



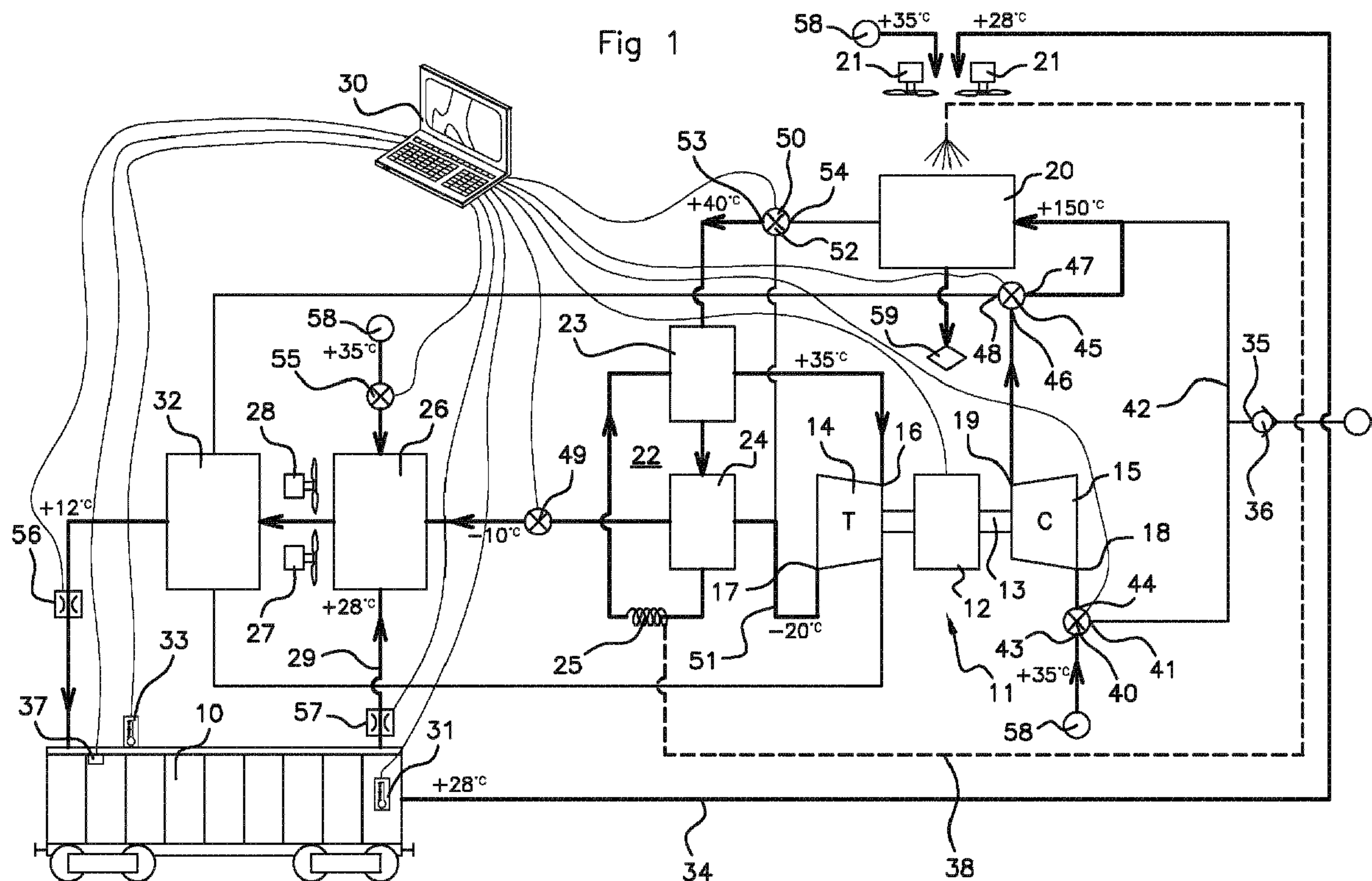
(12) **DEMANDE DE BREVET CANADIEN
CANADIAN PATENT APPLICATION**

(13) **A1**

(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2017/12/28
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2018/07/05
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2019/06/27
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: EP 2017/084746
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2018/122334
(30) Priorité/Priority: 2016/12/29 (FR1663532)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *B61D 27/00* (2006.01),
B60H 1/32 (2006.01)
(71) Demandeur/Applicant:
LIEBHERR-AEROSPACE TOULOUSE SAS, FR
(72) Inventeurs/Inventors:
FRANKENBERGER, ANNEKATHRIN, FR;
KRAWANJA, ANDREAS, AT;
MENGELLE, THIERRY, FR...
(74) Agent: LAVERY, DE BILLY, LLP

(54) Titre : PROCEDE D'ALIMENTATION EN AIR A TEMPERATURE CONTROLEE D'UNE CABINE DE VEHICULE
TERRESTRE ET VEHICULE TERRESTRE
(54) Title: METHOD FOR SUPPLYING AIR AT A CONTROLLED TEMPERATURE TO A CABIN OF A LAND VEHICLE,
AND LAND VEHICLE



(57) **Abrégé/Abstract:**

L'invention concerne un procédé d'alimentation en air à température contrôlée dans une cabine (10) de véhicule terrestre dans lequel on utilise au moins un dispositif à cycle à air comportant au moins un turbocompresseur motorisé. L'entrée d'air (16) de la

(57) **Abrégé(suite)/Abstract(continued):**

turbine (14) est agencée pour recevoir un débit d'air comprimé en provenance du compresseur (15). Au moins un échangeur (20, 32) est interposé entre la sortie d'air (19) du compresseur (15) et l'entrée d'air (16) de la turbine (14). L'entrée d'air (18) du compresseur (15) est agencée pour recevoir de l'air à pression supérieure ou égale à la pression atmosphérique. L'invention s'étend également à un véhicule terrestre comprenant au moins un tel dispositif à cycle à air.

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international

(10) Numéro de publication internationale

WO 2018/122334 A1(43) Date de la publication internationale
05 juillet 2018 (05.07.2018)(51) Classification internationale des brevets :
B61D 27/00 (2006.01) *B60H 1/32* (2006.01)(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2017/084746(22) Date de dépôt international :
28 décembre 2017 (28.12.2017)

(25) Langue de dépôt : français

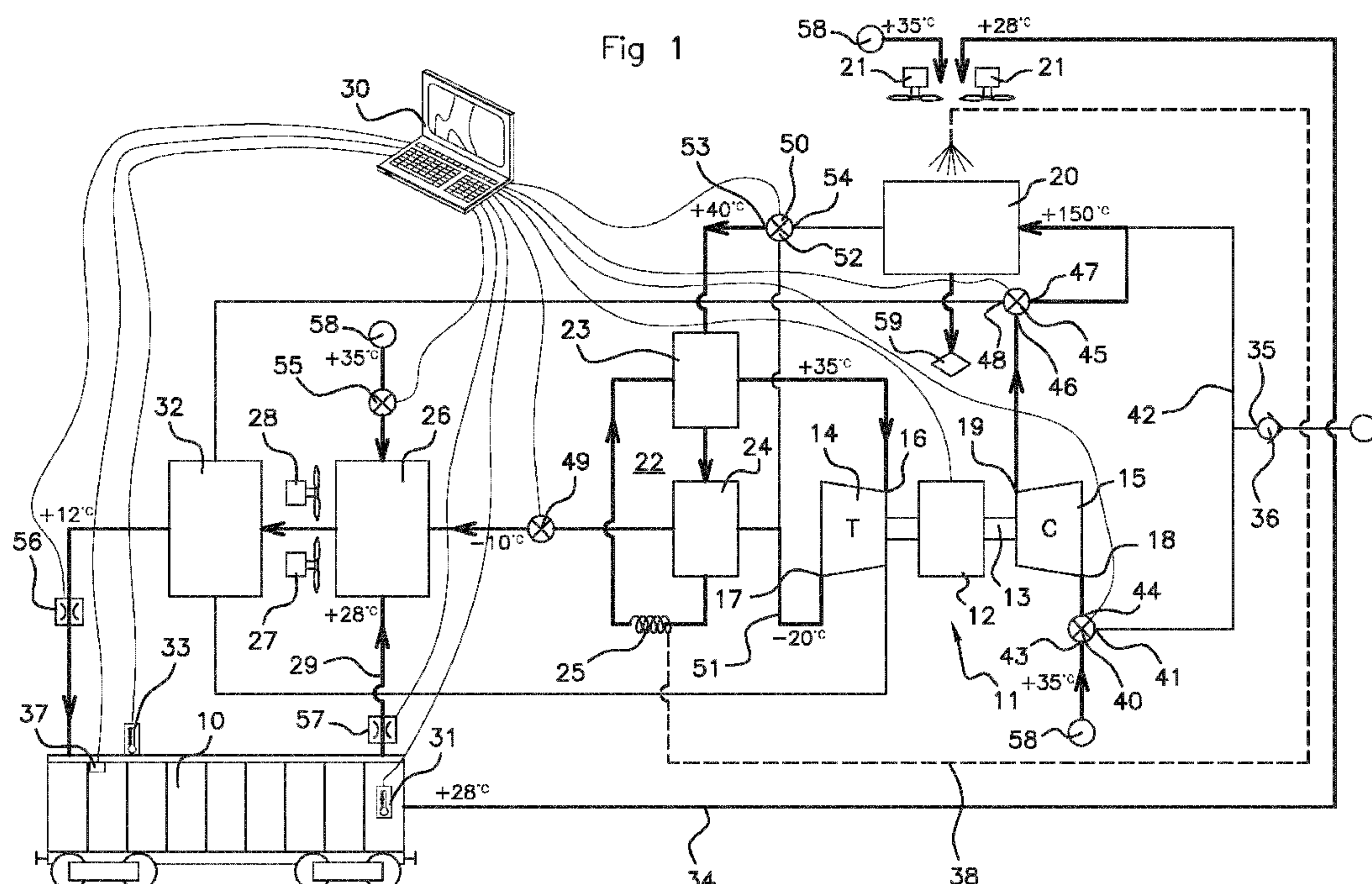
(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1663532 29 décembre 2016 (29.12.2016) FR(71) Déposant : LIEBHERR-AEROSPACE TOULOUSE
SAS [FR/FR] ; 408 avenue des États-Unis, 31200 TOULOUSE (FR).(72) Inventeurs : FRANKENBERGER, Annekathrin ;
Scholzgasse 4/8, 1020 WIEN (AT). KRAWANJA, Andreas ;
Paletzgasse 12/27, 1060 WIEN (AT). MENGELLE, Thierry ;
100 chemin du Chêne, 82170 POMPIGNAN (FR).(74) Mandataire : CABINET BARRE LAFORGUE &
ASSOCIÉS N°132 ; 35 rue Lancefoc, 31000 TOULOUSE (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,

(54) Title: METHOD FOR SUPPLYING AIR AT A CONTROLLED TEMPERATURE TO A CABIN OF A LAND VEHICLE, AND LAND VEHICLE

(54) Titre : PROCÉDÉ D'ALIMENTATION EN AIR À TEMPÉRATURE CONTRÔLÉE D'UNE CABINE DE VÉHICULE TERRESTRE ET VÉHICULE TERRESTRE



(57) Abstract: The invention relates to a method for supplying air at a controlled temperature to a cabin (10) of a land vehicle, in which use is made of at least one air cycle device comprising at least one motorized turbo compressor. The air inlet (16) of the turbine (14) is arranged to receive a flow of compressed air from the compressor (15). At least one exchanger (20, 32) is interposed between the air outlet (19) of the compressor (15) and the air inlet (16) of the turbine (14). The air inlet (18) of the compressor (15) is arranged to receive air at a pressure greater than or equal to atmospheric pressure. The invention also relates to a land vehicle comprising at least one such air cycle device.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé d'alimentation en air à température contrôlée dans une cabine (10) de véhicule terrestre

[Suite sur la page suivante]

WO 2018/122334 A1

WO 2018/122334 A1



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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (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))

dans lequel on utilise au moins un dispositif à cycle à air comportant au moins un turbocompresseur motorisé. L'entrée d'air (16) de la turbine (14) est agencée pour recevoir un débit d'air comprimé en provenance du compresseur (15). Au moins un échangeur (20, 32) est interposé entre la sortie d'air (19) du compresseur (15) et l'entrée d'air (16) de la turbine (14). L'entrée d'air (18) du compresseur (15) est agencée pour recevoir de l'air à pression supérieure ou égale à la pression atmosphérique. L'invention s'étend également à un véhicule terrestre comprenant au moins un tel dispositif à cycle à air.

PROCÉDÉ D'ALIMENTATION EN AIR À TEMPÉRATURE CONTRÔLÉE D'UNE CABINE DE VÉHICULE TERRESTRE ET VÉHICULE TERRESTRE

L'invention concerne un procédé d'alimentation en air à température contrôlée d'une cabine de véhicule terrestre -notamment ferroviaire- dans lequel on utilise au moins un dispositif à cycle à air. Elle s'étend à un véhicule terrestre -notamment ferroviaire- comprenant au moins un dispositif à cycle à air.

Dans tout le texte, on adopte la terminologie suivante :

- « véhicule terrestre » désigne tout véhicule de transport à la surface de la terre dans l'atmosphère, et englobe en particulier les véhicules roulant (véhicules ferroviaires roulant sur rails et véhicules routiers), et les navires (véhicules se déplaçant sur l'eau) ; à l'exclusion en particulier des engins volants tels que les aéronefs, les engins spatiaux et les sous-marins pour lesquels les problèmes techniques qui se posent sont très différents, notamment en raison des besoins spécifiques de pressurisation de la cabine,
- « cabine » désigne tout espace clos d'un véhicule dans lequel la température de l'air doit être contrôlée, et englobe en particulier les cabines pour passagers, les postes de pilotage et les soutes à bagages ou à transport de fret à température contrôlée,
- « conditionnement d'air » désigne le fait de contrôler au moins la température de l'air dans une cabine en le refroidissant ou en le réchauffant ; le conditionnement d'air dans une cabine peut également éventuellement permettre de contrôler au moins un autre paramètre de l'air dans la cabine, notamment choisi parmi l'humidité, la pression, un débit d'air entrant dans la cabine, un débit d'air sortant de la cabine.

La plupart des systèmes de contrôle environnemental (souvent désignés par le sigle ECS) permettant la climatisation à bord des véhicules terrestres comportent au moins un dispositif à cycle diphasique (souvent désignée par le sigle VCS), c'est-à-dire comprenant un fluide caloporteur diphasique liquide/vapeur entraîné dans une boucle thermique fermée comprenant au moins un compresseur et un évaporateur, la vaporisation du fluide caloporteur entraînant la production d'une puissance froide permettant le refroidissement d'air de la cabine. Avec ces

systèmes, le chauffage est en général réalisé par des réchauffeurs électriques. Il est rarement possible d'envisager un réchauffage par inversion du cycle en pompe à chaleur, compte tenu du fait que les plages de conditions environnementales dans lesquelles le fonctionnement du cycle en pompe à chaleur est possible, sont
5 relativement restreintes, et insuffisantes dans le cadre de l'exploitation à bord d'un véhicule terrestre susceptible de rencontrer des conditions environnementales variées.

Ces systèmes à cycle diphasique présentent l'inconvénient de nécessiter des fluides caloporteurs qui sont halogénocarbonés (chlorofluorocarbures
10 (CFC), hydrochlorofluorocarbures (HCFC), hydrofluorocarbures (HFC)) ou des hydrofluoroléfines (HFO) qui, en raison de leur nocivité pour l'environnement et/ou de leur dangerosité pour l'homme (destruction de la couche d'ozone, fort potentiel de réchauffement global, impératifs de récupération par des structures habilitées, toxicité, risque d'inflammation...), sont appelés à disparaître. En outre, il s'avère
15 que ces cycles diphasiques sont mal adaptés aux températures extérieures élevées, et peuvent s'interrompre dans les conditions environnementales dans lesquelles les besoins de climatisation sont précisément les plus importants. Il en résulte une gêne considérable pour les passagers, voire même des risques en matière de sécurité ou de conservation de marchandises.

20 En conséquence, le besoin se fait sentir de proposer un procédé et un dispositif d'alimentation en air à température contrôlée pour cabine de véhicule terrestre à base d'un cycle à air monophasique, c'est-à-dire par utilisation uniquement d'air gazeux à titre de fluide caloporteur.

Deux types de solution ont été proposés à cette fin.

25 Dans un premier type de solution connue (EP 0581237), il a été proposé un dispositif à cycle à air à boucle directe dans lequel l'air frais est comprimé par un premier compresseur électrique, puis passe par un échangeur de chaleur pour son refroidissement intermédiaire avant un deuxième compresseur entraîné par une turbine. À la sortie du deuxième compresseur, l'air passe à travers
30 des échangeurs qui permettent de le refroidir par l'air extérieur, puis à travers un condenseur d'eau avant d'être alimenté à la turbine. L'air détendu par la turbine

5 passe à travers une chambre de mélange antigel, puis à travers un premier condenseur pour refroidir l'air à l'amont de la turbine dans lequel l'eau doit être condensée, puis à travers un deuxième condenseur pour être alimenté dans une chambre de mélange où il peut être mélangé à de l'air de recirculation et/ou à de l'air frais avant d'être alimenté à la cabine via un filtre. Il s'avère que ce premier type de solution n'est cependant pas assez fiable ni robuste en utilisation. En effet, les compresseurs électriques nécessaires pour le premier étage de compression sont des composants délicats qui s'usent rapidement du fait des nombreux arrêts et démarrages dont ils font l'objet en exploitation. En outre, cette solution nécessite 10 une pluralité de machines tournantes (premier étage de compresseur électrique, turbocompresseur, quatre groupes de ventilateurs électriques) encombrantes, lourdes, coûteuses à l'installation et en maintenance, et nécessitant une logique de contrôle relativement complexe.

Dans un deuxième type de solution connu (EP 1177961, 15 EP 1186501) il a été proposé un dispositif à cycle à air à boucle inversée dans lequel un débit d'air à pression atmosphérique est alimenté à l'entrée d'une turbine pour être détendu et refroidi, puis passé à travers un échangeur air/air dans lequel l'échange de frigories se fait avec de l'air pulsé à l'intérieur de la cabine du véhicule grâce à des ventilateurs électriques. L'air détendu est ensuite aspiré par un 20 compresseur dans lequel il est recomprimé à la pression atmosphérique pour être rejeté à l'extérieur.

Ce deuxième type de solution donne globalement satisfaction en termes de fiabilité et de performances, et fait l'objet d'une exploitation depuis plus de 10 ans à bord de trains, notamment en Allemagne. Elle présente cependant 25 l'inconvénient d'un encombrement relativement important, en particulier en hauteur. En effet, le débit d'air dans le cycle du turbocompresseur s'effectuant à une pression inférieure à la pression atmosphérique (typiquement de l'ordre de $0,5 \cdot 10^5$ Pa) impose l'utilisation de composants volumineux : tuyaux de grosses sections, volutes de grand diamètre, vitesse de rotation du turbocompresseur relativement 30 faible. Or, cet encombrement en hauteur peut s'avérer particulièrement pénalisant en particulier pour les véhicules ferroviaires dans lesquels les groupes de

conditionnement d'air sont en général placés en toiture, et dont la hauteur totale est limitée d'une part pour le passage sous les ponts ou dans les tunnels et d'autre part pour favoriser l'aérodynamique du véhicule. Tel est le cas en particulier pour les trains à grande vitesse.

5 En outre, dans ces deux types de solution, un réchauffeur électrique, dont le coefficient de performance n'est pas supérieur à 1, doit être placé en aval de l'échangeur air/air pour le chauffage de l'air de la cabine.

DE 102004063840 décrit par ailleurs un procédé et un dispositif de conditionnement d'air pouvant être commutés entre un mode
10 refroidissement et un mode chauffage mais dont les performances énergétiques ne sont pas optimisées.

L'invention vise donc à pallier l'ensemble de ces inconvénients.

Elle vise en particulier à proposer un procédé d'alimentation
15 en air à température contrôlée à cycle à air pour cabine de véhicule terrestre présentant un encombrement en hauteur réduit -notamment compatible avec son installation en toiture de véhicules ferroviaires-, et qui soit fiable et robuste, léger, simple, peu coûteux à l'installation et pour sa maintenance, et efficace dans toutes les conditions environnementales pouvant être potentiellement rencontrées.

20 Elle vise également à proposer un tel procédé entraînant une moindre consommation énergétique du véhicule, et en particulier dans lequel le chauffage de la cabine peut être réalisé avec un coefficient de performance supérieur à 1.

Elle vise également à proposer un tel procédé permettant, à
25 partir d'un même dispositif à cycle à air, de moduler aisément la capacité de production en puissance thermique froide ou chaude en fonction des besoins de l'application, et d'assurer la redondance partielle de la fonction de conditionnement d'air en cas de défaillance partielle. Ainsi, elle vise à proposer un procédé aisément adaptable à un grand nombre de véhicules terrestres différents, présentant des
30 besoins de conditionnement d'air pouvant varier dans une large gamme, sans

nécessiter une conception et une fabrication de groupes de conditionnement d'air et de turbomachines spécifiques à chaque application.

L'invention vise également à proposer un véhicule terrestre présentant les mêmes avantages.

5 L'invention concerne donc un procédé d'alimentation en air à température contrôlée dans une cabine de véhicule terrestre -notamment ferroviaire- dans lequel on utilise au moins un dispositif à cycle à air, comportant :

- au moins un turbocompresseur comprenant :

- un compresseur rotatif,
- 10 ○ une turbine rotative,
- un arbre couplant la turbine et le compresseur de telle sorte que la turbine est apte à entraîner le compresseur en rotation,
- une entrée d'air du compresseur,
- une sortie d'air du compresseur délivrant un débit d'air
- 15 comprimé par le compresseur,
- une entrée d'air de la turbine agencée pour recevoir un débit d'air comprimé en provenance du compresseur,
- une sortie d'air de la turbine délivrant un débit d'air froid détendu,

20 - au moins un échangeur interposé entre la sortie d'air du compresseur et l'entrée d'air de la turbine, caractérisé en ce que :

- on utilise au moins un turbocompresseur d'au moins un dispositif à cycle à air -notamment chaque turbocompresseur d'au moins un dispositif à cycle à

25 air, plus particulièrement chaque turbocompresseur de chaque dispositif à cycle à air- comportant un moteur électrique couplé au compresseur -notamment interposé sur un arbre entre la turbine et le compresseur- de façon à pouvoir délivrer une puissance mécanique au compresseur,

- l'entrée d'air du compresseur est agencée pour recevoir de l'air à

30 pression supérieure ou égale à la pression atmosphérique.

Dans certains modes de réalisation avantageux un procédé selon l'invention est également caractérisé par tout ou partie des caractéristiques mentionnées ci-après :

- la turbine de chaque turbocompresseur est agencée pour délivrer un
5 débit d'air détendu à pression supérieure ou égale à la pression atmosphérique,
- chaque turbocompresseur de chaque dispositif à cycle à air est associé à un ensemble de conduites et de vannes commandées, adapté pour pouvoir être commandé selon un mode de fonctionnement choisi au moins parmi :
 - un mode de chauffage dans lequel l'air comprimé et
10 réchauffé délivré à la sortie du compresseur du turbocompresseur traverse au moins un premier circuit (« passe chaude ») d'un échangeur de chaleur adapté pour réchauffer un débit d'air d'alimentation de la cabine du véhicule,
 - un mode de refroidissement dans lequel :
 - l'entrée d'air du compresseur est agencée pour recevoir de
15 l'air extérieur au véhicule,
 - la sortie d'air comprimé du compresseur est reliée à au moins un échangeur de chaleur, dit échangeur intermédiaire, délivrant un flux d'air comprimé refroidi par au moins un flux d'air choisi parmi un flux d'air extérieur, un flux d'air vicié à évacuer hors de la cabine, et leurs mélanges,
- l'entrée d'air du compresseur est agencée pour, en mode de
20 refroidissement, recevoir directement de l'air prélevé à l'extérieur du véhicule,
- en mode de refroidissement, le débit d'air froid détendu délivré par la sortie d'air de la turbine est introduit dans la cabine du véhicule, avec mélange avec de l'air de recirculation en provenance de la cabine, et éventuellement avec de l'air
25 frais,
- en mode de chauffage, ledit débit d'air d'alimentation de la cabine du véhicule est formé par au moins un flux d'air choisi parmi un flux d'air extérieur, un flux d'air de recirculation en provenance de la cabine du véhicule, et leurs mélanges, ce flux d'air traversant le deuxième circuit de l'échangeur de chauffage
30 cabine pour être réchauffé,

- dans une première variante en mode de chauffage par pompe à chaleur :

○ l'entrée d'air du compresseur est agencée pour recevoir un débit d'air détendu en provenance de la turbine par l'intermédiaire d'au moins un échangeur de chaleur, dit échangeur intermédiaire de réchauffage, adapté pour réchauffer l'air détendu délivré par la turbine au contact d'au moins un flux d'air - notamment au contact d'un flux d'air- choisi parmi un flux d'air extérieur, un flux d'air vicié à évacuer hors de la cabine, et leurs mélanges,

○ l'air comprimé et réchauffé délivré à la sortie du compresseur du turbocompresseur traverse un premier circuit (« passe chaude ») d'un échangeur de chaleur, dit échangeur de chauffage cabine, adapté pour réchauffer un débit d'air d'alimentation de la cabine du véhicule traversant un deuxième circuit (« passe froide ») de l'échangeur de chauffage cabine, une sortie du premier circuit de l'échangeur de chauffage cabine étant reliée à l'entrée d'air de la turbine,

- dans une deuxième variante en mode de chauffage :

○ ledit ensemble de conduites et de vannes commandées est adapté pour pouvoir être commandé également selon un mode de fonctionnement choisi parmi un mode de chauffage dans lequel :

○ un flux d'air vicié à évacuer de la cabine est alimenté à l'entrée du compresseur du turbocompresseur,

○ l'air comprimé et réchauffé délivré à la sortie du compresseur du turbocompresseur, traverse au moins un échangeur interposé entre la sortie d'air du compresseur d'au moins un turbocompresseur et l'entrée d'air de la turbine du turbocompresseur,

○ et l'air délivré à la sortie de la turbine du turbocompresseur est relié à une bouche de sortie pour être rejeté à l'extérieur,

- la vitesse de rotation du moteur électrique de chaque turbocompresseur est pilotée en fonction d'une puissance thermique de consigne à délivrer à la cabine du véhicule,

- en mode de refroidissement, la vitesse de rotation du moteur électrique de chaque turbocompresseur est pilotée en fonction d'une puissance froide de consigne à la sortie de la turbine,
- en mode de chauffage, la vitesse de rotation du moteur électrique de
5 chaque turbocompresseur est pilotée en fonction d'une puissance chaude de consigne à la sortie du compresseur,
- la vitesse de rotation du moteur électrique de chaque turbocompresseur est pilotée avec une valeur maximum supérieure à 50000 tr/min, notamment avec une valeur maximum comprise entre 50000 tr/min et 100000
10 tr/min, par exemple de l'ordre de 65000 tr/min,
- l'humidité de l'air comprimé délivré à l'entrée d'air de la turbine est extraite à l'amont de cette entrée d'air ; cette extraction peut être réalisée par une boucle d'extraction d'humidité comprenant successivement un premier circuit (« passe chaude ») d'un échangeur de chaleur réchauffeur recevant le débit d'air
15 comprimé et refroidi à la sortie de l'échangeur intermédiaire de refroidissement, un premier circuit (« passe chaude ») d'un échangeur de chaleur condenseur, un dispositif d'extraction d'eau liquide, un deuxième circuit (« passe froide ») de l'échangeur de chaleur réchauffeur recevant le débit d'air délivré à l'aval du dispositif d'extraction d'eau liquide pour le réchauffer par le débit d'air comprimé
20 alimentant le premier circuit de l'échangeur de chaleur réchauffeur, un deuxième circuit (« passe froide ») de l'échangeur de chaleur condenseur recevant le débit d'air froid détendu délivré par la sortie d'air de la turbine pour refroidir le débit d'air comprimé traversant le premier circuit de l'échangeur de chaleur condenseur de façon à condenser l'humidité présente dans ce débit d'air comprimé,
- on choisit chaque turbocompresseur de telle sorte qu'il présente un
25 diamètre maximum (volute) inférieur à 400 mm, par exemple compris entre 300 mm et 400 mm, notamment de l'ordre de 360 mm,
- on choisit chaque turbocompresseur de telle sorte qu'il présente un poids inférieur à 50 kg, par exemple compris entre 20 kg et 50 kg, notamment de
30 l'ordre de 30 kg.

L'invention s'étend également à un véhicule terrestre -notamment ferroviaire- comprenant au moins un dispositif à cycle à air comportant :

- au moins un turbocompresseur comprenant :
 - 5 ○ un compresseur rotatif,
 - une turbine rotative,
 - un arbre couplant la turbine et le compresseur de telle sorte que la turbine est apte à entraîner le compresseur en rotation,
 - une entrée d'air du compresseur,
 - 10 ○ une sortie d'air du compresseur délivrant un débit d'air comprimé par le compresseur,
 - une entrée d'air de la turbine agencée pour recevoir un débit d'air comprimé en provenance du compresseur,
 - une sortie d'air de la turbine délivrant un débit d'air froid
 - 15 détendu,
- au moins un échangeur interposé entre la sortie d'air du compresseur d'au moins un turbocompresseur et l'entrée d'air de la turbine d'au moins un turbocompresseur,
- caractérisé en ce que :
 - 20 - au moins un turbocompresseur d'au moins un dispositif à cycle à air -notamment chaque turbocompresseur d'au moins un dispositif à cycle à air, plus particulièrement chaque turbocompresseur de chaque dispositif à cycle à air- comporte un moteur électrique couplé au compresseur -notamment interposé sur un arbre entre la turbine et le compresseur- de façon à pouvoir délivrer une puissance
 - 25 mécanique au compresseur,
 - l'entrée d'air du compresseur d'au moins un turbocompresseur d'au moins un dispositif à cycle à air -notamment de chaque turbocompresseur d'au moins un dispositif à cycle à air, plus particulièrement de chaque turbocompresseur de chaque dispositif à cycle à air- est agencée pour recevoir de l'air à pression
 - 30 supérieure ou égale à la pression atmosphérique.

Dans certains modes de réalisation avantageux un véhicule selon l'invention est également caractérisé par tout ou partie des caractéristiques mentionnées ci-après :

- la turbine de chaque turbocompresseur est agencée pour délivrer un
5 débit d'air détendu à pression supérieure ou égale à la pression atmosphérique,
- chaque dispositif à cycle à air comporte un ensemble de vannes commandées et de conduites et le véhicule comporte au moins une unité de régulation adaptée pour pouvoir commander chaque dispositif à cycle à air selon un mode de fonctionnement choisi au moins parmi :
 - 10 ▪ un mode de chauffage dans lequel l'air comprimé et réchauffé délivré à la sortie du compresseur du turbocompresseur traverse au moins un premier circuit (« passe chaude ») d'un échangeur de chaleur adapté pour réchauffer un débit d'air d'alimentation de la cabine du véhicule,
 - un mode de refroidissement dans lequel :
 - 15 ○ l'entrée d'air du compresseur est agencée pour recevoir de l'air extérieur au véhicule,
 - la sortie d'air comprimé du compresseur est reliée à au moins un échangeur de chaleur, dit échangeur intermédiaire de refroidissement, délivrant un flux d'air comprimé refroidi par au moins un flux d'air choisi parmi un
20 flux d'air extérieur, un flux d'air vicié à évacuer hors de la cabine, et leurs mélanges,
 - l'entrée d'air du compresseur est agencée pour, en mode de refroidissement, recevoir directement de l'air prélevé à l'extérieur du véhicule,
 - dans une première variante en mode de chauffage par pompe à
25 chaleur :
 - l'entrée d'air du compresseur est agencée pour recevoir un débit d'air détendu en provenance de la turbine par l'intermédiaire d'au moins un échangeur de chaleur, dit échangeur intermédiaire de réchauffage, adapté pour réchauffer l'air détendu délivré par la turbine au contact d'un flux d'air choisi parmi
30 un flux d'air extérieur, un flux d'air vicié à évacuer hors de la cabine, et leurs mélanges,

- l'air comprimé et réchauffé délivré à la sortie du compresseur du turbocompresseur traverse un premier circuit (« passe chaude ») d'un échangeur de chaleur, dit échangeur de chauffage cabine, adapté pour réchauffer un débit d'air d'alimentation de la cabine du véhicule traversant un
- 5 deuxième circuit (« passe froide ») de l'échangeur de chauffage cabine, une sortie du premier circuit de l'échangeur de chauffage cabine étant reliée à l'entrée d'air de la turbine,
- ledit échangeur intermédiaire de refroidissement et ledit au moins un échangeur intermédiaire de réchauffage sont formés d'un seul et même échangeur
- 10 de chaleur,
- dans une deuxième variante en mode de chauffage :
 - ledit ensemble de conduites et de vannes commandées est adapté pour pouvoir être commandé également selon un mode de fonctionnement choisi parmi un mode de chauffage dans lequel :
- 15 ○ un flux d'air vicié à évacuer de la cabine est alimenté à l'entrée du compresseur du turbocompresseur,
- l'air comprimé et réchauffé délivré à la sortie du compresseur du turbocompresseur, traverse au moins un échangeur interposé entre la sortie d'air du compresseur d'au moins un turbocompresseur et l'entrée d'air de
- 20 la turbine du turbocompresseur,
- et l'air délivré à la sortie de la turbine du turbocompresseur est relié à une bouche de sortie pour être rejeté à l'extérieur,
- il comporte une unité de régulation adaptée pour piloter la vitesse de rotation du moteur électrique de chaque turbocompresseur en fonction d'une
- 25 puissance thermique de consigne à délivrer à la cabine du véhicule,
- au moins un -notamment chaque- turbocompresseur présente un diamètre maximum (volute) inférieur à 400 mm, par exemple compris entre 300 mm et 400 mm, notamment de l'ordre de 360 mm,
- au moins un -notamment chaque- turbocompresseur présente un poids
- 30 inférieur à 50 kg, par exemple compris entre 20 kg et 50 kg, notamment de l'ordre de 30 kg,

- au moins un -notamment chaque- turbocompresseur est adapté pour pouvoir être piloté avec une vitesse de rotation maximum supérieure à 50000 tr/min, notamment comprise entre 50000 tr/min et 100000 tr/min, par exemple de l'ordre de 65000 tr/min,

5 - au moins un -notamment chaque- dispositif à cycle à air comporte un dispositif d'extraction, à l'amont de l'entrée d'air de la turbine, de l'humidité de l'air comprimé délivré, en mode de refroidissement, à la sortie d'air comprimé du compresseur ; dans certains modes de réalisation, ce dispositif extraction comprend une boucle d'extraction d'humidité comprenant successivement un premier circuit
10 (« passe chaude ») d'un échangeur de chaleur réchauffeur relié à l'échangeur intermédiaire de refroidissement pour pouvoir recevoir le débit d'air comprimé (et refroidi) délivré par cet échangeur intermédiaire de refroidissement, un premier circuit (« passe chaude ») d'un échangeur de chaleur condenseur, un dispositif d'extraction d'eau liquide, un deuxième circuit (« passe froide ») de l'échangeur de
15 chaleur réchauffeur reliée au dispositif d'extraction d'eau liquide pour pouvoir recevoir le débit d'air délivré à l'aval du dispositif d'extraction d'eau liquide pour le réchauffer par le débit d'air comprimé alimentant le premier circuit de l'échangeur de chaleur réchauffeur, un deuxième circuit (« passe froide ») de l'échangeur de chaleur condenseur reliée à la sortie de la turbine pour pouvoir recevoir le débit
20 d'air froid détendu délivré par la sortie d'air de la turbine, et refroidir le débit d'air comprimé traversant le premier circuit de l'échangeur de chaleur condenseur de façon à condenser l'humidité présente dans ce débit d'air comprimé.

Ainsi, dans un procédé et un véhicule selon l'invention, le conditionnement d'air est obtenu par au moins un turbocompresseur motorisé dont
25 le compresseur reçoit de l'air à pression supérieure ou égale à la pression atmosphérique. Il en résulte en particulier non seulement une simplification de l'architecture et des composants sans utilisation de fluide calorifique diphasique, mais également la possibilité de réduire considérablement le débit d'air dans la boucle et les dimensions des tuyauteries et des vannes.

30 En mode de refroidissement, le débit d'air à travers la boucle peut être limité au débit d'air frais à fournir à la cabine. Il est ainsi typiquement

divisé par 2 par rapport au débit d'air à travers la boucle inverse du deuxième type de solution de l'état de la technique mentionné ci-dessus. En outre, les pressions dans la boucle passent typiquement d'une valeur de l'ordre de $0,5 \cdot 10^5$ Pa à une valeur de l'ordre de $3 \cdot 10^5$ Pa, c'est-à-dire sont multipliées par 6. Il en résulte que le

5 diamètre des conduites de circulation d'air dans la boucle peut être divisé par un facteur typiquement égal à $\sqrt{12} = 3,4$.

Il en résulte également la possibilité d'utiliser la boucle du cycle à air et au moins un turbocompresseur de chaque dispositif à cycle à air en pompe à chaleur pour le chauffage de la cabine, en particulier en inversant le sens

10 de circulation de l'air dans la boucle. Il s'avère en effet que, avec un cycle à air à boucle directe conforme à l'invention, les pressions et les points de fonctionnement du compresseur et de la turbine du turbocompresseur sont sensiblement les mêmes en mode de refroidissement et en mode de chauffage. Il est ainsi possible de générer une puissance thermique chaude avec un rendement supérieur à 1. Les inventeurs

15 ont ainsi déterminé qu'il est possible d'obtenir un coefficient de performance typiquement de l'ordre de 1,25, c'est-à-dire un gain de 25 % à 30 % par rapport à un réchauffeur électrique. Également, la grande majorité des composants utilisés en mode de refroidissement sont réutilisés en mode de chauffage. En outre il est possible de récupérer dans l'échangeur intermédiaire en mode de chauffage les

20 calories de l'air vicié évacué de la cabine, ou en mode de refroidissement les frigories de l'air vicié évacué de la cabine.

Par ailleurs, le refroidissement des échangeurs peut être effectué à l'aide de simples ventilateurs électriques.

Dans certains modes de réalisation d'un procédé et d'un

25 véhicule selon l'invention, chaque dispositif à cycle à air comprend un et un seul turbocompresseur, et peut être configuré et réglé à la fabrication en usine, l'installation à bord du véhicule étant limitée à la connexion des entrées d'air et des sorties d'air du dispositif à cycle à air aux conduites correspondantes du véhicule. Le nombre de dispositif(s) à cycle à air et/ou le nombre de turbocompresseur(s) peut

30 être ajusté en fonction de la puissance thermique requise pour chaque véhicule. En particulier, un véhicule selon l'invention comprend par exemple avantageusement

une pluralité de dispositifs à cycle à air - notamment entre 2 et 10 dispositifs à cycle à air comprenant chacun un et un seul turbocompresseur-. Ainsi, les inventeurs ont démontré qu'il est en réalité préférable de prévoir plusieurs dispositifs à cycle à air de plus faibles dimensions incorporant chacun un turbocompresseur motorisé piloté à haute vitesse de rotation qui, bien que plus coûteux et complexe à fabriquer, permet d'obtenir une économie de consommation énergétique et une facilité d'installation à bord d'un véhicule terrestre tel qu'un véhicule ferroviaire, compensant largement le surcoût de fabrication des turbocompresseurs.

L'invention s'étend également à un procédé d'alimentation en air à température contrôlée mis en œuvre dans un véhicule terrestre selon l'invention. Elle s'étend également à un véhicule terrestre dans lequel un procédé d'alimentation en air à température contrôlée selon l'invention est mis en œuvre.

L'invention concerne également un procédé d'alimentation en air à température contrôlée et un véhicule terrestre caractérisés, en combinaison ou non, par tout ou partie des caractéristiques mentionnées ci-dessus ou ci-après. Quelle que soit la présentation formelle qui en est donnée, sauf indication contraire explicite, les différentes caractéristiques mentionnées ci-dessus ou ci-après ne doivent pas être considérées comme étroitement ou inextricablement liées entre elles, l'invention pouvant concerner l'une seulement de ces caractéristiques structurelles ou fonctionnelles, ou une partie seulement de l'une de ces caractéristiques structurelles ou fonctionnelles, ou encore tout groupement, combinaison ou juxtaposition de tout ou partie de ces caractéristiques structurelles ou fonctionnelles.

D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante donnée à titre non limitatif et qui se réfère aux figures annexées dans lesquelles :

- la figure 1 est un schéma synoptique fonctionnel illustrant un dispositif à cycle à air d'un véhicule selon un premier mode de réalisation de l'invention mettant en œuvre un procédé selon un premier mode de réalisation de l'invention en mode de refroidissement,

- la figure 2 est un schéma synoptique fonctionnel du dispositif à cycle à air de la figure 1 en mode de chauffage,

- la figure 3 est un schéma synoptique fonctionnel illustrant un dispositif à cycle à air d'un véhicule selon un deuxième mode de réalisation de l'invention mettant en œuvre un procédé selon un deuxième mode de réalisation de l'invention en mode de refroidissement,

- la figure 4 est un schéma synoptique fonctionnel du dispositif à cycle à air de la figure 3 en mode de chauffage.

Le dispositif à cycle à air selon l'invention représenté sur les figures permet le contrôle environnemental (climatisation par refroidissement ou chauffage) d'une cabine 10 d'un véhicule terrestre selon l'invention. Elle comprend un turbocompresseur 11 motorisé par un moteur électrique 12 entraînant un arbre 13 du turbocompresseur 11 accouplé à une turbine 14 rotative et à un compresseur 15 rotatif. Un tel turbocompresseur 11 motorisé est connu en lui-même et peut faire l'objet de nombreuses variantes de réalisation, notamment en ce qui concerne le type de turbine (axiale ou radiale), le type de compresseur (axial ou radial), le type de moteur électrique, le montage de l'arbre et des paliers (par exemple paliers aérodynamiques ou paliers magnétiques), la disposition relative des roues et/ou du moteur...

Dans le cas d'un véhicule terrestre tel qu'un véhicule ferroviaire, par exemple pour trains à grande vitesse, le turbocompresseur 11 peut avantageusement être choisi avec les caractéristiques suivantes, données uniquement à titre d'exemple non limitatif :

- turbine 14 et compresseur 15 de type radial,
- paliers aérodynamiques ou magnétiques,
- vitesse de rotation maximale comprise entre 50000 tr/min et 100000 tr/min, par exemple de l'ordre de 65000 tr/min,
- taux de compression maximal du compresseur : compris entre 2,5 et 5, notamment de l'ordre de 3,2,
- taux de détente maximal de la turbine : compris entre 2 et 5,

- moteur électrique : de puissance nominale comprise entre 10 kW et 100 kW, notamment de l'ordre de 40 kW,
- diamètre maximum de volute (volute du compresseur 15) inférieur à 500 mm, par exemple compris entre 300 mm et 500 mm, notamment de l'ordre de 360 mm,
- diamètre maximum de roue du compresseur 15 inférieur à 250 mm, par exemple compris entre 100 et 250 mm, notamment de l'ordre de 150 mm,
- poids inférieur à 50 kg, par exemple compris entre 15 kg et 50 kg, notamment de l'ordre de 30 kg,
- diamètre des paliers, notamment dans le cas de paliers à air, compris entre 30 mm et 50 mm, notamment de l'ordre de 40 mm.

La turbine 14 présente une entrée 16 d'air et une sortie 17 d'air détendu et refroidi. Le compresseur 15 comprend une entrée 18 d'air et une sortie 19 d'air comprimé et réchauffé.

Un premier circuit d'un échangeur 20 intermédiaire air/air est interposé entre le compresseur 15 et la turbine 14.

Cet échangeur 20 intermédiaire présente un deuxième circuit d'air alimenté par un flux d'air entraîné par au moins un ventilateur 21 électrique. Ce flux d'air peut être formé d'un flux d'air extérieur ambiant prélevé à l'extérieur du véhicule à température ambiante, d'un flux d'air vicié évacué de la cabine 10 (notamment pour le renouvellement de l'air dans la cabine 10) par une conduite 34, et de leurs mélanges. Le flux d'air passant dans le deuxième circuit d'air de l'échangeur 20 intermédiaire est donc à une température comprise entre la température extérieure au véhicule et la température régnant dans la cabine 10. Après passage dans le deuxième circuit d'air de l'échangeur 20 intermédiaire ce flux d'air est rejeté à l'extérieur.

Une boucle 22 d'extraction d'humidité est interposée entre le premier circuit de l'échangeur 20 intermédiaire et la turbine 14. Cette boucle 22 d'extraction d'humidité comprend successivement à partir de l'échangeur 20 intermédiaire un premier circuit d'un échangeur 23 de chaleur air/air réchauffeur, un premier circuit d'un échangeur 24 de chaleur air/air condenseur, un dispositif 25

d'extraction d'eau liquide, un deuxième circuit du réchauffeur 23 dont la sortie est reliée à l'entrée de la turbine 14. La sortie de la turbine 14 est reliée à un deuxième circuit du condenseur 24, ce dernier alimentant une chambre de mélange 26 alimentant la cabine 10. La chambre de mélange 26 peut recevoir également d'une
5 part un flux d'air de recirculation extrait de la cabine 10 par des ventilateurs électriques 27, 28 et d'autre part un flux d'air frais prélevé à l'extérieur du véhicule, grâce à ces ventilateurs électriques 27, 28 si la puissance thermique froide requise dans la cabine 10 est telle que le débit d'air délivré par la turbine 14 n'est pas suffisant pour couvrir le besoin en renouvellement d'air dans la cabine 10.

10 La sortie d'air 19 du compresseur 15 peut être reliée à l'entrée d'air 16 de la turbine 14 par l'intermédiaire d'un premier circuit d'un échangeur de chaleur air/air, dit échangeur 32 de chauffage cabine, dont le deuxième circuit est interposé entre la chambre de mélange 26 et la cabine 10.

Chaque échangeur 20, 23, 24, 32 de chaleur permet un
15 transfert de chaleur entre son premier circuit (première « passe ») et son deuxième circuit (deuxième « passe »), selon la différence de température des flux d'air traversant respectivement ces deux circuits.

Une unité 30 de régulation comprenant notamment un automate électronique et/ou informatique et un convertisseur de puissance
20 permet le pilotage du moteur 12 électrique à une vitesse de rotation déterminée par un asservissement en fonction de la puissance thermique froide ou chaude devant être délivrée dans la cabine 10, elle-même déterminée en fonction de la température mesurée dans la cabine 10 par un capteur 31 de température, et d'une température de consigne déterminée par un utilisateur du véhicule. Ce pilotage est réalisé par
25 l'unité 30 de régulation selon un asservissement en boucle fermée avec une loi de commande de la vitesse de rotation du moteur en fonction de la température de l'air délivré à l'entrée de la chambre 26 de mélange, elle-même déterminée en fonction de la température de consigne, de la température mesurée dans la cabine 10, et des températures et débits d'air entrant dans la chambre 26 de mélange et sortant de
30 cette dernière. Le débit d'air entrant dans la cabine 10 est mesuré par un capteur 56 de débit. Le débit d'air sortant de la cabine 10 est mesuré par un capteur 57 de débit.

Ces débits sont aussi pilotés par l'unité 30 de régulation, en particulier en fonction d'une quantité d'air frais de renouvellement à apporter dans la cabine 10, qui peut être déterminée elle-même grâce à un capteur 37 de dioxyde de carbone dans la cabine 10, permettant d'estimer le taux d'occupation de cette dernière.

5 Le dispositif à cycle à air comprend également un ensemble de conduites et de vannes commandées, et l'unité 30 de régulation est également reliée à chacune des vannes commandées pour en commander l'état de façon à sélectionner un mode de fonctionnement du dispositif à cycle à air parmi un mode de refroidissement et un mode de chauffage, ce mode de fonctionnement pouvant
10 être sélectionné manuellement par l'utilisateur ou déterminé automatiquement par l'unité 30 de régulation elle-même en fonction notamment de la différence entre la température mesurée à l'intérieur de la cabine 10 et la température extérieure mesurée par un capteur de température 33 relié à l'unité 30 de régulation.

Dans le premier mode de réalisation représenté sur les figures
15 1 et 2, l'entrée d'air 18 du compresseur 15 comprend une vanne 40 trois voies commandée dont une entrée 41 est reliée par une conduite 42 au premier circuit de l'échangeur 20 intermédiaire, une entrée 43 est alimentée en air frais extérieur 58, et présentant une sortie 44 reliée à l'entrée d'air 18 du compresseur 15.

La sortie d'air 19 du compresseur 15 est reliée à une entrée 46
20 d'une vanne 45 trois voies commandée dont une sortie 47 est reliée à la conduite 42 aboutissant au premier circuit de l'échangeur 20 intermédiaire (conduite 42 reliant l'entrée d'air 18 du compresseur 15 au premier circuit de l'échangeur 20 intermédiaire), et dont une sortie 48 est reliée au premier circuit de l'échangeur 32 de chauffage cabine.

25 Une vanne 49 commandée est interposée entre la sortie d'air 17 de la turbine 14 et la chambre 26 de mélange, par exemple entre la sortie du deuxième circuit de l'échangeur 24 de chaleur condenseur et l'entrée de la chambre 26 de mélange.

Une vanne 50 trois voies commandée est interposée entre le
30 premier circuit de l'échangeur 20 intermédiaire et une conduite 51 reliant la sortie d'air 17 de la turbine 14 au premier circuit de l'échangeur 24 de chaleur

condenseur. Cette vanne 50 comprend une entrée 52 reliée à la conduite 51 ; une sortie 53 reliée à l'entrée de la boucle 22 d'extraction d'humidité, c'est-à-dire au premier circuit de l'échangeur 23 de chaleur réchauffeur ; et une entrée/sortie 54 reliée au premier circuit de l'échangeur 20 intermédiaire.

5 Une vanne 55 commandée permet d'alimenter la chambre 26 de mélange en air frais extérieur 58.

La logique de commande d'une telle unité 30 de régulation d'un dispositif à cycle à air est par ailleurs bien connue en elle-même et peut faire l'objet de toutes variantes de réalisation.

10 Sur les figures, les conduites dans lesquelles l'air circule sont représentées en traits plus épais que celles dans lesquelles l'air ne circule pas, selon le mode de fonctionnement sélectionné.

En mode de refroidissement l'unité 30 de régulation place les différentes vannes 40, 45, 49, 50, 55 commandées dans l'état représenté figure 1.

15 La vanne 40 relie son entrée 43 à sa sortie 44 et son entrée 41 est fermée. L'entrée d'air 18 du compresseur 15 reçoit de l'air frais extérieur 58 prélevé directement à la pression atmosphérique ou à la pression dynamique résultant du déplacement du véhicule à une pression supérieure à la pression atmosphérique. Il est à noter à ce titre que le dispositif à cycle à air est exempt de
20 tout autre compresseur électrique, la compression de l'air dans la boucle étant obtenue exclusivement et intégralement par le compresseur 15 du turbocompresseur 11.

La vanne 45 relie son entrée 46 à sa sortie 47 reliée au premier circuit de l'échangeur 20 intermédiaire, et son autre sortie 48 est fermée. La sortie
25 d'air 19 du compresseur 15 alimente le premier circuit de l'échangeur 20 intermédiaire qui constitue la passe chaude de cet échangeur 20 intermédiaire, le débit d'air comprimé réchauffé par le compresseur 15 étant refroidi dans cet échangeur 20 intermédiaire par le débit d'air circulant dans le deuxième circuit de l'échangeur 20 intermédiaire, qui constitue la passe froide de ce dernier. Le
30 deuxième circuit d'air de l'échangeur 20 intermédiaire est alimenté par un flux d'air entraîné par au moins un ventilateur 21 électrique. Ce flux d'air peut être choisi

parmi un flux d'air extérieur 58 prélevé à l'extérieur du véhicule à température ambiante, d'un flux d'air vicié évacué de la cabine 10 (notamment pour le renouvellement de l'air dans la cabine 10) par la conduite 34, et de leurs mélanges. Le flux d'air passant dans le deuxième circuit d'air de l'échangeur 20 intermédiaire
5 est donc à une température comprise entre la température extérieure au véhicule et la température régnant dans la cabine 10. Après passage dans le deuxième circuit d'air de l'échangeur 20 intermédiaire ce flux d'air est rejeté à l'extérieur par une bouche 59 de sortie.

Le débit d'air comprimé et refroidi à la sortie du premier
10 circuit de l'échangeur 20 intermédiaire est alimenté dans le premier circuit du réchauffeur 23 puis dans le dispositif 25 d'extraction d'humidité puis dans le deuxième circuit du réchauffeur 23 puis à l'entrée d'air 16 de la turbine 14 dans laquelle il est refroidi et détendu. L'échangeur 20 intermédiaire est donc, dans ce mode de refroidissement, un échangeur 20 intermédiaire de refroidissement de l'air
15 comprimé délivré par le compresseur 15. La vanne 50 relie le premier circuit de l'échangeur 20 intermédiaire au premier circuit du réchauffeur 23, et l'entrée 52 de la vanne 50 reliée à la conduite 51 de sortie de la turbine 14 est fermée.

La détente dans la turbine 14 permet également de créer un travail mécanique qui s'ajoute à celui du moteur électrique pour entraîner le
20 compresseur en rotation, et pour amorcer le cycle au démarrage. La turbine 14 permet ainsi d'augmenter le travail mécanique délivré au compresseur 15, la vitesse de rotation du moteur 12 étant ajustée par l'unité 30 de régulation pour obtenir une valeur de température à la sortie de la turbine 14 appropriée au refroidissement de l'air de la cabine 10, typiquement de l'ordre de -10° C.

25 La vanne 49 est ouverte de sorte que l'air sortant de la turbine 14 alimente la chambre 26 de mélange via le deuxième circuit du condenseur 24. La vanne 55 est supposée fermée pour le point nominal de fonctionnement. Elle peut être plus ou moins ouverte en fonction d'une quantité de débit d'air frais extérieur 58 nécessaire pour alimenter la cabine en dioxygène. Le débit d'air refroidi et
30 détendu par la turbine 14 passant dans le deuxième circuit du condenseur 24 permet d'abaisser la température du débit d'air passant dans le premier circuit de ce

condenseur 24 jusqu'à une valeur permettant la condensation de l'eau. L'eau extraite par le dispositif 25 d'extraction d'humidité est avantageusement introduite par une conduite 38 dans le deuxième circuit de l'échangeur 20 intermédiaire pour y être évaporée et contribuer à abaisser la température de refroidissement. Le réchauffeur 23 permet ensuite de récupérer l'énergie calorifique du flux d'air à la sortie de l'échangeur 20 intermédiaire en réchauffant le débit d'air sortant du premier circuit du condenseur 24 avant son introduction dans la turbine 14.

La chambre de mélange 26 est également alimentée en air de recirculation en provenance de la cabine via la conduite 29 par les ventilateurs 27, 28 qui alimentent également la cabine 10 en air provenant de la chambre de mélange 26 via le deuxième circuit de l'échangeur 32 de chauffage cabine qui est inactif, le premier circuit de cet échangeur 32 de chauffage cabine n'étant pas alimenté.

Ainsi, en mode de refroidissement, le dispositif à cycle à air réalise un cycle à air en boucle ouverte directe à partir du turbocompresseur 11 motorisé. La pression dans la boucle correspond à celle délivrée par le compresseur 15, supérieure à la pression atmosphérique, typiquement de l'ordre de $3 \cdot 10^5$ Pa.

En mode de chauffage l'unité 30 de régulation place les différentes vannes 40, 45, 49, 50, 55 commandées dans l'état représenté figure 2.

La vanne 40 relie son entrée 41 à sa sortie 44 et son entrée 43 est fermée. La vanne 50 relie son entrée 52 reliée à la sortie d'air 17 de la turbine 14 à l'entrée/sortie 54 reliée au premier circuit de l'échangeur 20 intermédiaire, et la sortie 53 de la vanne 50 reliée au réchauffeur 23 est fermée. La vanne 49 est fermée. L'entrée d'air 18 du compresseur 15 reçoit ainsi un débit d'air détendu en provenance de la turbine 14 par l'intermédiaire du premier circuit de l'échangeur 20 intermédiaire, adapté pour réchauffer l'air détendu et refroidi délivré par la turbine 14 au contact d'un flux d'air traversant le deuxième circuit de l'échangeur 20 intermédiaire, ce dernier étant à une température comprise entre la température extérieure au véhicule et la température régnant dans la cabine 10.

Une conduite 35 est reliée en parallèle à l'entrée d'air 18 du compresseur 15, c'est-à-dire dans l'exemple représenté à la conduite 42, de

préférence par l'intermédiaire d'un clapet 36 pour permettre l'introduction d'air frais extérieur 58 dans la boucle par aspiration par le compresseur 15 en fonction des fuites se produisant dans la boucle et dans le turbocompresseur 11. La pression de l'air à l'entrée d'air 18 du compresseur 15 est égale à la pression atmosphérique.

5 La vanne 45 relie son entrée 46 à sa sortie 48 reliée au premier circuit de l'échangeur 32 de chauffage cabine, et son autre sortie 47 est fermée. La sortie d'air 19 du compresseur 15 est reliée à l'entrée d'air 16 de la turbine 14 par l'intermédiaire du premier circuit de l'échangeur 32 de chauffage cabine, dont le deuxième circuit est interposé entre la chambre de mélange 26 et la cabine 10, de sorte qu'un flux d'air délivré par la chambre de mélange 26 est réchauffé dans cet échangeur 32 de chauffage cabine par les calories de l'air chaud comprimé traversant le premier circuit de l'échangeur 32 de chauffage cabine. Ce flux d'air délivré par la chambre de mélange 26 est formé par le mélange de l'air de recirculation en provenance de la cabine 10 reliée à la chambre de mélange par une conduite 29 et de l'air frais extérieur 58 alimenté dans la chambre de mélange 26 par la vanne 55 qui est ouverte. Les ventilateurs 27, 28 assurent le mélange et le débit de l'air à la sortie de la chambre 26 de mélange.

Après passage dans la turbine 14, l'air est détendu et refroidi à une température très inférieure à la température de la cabine et à la température extérieure, typiquement de l'ordre de -40° C. La détente dans la turbine s'accompagne de la création d'un travail mécanique qui s'ajoute à celui du moteur électrique 12 pour entraîner le compresseur 15 en rotation.

Le premier circuit de l'échangeur 20 intermédiaire air/air est interposé entre la turbine 14 et le compresseur 15. Il reçoit le débit d'air détendu et refroidi en provenance de la turbine 14 pour le réchauffer avant de le délivrer à l'entrée d'air 18 du compresseur 15. Le deuxième circuit d'air de l'échangeur 20 intermédiaire est alimenté par un flux d'air entraîné par au moins un ventilateur 21 électrique. Ce flux d'air peut être choisi parmi un flux d'air extérieur 58 prélevé à l'extérieur du véhicule à température ambiante, d'un flux d'air vicié évacué de la cabine 10 (notamment pour le renouvellement de l'air dans la cabine 10) par la conduite 34, et de leurs mélanges. Le flux d'air passant dans le deuxième circuit

d'air de l'échangeur 20 intermédiaire est donc à une température comprise entre la température extérieure au véhicule et la température régnant dans la cabine 10. Après passage dans le deuxième circuit d'air de l'échangeur 20 intermédiaire ce flux d'air est rejeté à l'extérieur par la bouche 59 de sortie. En mode de chauffage, l'échangeur 20 intermédiaire est donc un échangeur 20 intermédiaire de réchauffage.

Les tableaux 1 et 2 ci-après donnent, à titre d'exemple non limitatif, différentes valeurs typiques de débit, de pression et de température aux entrées et sorties d'air de la turbine 14 du compresseur 15 du turbocompresseur 11 pouvant être obtenues dans le premier mode de réalisation de l'invention.

Mode de refroidissement	Paramètres		
	Température	Pression (10 ⁵ Pa)	Débit
Entrée compresseur	35°C	1	0,4 kg/s
Sortie compresseur	183°C	3,1	0,4 kg/s
Entrée turbine	35°C	3,05	0,39 kg/s
Sortie Turbine	-19°C	1,05	0,39 kg/s

Tableau 1

Mode de chauffage	Paramètres		
	Température	Pression (10 ⁵ Pa)	Débit
Entrée compresseur	0°C	1	0,3 kg/s
Sortie compresseur	100°C	2,5	0,3 kg/s
Entrée turbine	10°C	2,45	0,3 kg/s
Sortie Turbine	-40°C	1,05	0,3 kg/s

Tableau 2

D'autres valeurs typiques de température sont indiquées sur les figures 1 et 2. Ainsi, en mode de chauffage, le dispositif à cycle à air réalise un cycle en boucle fermée inversée formant une pompe à chaleur avec le turbocompresseur 11, les étages de ce turbocompresseur 11 ayant sensiblement les mêmes conditions de fonctionnement qu'en mode de refroidissement, les circuits de ventilation étant les mêmes que dans le mode de refroidissement. La puissance thermique chaude est ainsi générée avec un rendement supérieur à 1.

En outre, les pressions de fonctionnement dans les différentes parties du dispositif à cycle à air sont toutes supérieures à la pression atmosphérique, ce qui permet de diminuer les sections et les dimensions des conduites et des composants (vannes, volutes et roues du turbocompresseur...), et
5 donc l'encombrement général et le coût de chaque dispositif à cycle à air.

Le deuxième mode de réalisation représenté sur les figures 3 et 4 diffère du premier mode de réalisation par le fait qu'il permet de s'affranchir de l'échangeur 32 de chauffage cabine, l'échangeur 20 intermédiaire étant utilisé pour le chauffage. En outre, ce deuxième mode de réalisation permet également de
10 réduire le nombre de vannes.

La vanne trois voies 40 à l'entrée 18 du compresseur 15 du premier mode de réalisation est remplacée par une vanne quatre voies 60 reliée à une entrée d'air frais extérieur 58, à la conduite 34 prélèvement d'air de la cabine 10, par une conduite 64 à l'entrée 18 du compresseur 15, et à une conduite 61 qui la
15 relie à l'entrée du deuxième circuit de l'échangeur 20 intermédiaire. La vanne 55 à l'entrée de la chambre de mélange 26 du premier mode de réalisation est remplacée par une vanne quatre voies 62 reliée à une entrée 58 d'air frais extérieur, à une conduite 63 reliée à la sortie du deuxième circuit de l'échangeur 20 intermédiaire, à une sortie 59 d'air hors de la cabine 10, et par une conduite 67 à l'entrée de la
20 chambre 26 de mélange. La vanne 49 à la sortie du condenseur 24 du premier mode de réalisation est remplacée par une vanne trois voies 65 présentant une sortie vers la chambre de mélange 26 et une autre sortie vers une bouche 59 d'évacuation de l'air hors de la cabine 10.

En mode de refroidissement l'unité 30 de régulation place les
25 différentes vannes 60, 62, 65 commandées dans l'état représenté figure 3. Le fonctionnement est similaire au mode de refroidissement du premier mode de réalisation.

La vanne 60 relie l'entrée d'air 18 du compresseur 15 à l'entrée d'air frais extérieur 58 à la pression dynamique résultant du déplacement du
30 véhicule à une pression supérieure à la pression atmosphérique. Elle relie également

la conduite 34 en provenance de la cabine 10 à la conduite 61 en communication avec le deuxième circuit de l'échangeur 20 intermédiaire.

La sortie d'air 19 du compresseur 15 alimente le premier circuit de l'échangeur 20 intermédiaire qui constitue la passe chaude de cet échangeur 20 intermédiaire, le débit d'air comprimé réchauffé par le compresseur 15 étant refroidi dans cet échangeur 20 intermédiaire par le débit d'air circulant dans le deuxième circuit de l'échangeur 20 intermédiaire, qui constitue la passe froide de ce dernier. Le deuxième circuit d'air de l'échangeur 20 intermédiaire est alimenté par un flux d'air entraîné par au moins un ventilateur 21 électrique. Ce flux d'air peut être choisi parmi un flux d'air extérieur 58 prélevé à l'extérieur du véhicule à température ambiante, d'un flux d'air évacué de la cabine 10 par la conduite 34, et de leurs mélanges. Le flux d'air passant dans le deuxième circuit d'air de l'échangeur 20 intermédiaire est donc à une température comprise entre la température extérieure au véhicule et la température régnant dans la cabine 10. Après passage dans le deuxième circuit d'air de l'échangeur 20 intermédiaire ce flux d'air alimenté par la conduite 63 à la vanne 62 qui la met en communication avec la bouche 59 de sortie, de sorte que ce débit d'air est rejeté à l'extérieur. L'échangeur 20 intermédiaire est donc, dans ce mode de refroidissement, un échangeur 20 intermédiaire de refroidissement de l'air comprimé délivré par le compresseur 15.

Le débit d'air comprimé et refroidi à la sortie du premier circuit de l'échangeur 20 intermédiaire suit le même circuit que dans le premier mode de réalisation jusqu'à la vanne 65 qui délivre le débit d'air refroidi à la chambre 26 de mélange.

La détente dans la turbine 14 permet, là encore, de créer un travail mécanique qui s'ajoute à celui du moteur 12 électrique pour entraîner le compresseur 15 en rotation, et pour amorcer le cycle au démarrage. La turbine 14 permet ainsi d'augmenter le travail mécanique délivré au compresseur 15, la vitesse de rotation du moteur 12 étant ajustée par l'unité 30 de régulation pour obtenir une valeur de température à la sortie de la turbine 14 appropriée au refroidissement de l'air de la cabine 10, typiquement de l'ordre de -10° C.

La vanne 65 est ouverte de sorte que l'air sortant de la turbine 14 alimente la chambre 26 de mélange via le deuxième circuit du condenseur 24. La vanne 62 est supposée fermée entre l'entrée d'air frais 58 et la chambre 26 de mélange pour le point nominal de fonctionnement. Elle peut être plus ou moins ouverte en fonction d'une quantité de débit d'air frais extérieur 58 nécessaire pour alimenter la cabine en dioxygène.

La chambre de mélange 26 est également alimentée en air de recirculation en provenance de la cabine via la conduite 29 par les ventilateurs 27, 28 qui alimentent également la cabine 10 en air provenant de la chambre de mélange 26.

Ainsi, en mode de refroidissement, le dispositif à cycle à air réalise un cycle à air en boucle ouverte directe à partir du turbocompresseur 11 motorisé. La pression dans la boucle correspond à celle délivrée par le compresseur 15, supérieure à la pression atmosphérique, typiquement de l'ordre de $3 \cdot 10^5$ Pa.

Par contre, en mode de chauffage, le fonctionnement du dispositif à cycle à air selon le deuxième mode de réalisation est différent de celui du premier mode de réalisation. En mode de chauffage l'unité 30 de régulation place les différentes vannes 60, 62, 65 commandées dans l'état représenté figure 4.

La vanne 60 reçoit de l'air à la conduite 34 en provenance de la cabine 10 et oriente une partie de cet air, correspondant au débit d'air à évacuer de la cabine vers l'extérieur en vue du renouvellement d'air dans la cabine, vers l'entrée 18 d'air du compresseur 15 par la conduite 64. Ce débit d'air suit le même circuit que dans le mode de refroidissement mais, à la sortie du deuxième circuit du condenseur 24, la vanne 65 oriente ce débit d'air vers la bouche 59 de sortie pour le rejeter à l'extérieur du véhicule.

L'air issu du deuxième circuit de l'échangeur 20 intermédiaire a été réchauffé par le débit d'air comprimé délivré par le compresseur 15 dans le premier circuit de cet échangeur 20 intermédiaire. Ce débit d'air réchauffé délivré dans la conduite 63 est orienté par la vanne 62 à l'entrée de la chambre 26 de mélange pour produire les calories permettant le chauffage de la cabine. Ce débit d'air réchauffé provient du débit d'air alimenté à l'entrée du deuxième circuit de

l'échangeur 20 intermédiaire qui peut être formé d'un débit d'air frais en provenance d'une entrée 58 d'air frais extérieur et/ou d'un débit d'air de recirculation en provenance de la cabine via la conduite 61 et la vanne 60.

Ainsi, dans ce deuxième mode de réalisation, en mode de chauffage, le circuit d'air principal circulant dans le turbocompresseur 11 et un débit d'air rejeté à l'extérieur, pouvant correspondre débit d'air à extraire de la cabine 10 pour le renouvellement de dioxygène dans la cabine 10, et qui sert à réchauffer le débit d'air alimentant la chambre de mélange 26 et donc la cabine grâce à l'échangeur 20 intermédiaire qui fait office d'échangeur de chauffage.

Il est à noter que dans une variante non représentée de ce deuxième mode de réalisation, l'entrée d'air 18 du compresseur 15 peut être alimentée directement par une prise d'air spécifique en provenance de la cabine 10, par exemple pour le rejet d'air vicié vers l'extérieur, selon un conduit différent de l'air de recirculation et de chauffage passant dans le deuxième circuit de l'échangeur 20 intermédiaire.

Le tableau 3 ci-après donne, à titre d'exemple non limitatif, différentes valeurs typiques de débit, de pression et de température aux entrées et sorties d'air de la turbine 14 du compresseur 15 du turbocompresseur 11 pouvant être obtenues dans le deuxième mode de réalisation de l'invention en mode de chauffage.

Mode de chauffage	Paramètres		
	Température	Pression (10 ⁵ Pa)	Débit
Entrée compresseur	20°C	1	0,3 kg/s
Sortie compresseur	130°C	2,5	0,3 kg/s
Entrée turbine	30°C	2,45	0,3 kg/s
Sortie Turbine	-20°C	1	0,3 kg/s

Tableau 3

En mode de refroidissement, les valeurs données dans le tableau 1 ci-dessus pour le premier mode de réalisation peuvent être obtenues de façon similaire avec le deuxième mode de réalisation.

Un dispositif à cycle à air d'un véhicule selon l'invention peut en particulier se présenter sous forme d'un groupe de conditionnement d'air (ECS) compact d'un seul tenant intégrant l'ensemble de ses composants.

Un même groupe de conditionnement d'air ECS d'un véhicule
5 selon l'invention peut comporter :

- plusieurs dispositifs à cycle à air, chaque dispositif à cycle à air comportant au moins un turbocompresseur et au moins un jeu d'échangeurs de chaleur pour au moins un circuit d'air ;
- ou un unique dispositif à cycle à air comprenant un unique circuit
10 d'air et un unique jeu d'échangeurs de chaleur et une pluralité de turbocompresseurs, les différents turbocompresseurs étant en communication de fluide avec ce même circuit d'air ;
- ou un unique dispositif à cycle à air avec un unique turbocompresseur en communication de fluide avec une pluralité de circuits d'air et une pluralité de
15 jeux d'échangeurs de chaleur
- ou un unique dispositif à cycle à air comportant un unique turbocompresseur en communication de fluide avec un unique circuit d'air comprenant un unique jeu d'échangeurs de chaleur.

Un tel groupe de conditionnement d'air (ECS) réversible peut
20 être multiplié à bord d'un véhicule terrestre selon l'invention en fonction de la puissance thermique froide ou chaude requise dans la cabine 10. Un même groupe de conditionnement d'air ECS peut être utilisé dans des véhicules terrestres selon l'invention très divers, pour les applications dans des zones très chaudes et/ou très humides, ou au contraire très froides et/ou très sèches. Un véhicule terrestre selon
25 l'invention comprenant une pluralité de dispositifs à cycle à air et/ou une pluralité de groupes de conditionnement d'air permet également d'assurer un maintien au moins partiel de la fonction de contrôle environnemental dans la cabine 10 en cas de panne de l'un des dispositifs à cycle à air et/ou de l'un des groupes de conditionnement d'air. Il est à noter en particulier qu'il est possible d'augmenter la
30 vitesse de rotation de chaque autre turbocompresseur pour pallier la déficience de l'un des turbocompresseurs, si le dimensionnement de l'installation est tel que la

vitesse de rotation nominale en fonctionnement des différents turbocompresseurs est inférieure à leur vitesse maximale.

Un véhicule selon l'invention comportant une pluralité de dispositifs à cycle à air comprend avantageusement également une unité centrale de commande permettant de commander les différents dispositifs à cycle à air et leurs unités de régulation respectives. Rien n'empêche de prévoir que les fonctions des unités de régulation des différents dispositifs à cycle à air soient au moins pour partie centralisée dans une telle unité centrale de commande. De même, un véhicule selon l'invention comportant une pluralité de groupes de conditionnement d'air comprend avantageusement également une unité centrale de commande permettant de commander les différents groupes de conditionnement d'air, notamment les différents groupes de conditionnement d'air associés à une même cabine 10 du véhicule.

Il va de soi que l'invention peut faire l'objet de très nombreuses variantes de réalisation par rapport au mode de réalisation décrit ci-dessus et représenté sur les figures. En particulier, au moins une boucle de refroidissement à fluide caloporteur liquide ou diphasique peut être associée en série ou en parallèle sur au moins un circuit d'air d'au moins un dispositif à cycle à air et/ou d'au moins un groupe de conditionnement d'air ECS d'un véhicule selon l'invention, pour le refroidissement de sources de chaleur à bord du véhicule, par exemple de circuits électriques ou électroniques de puissance.

L'invention s'applique tout particulièrement avantageusement à un véhicule ferroviaire, notamment pour les trains de transport de passagers. Elle s'applique néanmoins à toute autres véhicules terrestres dans lesquelles les mêmes problèmes techniques se posent, notamment les véhicules roulants (voitures automobiles, bus, camions,...) et les véhicules se déplaçant sur l'eau (navires).

L'invention peut faire l'objet de nombreuses variantes et applications autres que celles décrites ci-dessus. En particulier, il va de soi que sauf indication contraire les différentes caractéristiques structurelles et fonctionnelles de chacun des modes de réalisation décrits ci-dessus ne doivent pas être considérées comme combinées et/ou étroitement et/ou inextricablement liées les unes aux

autres, mais au contraire comme de simples juxtapositions. En outre, les caractéristiques structurelles et/ou fonctionnelles des différents modes de réalisation décrits ci-dessus peuvent faire l'objet en tout ou partie de toute juxtaposition différente ou de toute combinaison différente.

REVENDICATIONS

1/ - Procédé d'alimentation en air à température contrôlée d'une cabine (10) de véhicule terrestre dans lequel on utilise au moins un dispositif à cycle à air, comportant :

- 5 - au moins un turbocompresseur (11) comprenant :
 - un compresseur (15) rotatif,
 - une turbine (14) rotative,
 - un arbre (13) couplant la turbine et le compresseur de telle sorte que la turbine est apte à entraîner le compresseur en rotation,
 - 10 ○ une entrée d'air (18) du compresseur,
 - une sortie d'air (19) du compresseur délivrant un débit d'air comprimé par le compresseur,
 - une entrée d'air (16) de la turbine agencée pour recevoir un débit d'air comprimé en provenance du compresseur,
 - 15 ○ une sortie d'air (17) de la turbine délivrant un débit d'air froid détendu,
- au moins un échangeur (20, 23, 24, 32) interposé entre la sortie d'air (19) du compresseur d'au moins un turbocompresseur et l'entrée d'air (16) de la turbine d'au moins un turbocompresseur,
- 20 caractérisé en ce que :
 - on utilise au moins un turbocompresseur (11) d'au moins un dispositif à cycle à air comportant un moteur (12) électrique couplé au compresseur (15) de façon à pouvoir délivrer une puissance mécanique au compresseur (15),
 - l'entrée d'air (18) du compresseur (15) d'au moins un
 - 25 turbocompresseur d'au moins un dispositif à cycle à air est agencée pour recevoir de l'air à pression supérieure ou égale à la pression atmosphérique,
 - chaque turbocompresseur (11) de chaque dispositif à cycle à air est associé à un ensemble de vannes (40, 45, 49, 50, 55) commandées et de conduites, adapté pour pouvoir être commandé selon un mode de fonctionnement choisi au
 - 30 moins parmi :
 - un mode de chauffage par pompe à chaleur dans lequel :

▪ l'entrée d'air (18) du compresseur (15) est agencée pour recevoir un débit d'air détendu en provenance de la turbine (14) par l'intermédiaire d'au moins un échangeur de chaleur, dit échangeur (20) intermédiaire de réchauffage, adapté pour réchauffer l'air détendu délivré par la turbine (14) au contact d'au moins un flux d'air choisi parmi un flux d'air extérieur, un flux d'air vicié à évacuer hors de la cabine, et leurs mélanges,

▪ l'air comprimé et réchauffé délivré à la sortie (19) du compresseur (15) du turbocompresseur traverse un premier circuit d'un échangeur de chaleur, dit échangeur de chauffage cabine, adapté pour réchauffer un débit d'air d'alimentation de la cabine (10) du véhicule traversant un deuxième circuit de l'échangeur de chauffage cabine, une sortie du premier circuit de l'échangeur de chauffage cabine étant reliée à l'entrée d'air (16) de la turbine,

○ un mode de refroidissement dans lequel :

▪ l'entrée d'air (18) du compresseur (15) est agencée pour recevoir de l'air extérieur au véhicule,

▪ la sortie d'air (19) comprimé du compresseur (15) est reliée à au moins un échangeur de chaleur, dit échangeur (20) intermédiaire, délivrant un flux d'air comprimé refroidi par au moins un flux d'air choisi parmi un flux d'air extérieur, un flux d'air vicié à évacuer hors de la cabine, et leurs mélanges.

2/ - Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que la turbine (14) de chaque turbocompresseur est agencée pour délivrer un débit d'air détendu à pression supérieure ou égale à la pression atmosphérique.

3/ - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2 caractérisé en ce que, en mode de refroidissement, le débit d'air froid détendu délivré par la sortie d'air (17) de la turbine est introduit dans la cabine (10) du véhicule.

4/ - Procédé selon l'une des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que, en mode de chauffage, ledit débit d'air d'alimentation de la cabine (10) du véhicule est formé par au moins un flux d'air choisi parmi un flux d'air extérieur, un flux d'air de recirculation en provenance de la cabine du véhicule, et leurs mélanges.

5/ - Procédé selon l'une des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que ledit ensemble de vannes (40, 45, 49, 50, 55) commandées et de conduites, est adapté pour pouvoir être commandé également selon un mode de fonctionnement choisi parmi un mode de chauffage dans lequel :

- 5 - un flux d'air vicié à évacuer de la cabine est alimenté à l'entrée du compresseur du turbocompresseur,
- l'air comprimé et réchauffé délivré à la sortie (19) du compresseur (15) du turbocompresseur, traverse au moins un échangeur (20, 23, 24) interposé entre la sortie d'air du compresseur d'au moins un turbocompresseur et l'entrée
10 d'air de la turbine du turbocompresseur,
- et l'air délivré à la sortie de la turbine du turbocompresseur est relié à une bouche (59) de sortie pour être rejeté à l'extérieur.

6/ - Procédé selon l'une des revendications 1 à 5 caractérisé en ce que la vitesse de rotation du moteur (12) électrique de chaque turbocompresseur (11) est
15 pilotée en fonction d'une puissance thermique de consigne à délivrer à la cabine (10) du véhicule.

7/ - Procédé selon l'une des revendications 1 à 6 caractérisé en ce que l'humidité de l'air comprimé délivré à l'entrée d'air (16) de la turbine (14) est extraite à l'amont de cette entrée d'air (16).

20 8/ - Procédé selon la revendication 7 caractérisé en ce que l'extraction de l'humidité est réalisée par une boucle (22) d'extraction d'humidité comprenant un premier circuit d'un échangeur (23) de chaleur réchauffeur recevant le flux d'air comprimé issu de l'échangeur (20) intermédiaire de refroidissement, un premier circuit d'un échangeur (24) de chaleur condenseur, un dispositif (25) d'extraction
25 d'eau liquide, un deuxième circuit de l'échangeur (23) de chaleur réchauffeur recevant le débit d'air délivré à l'aval du dispositif (25) d'extraction d'eau liquide pour le réchauffer par le débit d'air comprimé alimentant le premier circuit de l'échangeur (23) de chaleur réchauffeur, et un deuxième circuit de l'échangeur (24) de chaleur condenseur recevant le débit d'air froid détendu délivré par la sortie d'air
30 (17) de la turbine (14) pour refroidir le débit d'air comprimé traversant le premier

circuit de l'échangeur (24) de chaleur condenseur de façon à condenser l'humidité présente dans ce débit d'air comprimé.

9/ - Véhicule terrestre comprenant au moins un dispositif à cycle à air, comportant :

- 5 - au moins un turbocompresseur (11) comprenant :
 - un compresseur (15) rotatif,
 - une turbine (14) rotative,
 - un arbre (13) couplant la turbine et le compresseur de telle sorte que la turbine est apte à entraîner le compresseur en rotation,
 - 10 ○ une entrée d'air (18) du compresseur (15),
 - une sortie d'air (19) du compresseur (15) délivrant un débit d'air comprimé par le compresseur,
 - une entrée d'air (16) de la turbine (14) agencée pour recevoir un débit d'air comprimé en provenance du compresseur (15),
 - 15 ○ une sortie d'air (17) de la turbine (14) délivrant un débit d'air froid détendu,
- au moins un échangeur (20, 23, 24, 32) interposé entre la sortie d'air du compresseur d'au moins un turbocompresseur et l'entrée d'air de la turbine d'au moins un turbocompresseur,
- 20 caractérisé en ce que :
 - au moins un turbocompresseur (11) d'au moins un dispositif à cycle à air comporte un moteur (12) électrique couplé au compresseur (15) de façon à pouvoir délivrer une puissance mécanique au compresseur,
 - l'entrée d'air (18) du compresseur (15) d'au moins un
 - 25 turbocompresseur d'au moins un dispositif à cycle à air est agencée pour recevoir de l'air à pression supérieure ou égale à la pression atmosphérique,
 - chaque turbocompresseur (11) de chaque dispositif à cycle à air est associé à un ensemble de vannes (40, 45, 49, 50, 55) commandées et de conduites, adapté pour pouvoir être commandé selon un mode de fonctionnement choisi au
 - 30 moins parmi :
 - un mode de chauffage par pompe à chaleur dans lequel :

▪ l'entrée d'air (18) du compresseur (15) est agencée pour recevoir un débit d'air détendu en provenance de la turbine (14) par l'intermédiaire d'au moins un échangeur de chaleur, dit échangeur (20) intermédiaire de réchauffage, adapté pour réchauffer l'air détendu délivré par la turbine (14) au contact d'au moins un flux d'air choisi parmi un flux d'air extérieur, un flux d'air vicié à évacuer hors de la cabine, et leurs mélanges,

▪ l'air comprimé et réchauffé délivré à la sortie (19) du compresseur (15) du turbocompresseur traverse un premier circuit d'un échangeur de chaleur, dit échangeur de chauffage cabine, adapté pour réchauffer un débit d'air d'alimentation de la cabine (10) du véhicule traversant un deuxième circuit de l'échangeur de chauffage cabine, une sortie du premier circuit de l'échangeur de chauffage cabine étant reliée à l'entrée d'air (16) de la turbine

○ un mode de refroidissement dans lequel :

▪ l'entrée d'air (18) du compresseur (15) est agencée pour recevoir de l'air extérieur au véhicule,

▪ la sortie d'air (19) comprimé du compresseur (15) est reliée à au moins un échangeur de chaleur, dit échangeur (20) intermédiaire, délivrant un flux d'air comprimé refroidi par au moins un flux d'air choisi parmi un flux d'air extérieur, un flux d'air vicié à évacuer hors de la cabine, et leurs mélanges.

10/ - Véhicule selon la revendication 9 caractérisé en ce que la turbine de chaque turbocompresseur (11) est agencée pour délivrer un débit d'air détendu à pression supérieure ou égale à la pression atmosphérique.

11/ - Véhicule selon l'une quelconque des revendications 9 ou 10 caractérisé en ce que chaque dispositif à cycle à air comporte un ensemble de vannes (40, 45, 49, 50, 55) commandées et de conduites et en ce qu'il comporte au moins une unité (30) de régulation adaptée pour pouvoir commander chaque dispositif à cycle à air selon un mode de fonctionnement choisi parmi :

- un mode de chauffage dans lequel l'air comprimé et réchauffé délivré à la sortie (19) du compresseur (15) du turbocompresseur (11) traverse au moins un

premier circuit d'un échangeur de chaleur adapté pour réchauffer un débit d'air d'alimentation de la cabine (10) du véhicule,

- un mode de refroidissement dans lequel :

5 ○ l'entrée d'air (18) du compresseur (15) est agencée pour recevoir de l'air extérieur au véhicule,

10 ○ la sortie d'air (19) comprimé du compresseur est reliée à au moins un échangeur de chaleur, dit échangeur (20) intermédiaire de refroidissement, délivrant un flux d'air comprimé refroidi par au moins un flux d'air choisi parmi un flux d'air extérieur, un flux d'air vicié à évacuer hors de la cabine, et leurs mélanges.

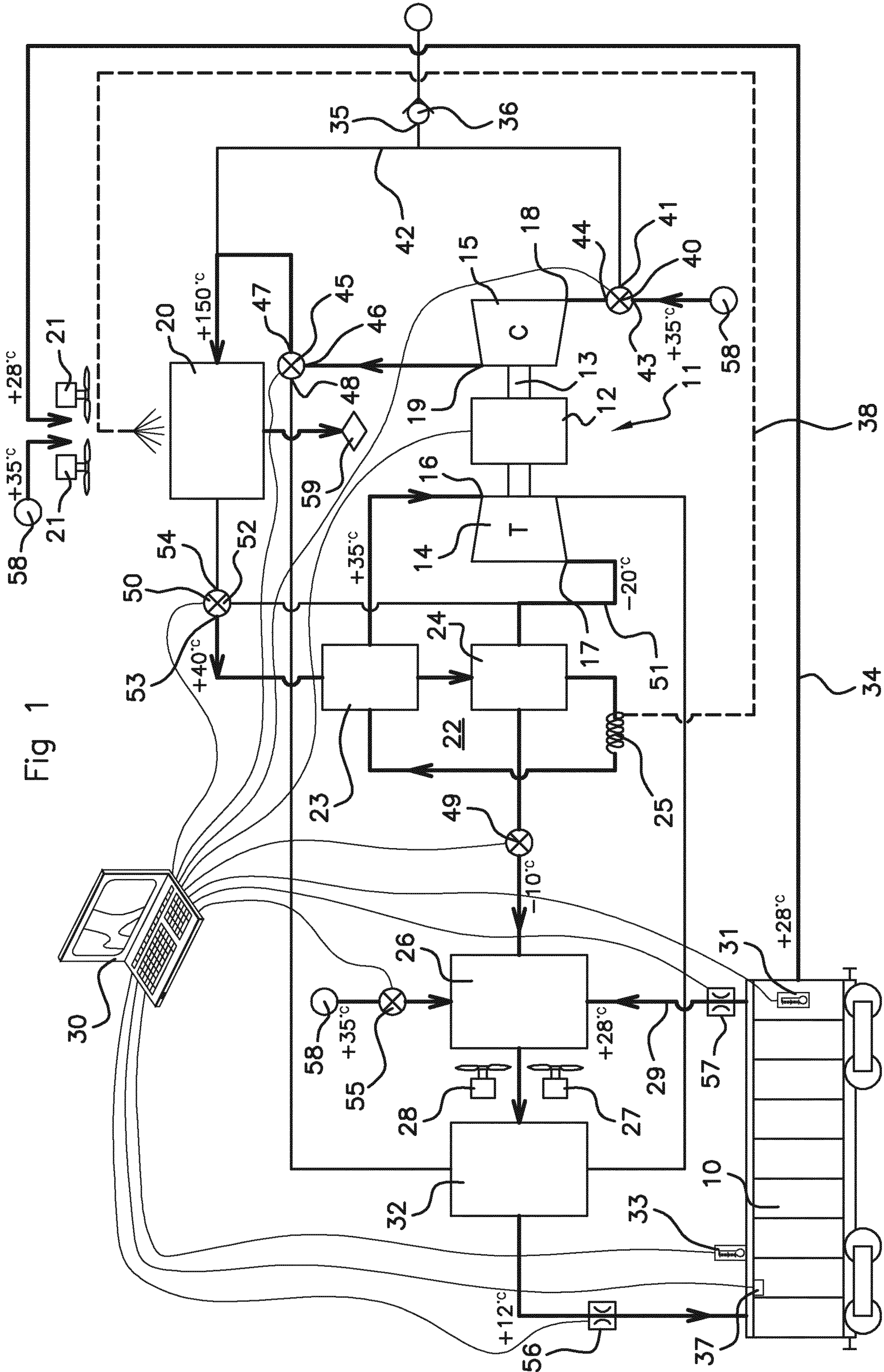
12/ - Véhicule selon l'une des revendications 9 à 11 caractérisé en ce qu'il comporte une unité (30) de régulation adaptée pour piloter la vitesse de rotation du moteur (12) électrique de chaque turbocompresseur (11) en fonction d'une puissance thermique de consigne à délivrer à la cabine (10) du véhicule.

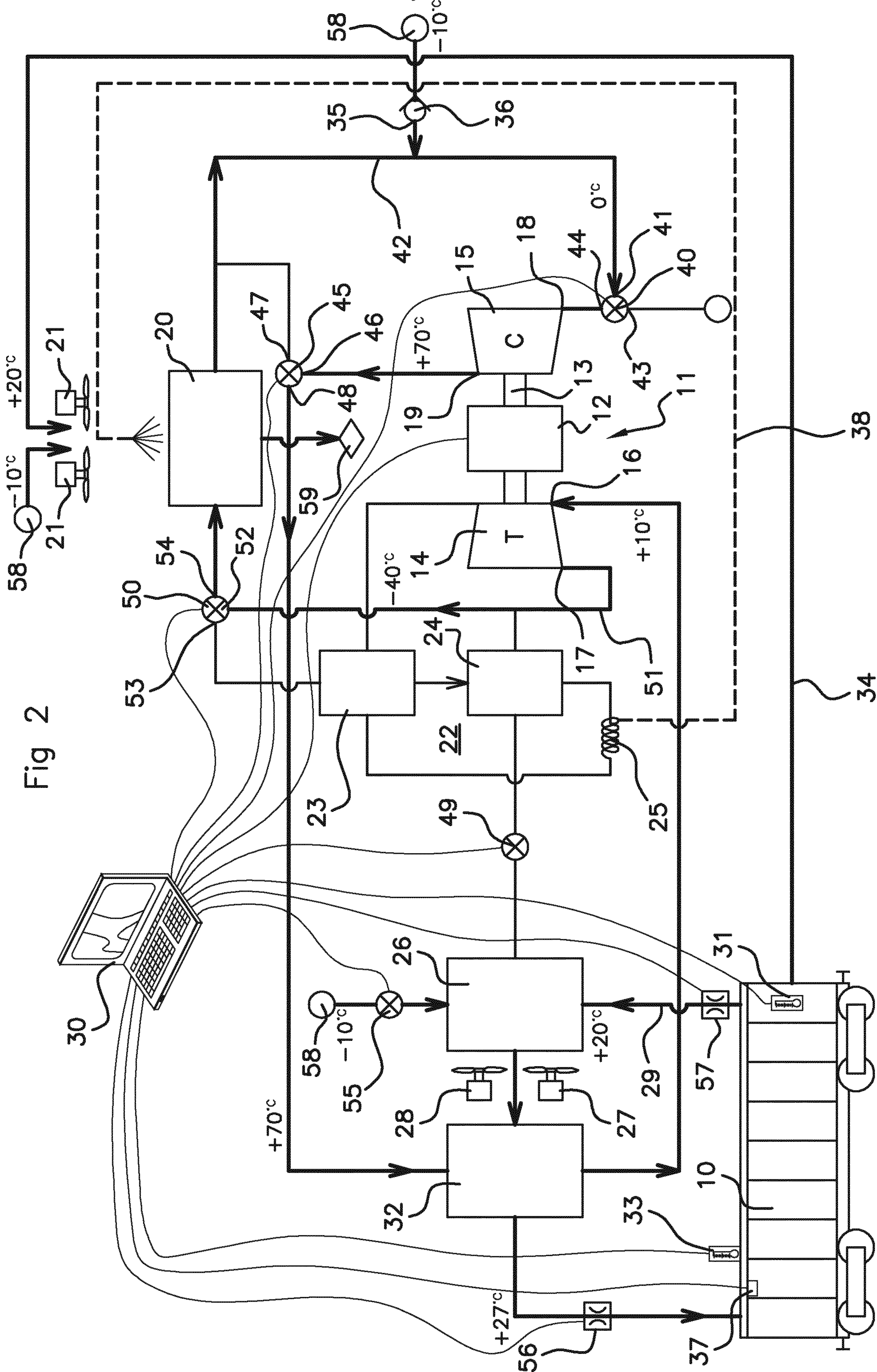
15 13/ - Véhicule selon l'une des revendications 9 à 12 caractérisé en ce que ledit ensemble de vannes (40, 45, 49, 50, 55) commandées et de conduites, est adapté pour pouvoir être commandé également selon un mode de fonctionnement choisi parmi un mode de chauffage dans lequel :

20 - un flux d'air vicié à évacuer de la cabine est alimenté à l'entrée du compresseur du turbocompresseur,

 - l'air comprimé et réchauffé délivré à la sortie (19) du compresseur (15) du turbocompresseur, traverse au moins un échangeur (20, 23, 24) interposé entre la sortie d'air du compresseur d'au moins un turbocompresseur et l'entrée d'air de la turbine du turbocompresseur,

25 - et l'air délivré à la sortie de la turbine du turbocompresseur est relié à une bouche (59) de sortie pour être rejeté à l'extérieur.





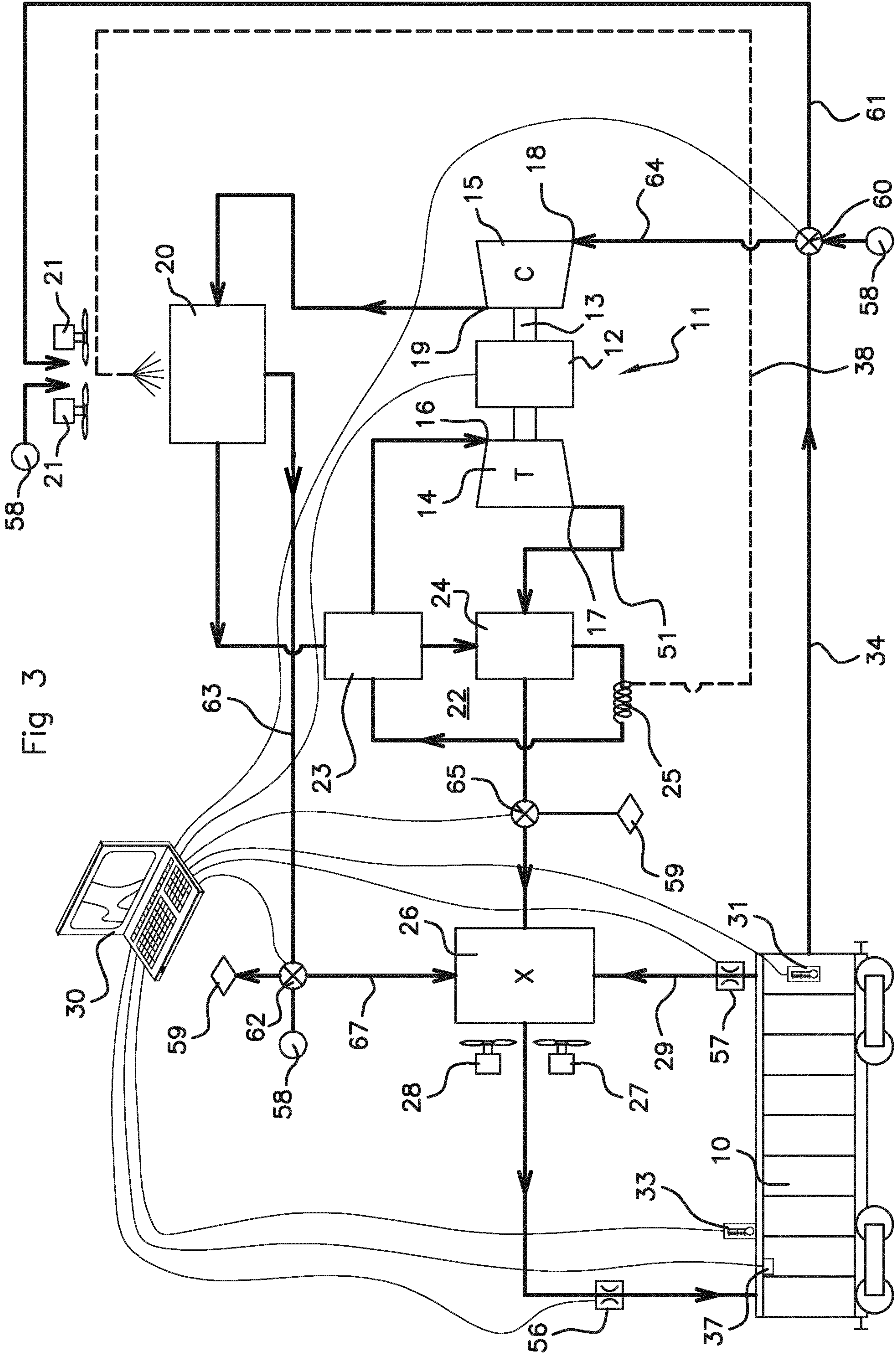


Fig. 4

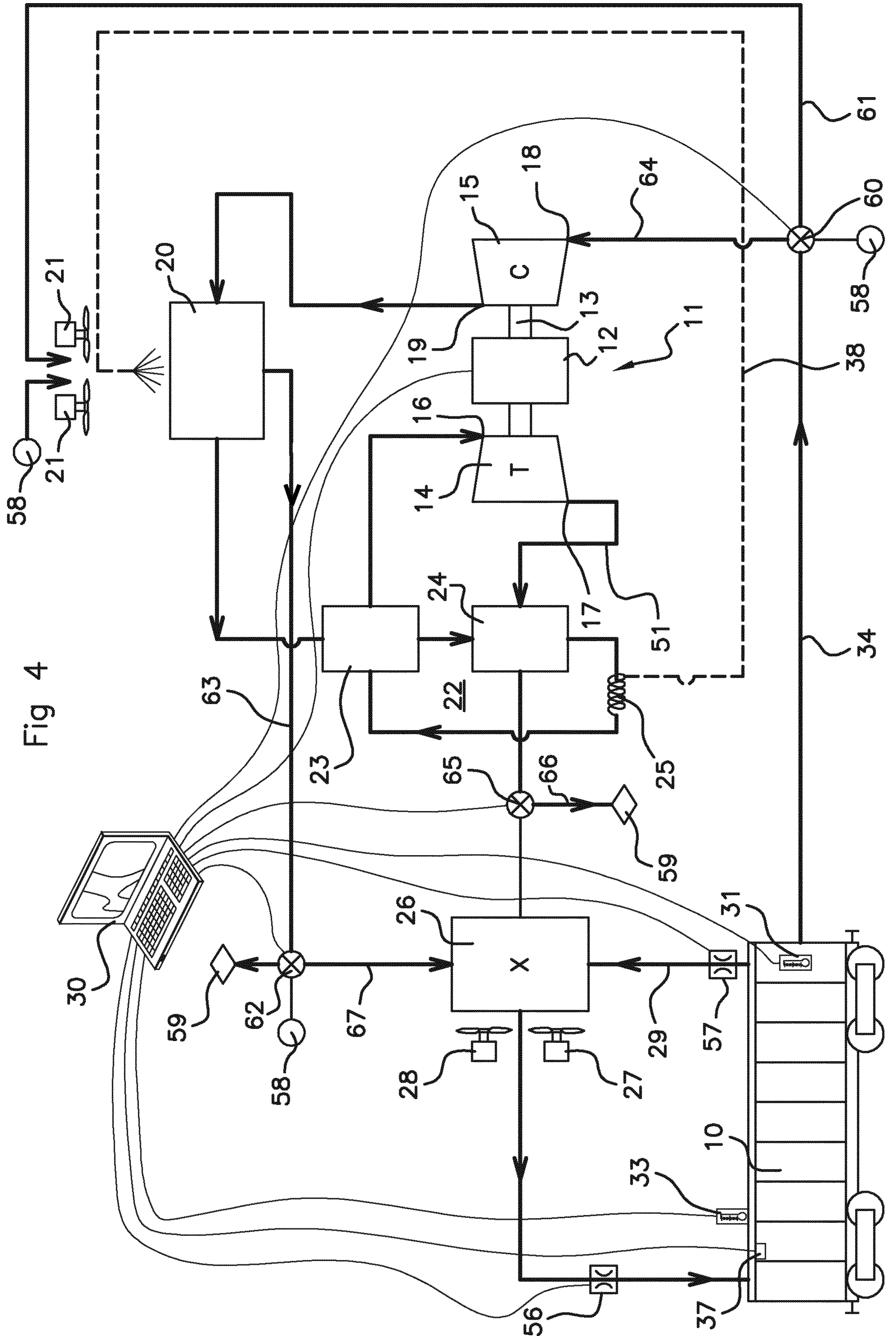


Fig 1

