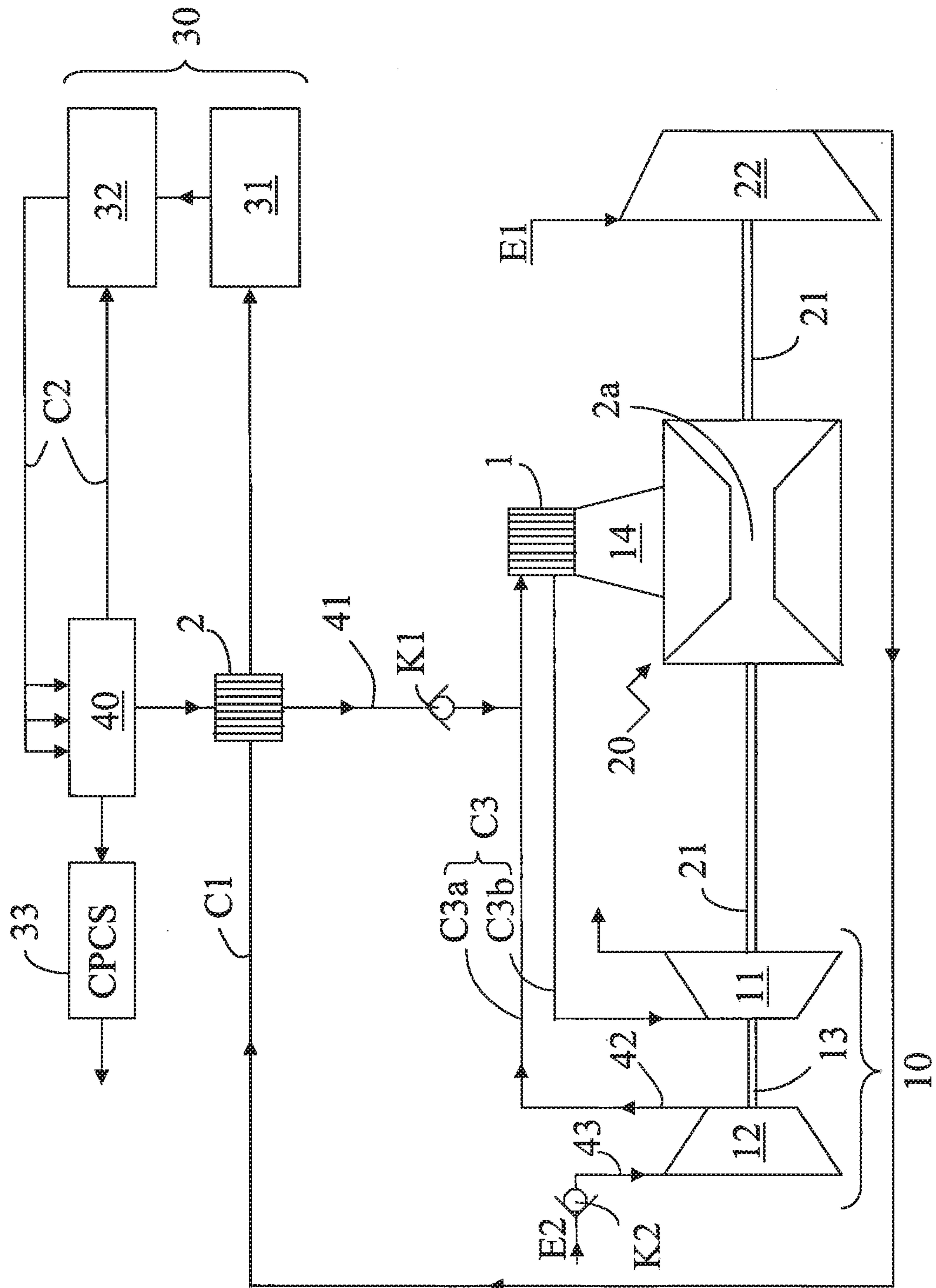


Figure 4

