

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① **N° de publication :** **3 030 702**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
②① **N° d'enregistrement national :** **14 62630**
⑤① Int Cl⁸ : **F 25 B 27/02** (2015.01), B 60 H 1/00, B 60 H 1/32,
F 25 B 49/02

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ **CIRCUIT DE GESTION THERMIQUE D'UN VEHICULE AUTOMOBILE ET PROCEDE DE PILOTAGE ASSOCIE.**

②② **Date de dépôt :** 17.12.14.

③③ **Priorité :**

④③ **Date de mise à la disposition du public
de la demande :** 24.06.16 Bulletin 16/25.

④⑤ **Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention :** 13.09.19 Bulletin 19/37.

⑤⑥ **Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :**

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ **Références à d'autres documents nationaux
apparentés :**

○ **Demande(s) d'extension :**

⑦① **Demandeur(s) :** VALEO SYSTEMES THERMIQUES
Société par actions simplifiée — FR.

⑦② **Inventeur(s) :** NICOLAS BERTRAND, YAHIA
MOHAMED, HALLER REGINE, LIU JIN-MING,
TAKLANTI ABDELMAJID, HAMMI SAMY et
GLAVATSKAYA YULIA.

⑦③ **Titulaire(s) :** VALEO SYSTEMES THERMIQUES
Société par actions simplifiée.

⑦④ **Mandataire(s) :** VALEO SYSTEMES THERMIQUES.

FR 3 030 702 - B1



Circuit de gestion thermique d'un véhicule automobile et procédé de pilotage associé

5

Les circuits de gestion thermique des véhicules automobiles servent notamment à réguler la température intérieure du véhicule en fonction de commandes des utilisateurs. Pour cela, il est connu d'utiliser une boucle de climatisation couplée à un radiateur situé sur la face avant du véhicule, la boucle de climatisation permettant, par exemple, de générer de l'air froid de manière à réduire la température à l'intérieur de l'habitacle. Dans certains modes de réalisation, la boucle de climatisation peut également être réversible et permettre la production d'air chaud permettant de réchauffer l'habitacle du véhicule.

Cependant, du fait du développement des véhicules électriques et de nouvelles normes anti-pollution, il convient de limiter la consommation électrique des circuits de gestion thermique. L'un des moyens connus pour réduire la consommation est d'utiliser la chaleur issue du moteur afin de produire de l'énergie, par exemple via une boucle à cycle de Rankine dans laquelle circule, au moyen d'une pompe, un fluide caloporteur et qui comporte un évaporateur récupère la chaleur dégagée par le moteur pour permettre la production d'énergie électrique via une turbine.

Cependant, le rendement d'une boucle à cycle de Rankine peut présenter un rendement faible voire négatif, c'est-à-dire que la boucle de Rankine peut consommer plus d'énergie via sa pompe qu'elle n'en restitue via la turbine.

Il convient donc de trouver des moyens permettant d'optimiser la consommation énergétique du circuit de gestion thermique quelles que soient les conditions de fonctionnement dudit circuit.

A cet effet, la présente invention concerne un procédé de pilotage d'un circuit de gestion thermique d'un véhicule automobile en fonction d'au moins une commande de consigne, ledit circuit de gestion thermique comprenant :

- une boucle à cycle de Rankine dite boucle Rankine dans laquelle circule un premier fluide frigorigène,

- une boucle de climatisation dans laquelle circule un deuxième fluide frigorigène,
- une boucle de circulation de fluide reliant la boucle de climatisation et la boucle Rankine et dans laquelle circule un premier fluide caloporteur,

ledit procédé comprenant:

- 5 - une étape de mesure d'au moins un paramètre de fonctionnement du circuit de gestion thermique,
- une étape d'estimation de la puissance produite par la boucle Rankine en fonction dudit au moins un paramètre mesuré et de ladite au moins une commande de consigne et,
- 10 - une étape de détermination de la mise en fonctionnement ou de l'arrêt de la boucle Rankine en fonction de l'estimation de la puissance produite par la boucle Rankine.

L'estimation de la puissance produite par la boucle Rankine et la détermination de la mise en fonctionnement ou de l'arrêt de la boucle Rankine permettent d'optimiser la consommation du circuit de gestion thermique en fonction d'au moins une commande de consigne et d'au moins un paramètre de fonctionnement ou condition de fonctionnement.

Selon un autre aspect de la présente invention, la boucle Rankine comprend une turbine, le ou les paramètres de fonctionnement mesurés comprennent la vitesse de rotation de la turbine, la température et la pression du premier fluide frigorigène à l'entrée de la turbine et l'étape d'estimation de la puissance produite par la boucle Rankine comprend :

- une étape d'estimation du débit massique du premier fluide frigorigène,
- 25 - une étape d'estimation de l'enthalpie isentropique du premier fluide frigorigène à partir de la température et de la pression du premier fluide frigorigène à l'entrée de la turbine et du taux de compression du premier fluide frigorigène,
- une étape de calcul de la puissance isentropique à partir du débit massique estimé et de l'enthalpie isentropique estimée et,
- 30 - une étape de calcul de la puissance de la turbine à partir de la puissance isentropique,

de la vitesse de rotation de la turbine et des propriétés du premier fluide frigorigène et de la turbine.

L'estimation de puissance produite par la boucle Rankine est cruciale car c'est à partir de cette estimation que la mise en fonctionnement ou l'arrêt de la boucle Rankine est décidé pour minimiser la consommation énergétique du circuit de gestion thermique.

Selon un aspect supplémentaire de la présente invention, la boucle Rankine comprend une première pompe et l'étape d'estimation du débit massique du premier fluide frigorigène comprend :

- une étape d'estimation de la densité du premier fluide frigorigène à l'entrée de la première pompe en fonction de la pression et de la température du premier fluide frigorigène à l'entrée de la première pompe,
- une étape d'estimation du débit massique à partir de la densité du premier fluide frigorigène déterminée, du volume de la première pompe, de la vitesse de rotation de la première pompe et des propriétés du premier fluide frigorigène.

La détermination du débit massique est nécessaire pour déterminer la puissance produite par la boucle Rankine. Quatre solutions permettent de déterminer le débit massique. Cette première solution est simple mais nécessite de connaître la vitesse de rotation de la pompe.

Selon un aspect additionnel de la présente invention, la boucle Rankine comprend un premier échangeur bi-fluide apte à être connecté à un circuit de refroidissement du moteur via une canalisation dans laquelle circule un deuxième fluide caloporteur et l'étape d'estimation du débit massique du premier fluide frigorigène comprend:

- une étape de détermination de la puissance du premier échangeur bi-fluide (9) à partir de la température du deuxième fluide caloporteur dans la canalisation à l'entrée du premier échangeur bi-fluide, de la température de saturation du premier fluide

frigorigène à la pression de la sortie du premier échangeur bi-fluide et des propriétés du premier fluide frigorigène et du premier échangeur bi-fluide,

- une étape de détermination de la différence d'enthalpie entre l'entrée et la sortie du premier échangeur bi-fluide en fonction des températures et pression à l'entrée et à la sortie du premier échangeur bi-fluide,
- une étape de calcul du débit massique du premier fluide frigorigène à partir de la puissance du premier échangeur bi-fluide déterminée, de la différence d'enthalpie déterminée et des propriétés du premier fluide frigorigène.

10 Cette deuxième solution permet de déterminer le débit massique à partir des propriétés du premier échangeur bi-fluide.

Selon un autre aspect de la présente invention, l'estimation du débit massique (m) du premier fluide frigorigène comprend :

- 15 - une étape de détermination de la puissance du deuxième échangeur bi-fluide à partir de la température de saturation du premier fluide frigorigène à la pression à l'entrée deuxième échangeur bi-fluide et des propriétés du premier fluide frigorigène et du deuxième échangeur bi-fluide,
- une étape de détermination de la différence d'enthalpie entre l'entrée et la sortie du deuxième échangeur bi-fluide en fonction des températures et pression à l'entrée et à la sortie du deuxième échangeur bi-fluide,
- 20 - une étape de calcul du débit massique du premier fluide frigorigène à partir de la puissance du deuxième échangeur bi-fluide déterminée, de la différence d'enthalpie déterminée et des propriétés du premier fluide frigorigène.

25 Cette troisième solution permet de déterminer le débit massique à partir des propriétés du deuxième échangeur bi-fluide.

Selon un aspect supplémentaire de la présente invention, l'étape d'estimation du débit massique du premier fluide frigorigène comprend:

- une étape d'estimation de la densité du premier fluide frigorigène à l'entrée de la turbine en fonction de la pression et de la température du premier fluide frigorigène à l'entrée de la turbine,
- une étape d'estimation du débit massique à partir de la densité du premier fluide frigorigène déterminée, du volume de la turbine, de la vitesse de rotation de la turbine et des propriétés du premier fluide frigorigène.

Cette solution est simple mais nécessite de connaître la vitesse de rotation de la turbine.

10

Selon un aspect additionnel de la présente invention, l'étape de détermination de la mise en fonctionnement ou de l'arrêt de la boucle Rankine comprend :

- une étape de détermination de la puissance nette consommée par le circuit de gestion thermique, correspondant à la différence entre la puissance consommée par ledit circuit de gestion thermique et la puissance produite par la boucle Rankine, en fonction du ou des paramètres de fonctionnement mesurés et des commandes de consigne,
- une étape de comparaison de la puissance nette consommée par le circuit de gestion thermique déterminée avec un premier et un deuxième seuils prédéterminés.

20

La comparaison entre la puissance nette consommée par le circuit et des seuils prédéterminés procure une première condition pour la mise en route ou l'arrêt de la boucle Rankine. Cette première condition peut aussi correspondre à un mode de réalisation simplifié ou dégradé de l'invention.

25

Selon un autre aspect de la présente invention, le procédé comprend également :

- une étape de mise en fonctionnement la boucle Rankine si la puissance nette consommée par le circuit de gestion thermique déterminée est inférieure au premier seuil prédéterminé et,
- une étape d'arrêt de la boucle Rankine si la puissance nette consommée par le circuit de gestion thermique déterminée est supérieure au deuxième seuil prédéterminé.

30

Selon un aspect supplémentaire de la présente invention, la boucle de climatisation comprend un condenseur, le ou les paramètres de fonctionnement mesurés comprennent la pression à la sortie du condenseur et l'étape de détermination de la mise en fonctionnement ou de l'arrêt de la boucle Rankine comprend également :

- une étape de comparaison de la puissance nette produite par la boucle Rankine estimée avec un troisième et un quatrième seuils prédéterminés et,
- une étape de comparaison de la pression du deuxième fluide frigorigène à la sortie du condenseur avec un cinquième, un sixième et un septième seuils prédéterminés.

10

La puissance nette produite par la boucle Rankine et la pression du deuxième fluide frigorigène à la sortie du condenseur permettent également, avec la puissance consommée par le circuit de gestion thermique de décider de la mise en fonctionnement ou de l'arrêt de la boucle Rankine. La pression à la sortie du condenseur reflétant le fonctionnement de la boucle de climatisation.

15

Selon un aspect supplémentaire de la présente invention, le procédé comprend également :

- une étape de mise en fonctionnement de la boucle Rankine si la puissance nette consommée par le circuit de gestion thermique est inférieure au premier seuil prédéterminé, que la puissance nette de la boucle Rankine est supérieure au troisième seuil prédéterminé et que la pression du deuxième fluide frigorigène à la sortie du condenseur est inférieure au cinquième seuil prédéterminé et,
- une étape d'arrêt de la boucle Rankine si la puissance nette consommée par le circuit de gestion thermique est supérieure au deuxième seuil prédéterminé.

20

25

Selon un aspect additionnel de la présente invention, le procédé comprend également lorsque la boucle Rankine est mise en fonctionnement :

- une étape de détermination des points de fonctionnement du circuit de gestion thermique permettant de respecter les commandes de consigne,

30

si aucun point de fonctionnement ne permet de respecter les commandes de consigne,

- une étape de sélection du point de fonctionnement le plus proche des commandes de consigne,

sinon,

- 5 - une étape de sélection du point de fonctionnement pour lequel la puissance nette consommée par le circuit de gestion thermique est minimale et,
 - une étape d'application du point de fonctionnement sélectionné.

10 Une fois que l'on a décidé de la mise en route ou de l'arrêt de la boucle Rankine il faut encore piloter le circuit de gestion thermique de manière à optimiser la dépense énergétique tout en respectant les commandes de consigne.

Selon un aspect supplémentaire de la présente invention, la boucle Rankine comprend une première pompe, ledit procédé comprenant également :

- 15 - une étape de réduction de la puissance de la première pompe si la boucle Rankine est en fonctionnement et que la pression à la sortie du condenseur est supérieure au sixième seuil prédéterminé.

20 La réduction de la puissance de la boucle Rankine permet indirectement de faire baisser la pression à la sortie du condenseur.

Selon un autre aspect de la présente invention, le procédé comprend également :

- 25 - une étape de détermination des points de fonctionnement du circuit de gestion thermique permettant de respecter les commandes de consigne si la boucle Rankine est en fonctionnement et que la pression à la sortie du condenseur est inférieure au septième seuil prédéterminé,

si aucun point de fonctionnement ne permet de respecter les commandes de consigne,

- une étape de sélection du point de fonctionnement le plus proche des commandes de consigne,

30 sinon,

- une étape de sélection du point de fonctionnement pour lequel la puissance nette consommée par le circuit de gestion thermique est minimale et,
- une étape d'application du point de fonctionnement sélectionné.

5 Selon un aspect additionnel de la présente invention, la boucle Rankine comprend une première pompe, la boucle de climatisation comprend un compresseur et la boucle de circulation de fluide comprend un radiateur muni d'un ventilateur et dans lequel un point de fonctionnement comprend la puissance de la première pompe, la puissance du compresseur et la vitesse de rotation du ventilateur du radiateur.

10

La première pompe, le compresseur et le radiateur sont les trois équipements par l'intermédiaire desquels au moins l'un des paramètres du circuit de gestion thermique peut être modifié.

15 Selon un aspect supplémentaire de la présente invention, l'étape de détermination des points de fonctionnement du circuit de gestion thermique permettant de respecter une ou plusieurs commandes de consigne comprend la prise en compte de seuils d'utilisation du circuit de gestion thermique.

20 Il existe souvent des seuils d'utilisation définis par les constructeurs au-delà desquels l'usure des équipements est plus rapide et qu'il convient de prendre en compte.

Selon un autre aspect additionnel de la présente invention, les étapes du procédé sont répétées au cours du temps.

25

La répétition au cours du temps des étapes du procédé permet de prendre en compte l'évolution du ou des paramètres de fonctionnement ou de la ou les commandes de consigne au cours du temps.

30 Selon un aspect additionnel de la présente invention, la boucle Rankine

comprend une première pompe, un premier échangeur bi-fluide apte à être connecté à un circuit de refroidissement du moteur via une canalisation et une turbine, la boucle de climatisation comprend un condenseur et un détendeur, la boucle de circulation de fluide comprend un radiateur et dans lequel les paramètres mesurés comprennent au moins une combinaison des paramètres suivants :

- 5 - la température du deuxième fluide caloporteur à l'entrée du premier échangeur bi-fluide au niveau de la canalisation d'alimentation,
- la température du premier fluide frigorigène à l'entrée de la turbine,
- la pression du premier fluide frigorigène à l'entrée de la turbine,
- 10 - la température du premier fluide frigorigène à l'entrée de la première pompe,
- la pression du premier fluide frigorigène à l'entrée de la première pompe,
- la température extérieure au niveau du radiateur,
- la température du premier fluide caloporteur à l'entrée du condenseur,
- la pression du deuxième fluide frigorigène à la sortie du condenseur.

15

Ces paramètres de fonctionnement permettent de connaître l'état du circuit de gestion thermique.

La présente invention concerne également un circuit de gestion thermique d'un véhicule automobile comprenant :

- 20 - une boucle à cycle de Rankine dite boucle Rankine dans laquelle circule un premier fluide frigorigène,
- une boucle de climatisation dans laquelle circule un deuxième fluide frigorigène,
- une boucle de circulation de fluide reliant la boucle de climatisation et la boucle Rankine et dans laquelle circule un premier fluide caloporteur,
- 25 - des moyens de mesure d'au moins un paramètre de fonctionnement du circuit de gestion thermique,
- des moyens de traitement connectés aux moyens de mesure et configurés pour :
 - recevoir au moins une commande de consigne,
 - 30 - estimer la puissance produite par la boucle Rankine en fonction d'au moins un

paramètre mesuré et d'au moins une commande de consigne,

- déterminer la mise en fonctionnement ou l'arrêt de la boucle Rankine en fonction de l'estimation de la puissance produite par la boucle Rankine.

5 Selon un aspect additionnel de la présente invention, la boucle Rankine comprend :

- une première pompe,
- un premier échangeur bi-fluide apte à être connecté à un circuit de refroidissement du moteur via une canalisation dans laquelle circule un deuxième fluide caloporteur,

10 -une turbine,

- un deuxième échangeur bi-fluide, dit échangeur de refroidissement.

Selon un autre aspect de la présente invention, la boucle de climatisation comprend :

15 - un compresseur,

- un condenseur placé en aval du compresseur,
- un détendeur placé en aval du condenseur,
- un évaporateur placé en aval du détendeur.

20 Selon un aspect supplémentaire de la présente invention, la boucle de circulation de fluide comprend une deuxième pompe, un radiateur muni d'un ventilateur, ladite boucle de circulation de fluide étant relié à la boucle de climatisation via le condenseur et à la boucle Rankine via le deuxième échangeur bi-fluide.

25 Selon un aspect additionnel de la présente invention, la boucle Rankine comprend également un échangeur de sous-refroidissement placé en aval du deuxième échangeur bi-fluide et relié à la boucle de circulation de fluide.

L'échangeur de sous-refroidissement permet d'assurer que le deuxième fluide
30 frigorigène est en phase liquide à l'entrée de la première pompe.

Selon un aspect supplémentaire de la présente invention, la boucle de circulation de fluide comprend également un connecteur trois voies disposé en aval du radiateur et relié d'une part au condenseur et d'autre part à l'échangeur de sous-refroidissement.

Le connecteur trois voies permet de moduler le débit vers le condenseur en fonction des besoins.

10 Selon un autre aspect e la présente invention, les moyens de traitement sont également configurés pour réaliser les étapes suivantes :

- déterminer la puissance nette produite par la boucle Rankine, la puissance nette consommée par le circuit de gestion thermique,
- comparer la puissance nette produite par la boucle Rankine, la puissance nette consommée par le circuit de gestion thermique et la pression à la pression à la sortie du condenseur à des seuils prédéterminés et,
- décider de la mise en fonctionnement ou de l'arrêt de la boucle Rankine en fonction des résultats de l'étape de comparaison.

20 Selon un aspect additionnel de la présente invention, les moyens de traitement sont également configurés pour déterminer des points de fonctionnement du circuit de gestion thermique en fonction d'une ou plusieurs commandes de consigne.

25 Selon un aspect supplémentaire de la présente invention, un point de fonctionnement comprend la puissance de la première pompe, la puissance du compresseur et la vitesse de rotation du ventilateur du radiateur et dans lequel les moyens de traitement sont configurés pour piloter la puissance de la première pompe, la puissance du compresseur et la vitesse de rotation du ventilateur du radiateur.

30 Selon un autre aspect additionnel de la présente invention, le premier et le

deuxième fluide frigorigène sont formés par un fluide de la liste suivante :

- éthanol,
- eau glycolée.

5 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description suivante, donnée à titre d'exemple et sans caractère limitatif, en regard des dessins annexés sur lesquels :

- 10 - la figure 1 représente un schéma d'un circuit de gestion thermique selon un mode de réalisation de la présente invention ;
- la figure 2 représente un schéma des contrôleurs, de la boucle Rankine et la boucle de climatisation et des moyens de communication entre ces différents éléments selon un mode de réalisation de la présente invention ;
- 15 - la figure 3 représente un schéma des étapes générales du procédé de pilotage du circuit de gestion thermique ;
- la figure 4 représente un schéma des sous-étapes de l'estimation de la puissance produite par la boucle Rankine,
- la figure 5 représente un schéma des sous-étapes de la détermination de la mise en fonctionnement ou de l'arrêt de la boucle Rankine selon un premier mode de
20 réalisation,
- la figure 6 représente un schéma des sous-étapes de la détermination de la mise en fonctionnement ou de l'arrêt de la boucle Rankine selon un deuxième mode de réalisation,
- la figure 7 représente un schéma des sous-étapes de la détermination de la mise
25 en fonctionnement ou de l'arrêt de la boucle Rankine selon un troisième mode de réalisation,
- la figure 8 représente un schéma des sous-étapes de la détermination de la mise en fonctionnement ou de l'arrêt de la boucle Rankine selon un quatrième mode de réalisation,

- La figure 9 représente les étapes suivant la mise en fonctionnement de la boucle Rankine,
- la figure 10 représente un schéma des différentes fonctions réalisées par le contrôleur général lors du procédé de pilotage du circuit de gestion thermique selon un premier mode de réalisation ;
- la figure 11 représente un schéma des différentes fonctions réalisées par le premier contrôleur de la boucle Rankine lors du procédé de pilotage du circuit de gestion thermique selon un premier mode de réalisation ;

10 Sur toutes les figures, les mêmes éléments portent les mêmes numéros de référence.

Dans la présente description, on entend par « placé en amont ou avant » qu'un élément est placé avant un autre par rapport au sens de circulation du fluide dans le circuit. A contrario, on entend par « placé en aval ou après » qu'un élément est placé après un autre par rapport au sens de circulation du fluide dans le circuit.

La figure 1 montre un circuit de gestion thermique 1 d'un véhicule automobile comprenant une boucle à cycle de Rankine 3 dite boucle Rankine dans laquelle circule un premier fluide frigorigène, une boucle de climatisation 5 dans laquelle circule un deuxième fluide frigorigène et une boucle de circulation de fluide 27 dans laquelle circule un premier fluide caloporteur. La boucle Rankine 3 comprend une première pompe 7 qui fait circuler le premier fluide frigorigène, par exemple de l'éthanol ou de l'eau glycolée, vers un premier échangeur bi-fluide 9 qui se comporte comme un évaporateur et est alimenté par une canalisation 11 dans laquelle circule un deuxième fluide caloporteur, par exemple l'eau de refroidissement du moteur ou les gaz d'échappement du moteur. La chaleur du deuxième fluide caloporteur est transmise au premier fluide frigorigène de la boucle Rankine 3 qui est alors vaporisé en gaz. Le premier fluide frigorigène sous forme gazeuse est ensuite transmis à une turbine 13 située en aval du premier échangeur bi-fluide 9. Le passage du premier fluide

frigorigène alors sous forme de gaz comprimé à travers la turbine 13 permet de produire de l'électricité. Le premier fluide frigorigène est ensuite transmis à un deuxième échangeur bi-fluide 15 dit échangeur de refroidissement, situé en aval de la turbine 13, qui se comporte comme un condenseur dans lequel le premier fluide frigorigène sous forme de gaz est refroidi et condensé au moins partiellement. Cependant, la condensation peut ne pas être totale de sorte que le premier fluide frigorigène peut se trouver sous forme de fluide diphasique dont une partie est sous forme gazeuse et l'autre partie est sous forme liquide à la sortie du deuxième échangeur bi-fluide 15. Pour éviter la présence de gaz, un échangeur de sous-refroidissement 17 peut être ajouté à la boucle Rankine 3 en aval du deuxième échangeur bi-fluide 15 et en amont de la première pompe 7.

La boucle de climatisation 5 comprend un compresseur 19 configuré pour faire circuler le deuxième fluide frigorigène, par exemple un mélange d'eau et de glycol ou du dioxyde de carbone (CO₂) ou un réfrigérant chimique tel que le 1,1,1,2-tétrafluoroéthane (R-134a) ou le 2,3,3,3-tétrafluoropropène (R-1234yf), dans la boucle de climatisation 5. La boucle de climatisation 5 comprend également un condenseur 21 placé en aval du compresseur 19 dans lequel le deuxième fluide frigorigène passe d'un état gazeux à un état liquide. Le deuxième fluide frigorigène sous forme liquide est ensuite détendu au niveau d'un détendeur 23 placé en aval du condenseur 21. Dans un évaporateur 25 placé en aval du détendeur 23, le deuxième fluide frigorigène passe d'un état liquide à un état gazeux. L'évaporateur 25 est placé dans un flux d'air dirigé vers l'habitacle du véhicule. L'énergie nécessaire au changement de phase, passage de la phase liquide à la phase gazeuse, est captée sur le flux d'air qui est alors refroidi ce qui permet de produire de l'air frais à destination de l'habitacle du véhicule.

Le circuit de gestion thermique 1 comprend également une boucle 27 de circulation d'un premier fluide caloporteur, par exemple de l'eau glycolée, reliée au deuxième échangeur bi-fluide 15 de la boucle Rankine 3 et au condenseur 21 de la boucle de climatisation 5 ainsi que, le cas échéant, à l'échangeur de sous-refroidissement 17. La boucle de circulation de fluide 27 comprend une deuxième pompe 29, dite pompe de circulation, configurée pour faire circuler le premier fluide

caloporteur dans la boucle de circulation de fluide 27 et un radiateur 31 placé généralement en face avant du véhicule et comprenant par exemple un ventilateur destiné à réguler la vitesse de circulation de l'air extérieur à travers le radiateur 31, le radiateur 31 permettant de refroidir le premier fluide caloporteur. La boucle de circulation de fluide 27 comprend également un connecteur 33 à trois voies placée en aval du radiateur 31 et configurée pour moduler la répartition du deuxième fluide caloporteur issue du radiateur 31 vers le condenseur 21 et vers l'échangeur de sous-refroidissement 17 (les trois voies étant toujours ouvertes, seule la répartition vers l'une ou l'autre des voies changeant). Le premier fluide caloporteur issu du deuxième condenseur 21 et du sous-refroidisseur 17 étant ensuite redirigé vers le deuxième échangeur bi-fluide 15 puis vers le radiateur 31 via la deuxième pompe 29.

Il est à noter que la présente invention ne se limite pas à la configuration du circuit de gestion thermique 1 présenté à partir de la figure 1 mais s'étend aux autres configurations comprenant une boucle de Rankine 3 et une boucle de climatisation 5 ainsi qu'une boucle de circulation de fluide 27 comprenant un radiateur et reliée à un élément de la boucle Rankine 3 et de la boucle de climatisation 5. Par exemple, le circuit de gestion thermique 1 peut ne pas comporter de sous-refroidisseur 17 ou le premier échangeur bi-fluide 15 et le condenseur 21 peuvent être regroupés dans un élément unique ou toute autre configuration connue de l'homme du métier.

Le circuit de gestion thermique 1 comprend également des moyens de mesure configurés pour mesurer un ou plusieurs paramètres du circuit 1, en particulier la température et la pression, des différents fluides du circuit 1 à différents emplacements du circuit 1. En particulier, un capteur de température 35 pour mesurer la température T_{can} du deuxième fluide caloporteur dans la canalisation 11 à l'entrée du premier échangeur bi-fluide 9. Au niveau de la boucle Rankine 3, un capteur de température 37 et un capteur de pression 39 du premier fluide frigorigène sont également placés à la sortie du premier échangeur bi-fluide 9 pour mesurer T_1 et P_1 et un capteur de température 41 et un capteur de pression 43 du premier fluide frigorigène sont également placés à la sortie de l'échangeur de sous-refroidissement 17 pour mesurer T_2 et P_2 .

Un capteur de température 46 est également placé au niveau du radiateur 31 pour mesurer la température extérieure T_{ext} de l'air extérieur.

Concernant la boucle de circulation de fluide 27, un capteur de température 45 est placé à l'entrée du condenseur 21 pour mesurer la température $T_{\text{cond_in}}$ du premier
5 fluide caloporteur.

Concernant la boucle de climatisation 5, un capteur de pression 47 est placé à la sortie du condenseur 21 pour mesurer la pression P_3 du deuxième fluide frigorigène.

D'autres capteurs peuvent également être ajoutés à différents emplacements du circuit de gestion thermique 1.

10 De plus, le circuit de gestion thermique 1 comprend aussi un ou plusieurs contrôleurs comprenant des moyens de traitement configurés pour récupérer et traiter les mesures des différents capteurs, ce qui permet de connaître la valeur de différents paramètres et donc l'état du circuit de gestion thermique 1. Les contrôleurs sont également configurés pour estimer ou évaluer les différents points de fonctionnement du
15 système à partir du ou des paramètres mesurés et d'une ou plusieurs commandes envoyées aux différents éléments pilotables du circuit de gestion thermique 1. Ces éléments pilotables sont essentiellement la première pompe 7, le compresseur 19 et le ventilateur du radiateur 31 lorsqu'il y en a un, auxquels peuvent s'ajouter la deuxième pompe 29 et la vanne 33. Ainsi, les contrôleurs sont configurés pour déterminer
20 l'influence d'une modification d'une ou plusieurs des commandes d'au moins un des éléments pilotables et également pour déterminer la ou les commandes à appliquer à ces éléments pilotables pour obtenir le point de fonctionnement désiré du circuit de gestion thermique 1 en fonction du ou des paramètres mesurés. Un point de fonctionnement décrivant la configuration des différents éléments et les différentes températures et
25 pressions des différents fluides du circuit de gestion thermique 1.

De plus, il est à noter que la détermination des points de fonctionnement du circuit de fluide 1 permettant de respecter la ou les commandes de consigne de l'utilisateur peut comprendre la prise en compte de seuils d'utilisation. En effet, des seuils d'utilisation maximums peuvent être définis par exemple par un contrôleur pour
30 indiquer l'étendue de la plage d'utilisation d'un élément. Par exemple, une puissance

maximale peut être définie pour la première pompe 7 ou une vitesse de rotation maximale peut être définie pour le ventilateur du radiateur 31.

Dans le cas présent, on considère trois contrôleurs comme représenté sur la figure 2, un premier contrôleur 49 de la boucle Rankine 3, un deuxième contrôleur 51 de la boucle de climatisation 5 et du circuit de fluide 27 et un contrôleur général 53 du moteur ou du véhicule. L'utilisation de trois contrôleurs associés respectivement à la boucle Rankine 3, à la boucle de climatisation 5 et au contrôle global du véhicule permet une plus grande flexibilité pour faire des modifications sur les contrôleurs et procure une modularité supérieure à un contrôleur unique. Il est ainsi plus facile de faire évoluer les différentes applications dédiées aux différents contrôleurs.

Le premier contrôleur 49 peut échanger des signaux avec la boucle Rankine 3 via des moyens de communication 55, ce qui permet au premier contrôleur 49 de récupérer les mesures issues des capteurs de la boucle Rankine 3 et d'envoyer la ou les commandes aux éléments pilotables de la boucle Rankine 3.

Le deuxième contrôleur 51 peut échanger des signaux avec la boucle de climatisation 5 et la boucle de circulation de fluide 27 via des moyens de communication 57, ce qui permet au deuxième contrôleur 51 de récupérer les mesures issues des capteurs de la boucle de climatisation 5 et de la boucle de circulation de fluide 27 et d'envoyer la ou les commandes aux éléments pilotables de la boucle de climatisation 5 et de la boucle de circulation de fluide 27.

Les contrôleurs 49 et 51 peuvent échanger des signaux entre eux via des moyens de communication 59.

Les contrôleurs 49 et 53 peuvent échanger des signaux entre eux via des moyens de communication 61.

Les contrôleurs 51 et 53 peuvent échanger des signaux entre eux via des moyens de communication 63.

Les moyens de communication 59, 61, 63 comprennent par exemple des câbles reliant les contrôleurs ou des moyens d'émission et de réception d'ondes électromagnétiques.

Les signaux échangés entre le premier 49 et le deuxième 51 contrôleurs concernent les états de fonctionnement de la boucle Rankine 3 et de la boucle de climatisation 5

échangés entre les deux contrôleurs 49 et 51. Les signaux envoyés par le contrôleur général vers respectivement le premier contrôleur 49 et le deuxième contrôleur 51 sont des signaux de commande pour activer la boucle Rankine 3 ou indiquer la puissance à produire par la turbine 13 ou à consommer pour le compresseur 19 ou une combinaison
5 de ces commandes. Les signaux transmis par le premier contrôleur 49 vers le contrôleur général 53 concernent l'état de fonctionnement de la boucle Rankine 3 comme par exemple une estimation de la puissance pouvant être produite par la turbine 13, un dysfonctionnement de la boucle Rankine 3... ou une combinaison de ces informations. Les signaux transmis par le deuxième contrôleur 51 vers le contrôleur général 53
10 concernent l'état de fonctionnement de la boucle de climatisation 5, un dysfonctionnement de la boucle de climatisation 5...ou une combinaison de ces informations.

Il est à noter que la présente invention ne se limite pas à une configuration à trois contrôleurs. En effet, les fonctions des trois contrôleurs 49, 51 et 53 peuvent être
15 regroupées dans un unique contrôleur ou n'importe quel nombre de contrôleurs permettant de réaliser les fonctions des trois contrôleurs décrits précédemment.

Ainsi, les mesures réalisées par les différents capteurs du circuit de gestion thermique 1 sont récupérées par les moyens de traitement des différents contrôleurs et
20 permettent aux contrôleurs de connaître en temps réel l'état du circuit de gestion thermique 1 et de déterminer si cet état est apte à atteindre la ou les commandes de consignes de l'utilisateur et à optimiser la consommation énergétique du véhicule.

L'une des problématiques pour les contrôleurs est donc de décider de l'activation
25 ou non de la boucle Rankine 3. En effet, la boucle Rankine 3 est utilisée pour produire de l'énergie électrique à partir de l'énergie calorifique dissipée par le moteur. Cependant, suivant les différentes conditions de fonctionnement (état de fonctionnement du moteur, état de fonctionnement de la boucle de climatisation ainsi que des conditions extérieures), l'activation de la boucle Rankine 3 peut ne pas être rentable si l'énergie
30 apporté par la turbine 13 ne compense pas ou compense tout juste l'énergie consommée

par la première pompe 7. De plus, l'activation de la boucle Rankine 3 peut avoir des effets sur la température du premier fluide caloporteur de la boucle de circulation de fluide 27 et donc sur le fonctionnement du condenseur 21 de sorte que ces paramètres doivent aussi être pris en compte dans la décision d'activer la boucle Rankine 3 si l'on veut optimiser le fonctionnement global du circuit de gestion thermique 1. Différents mode de réalisation plus ou moins complexe et prenant en compte plus ou moins de paramètres vont donc être décrits dans la suite de la description.

Pour pouvoir décider de la rentabilité de la boucle de Rankine 3, il convient de pouvoir estimer la puissance produite par la turbine 13 de la boucle Rankine 3.

10 Cette estimation est, par exemple, réalisée par le premier contrôleur 49 à partir des différentes mesures et paramètres récupérés.

Le procédé de pilotage du circuit de gestion thermique 1 peut donc être résumé par les étapes générales de la figure 3 dans laquelle :

- 15 - La première étape 1001 correspond aux mesures des paramètres du circuit de gestion thermique par les différents capteurs décrits précédemment.
- La deuxième étape 1002 correspond à l'estimation de la puissance produite par la boucle Rankine 3, c'est-à-dire la puissance W_{tur} produite par la turbine 13 ou la puissance nette W_{rank} produite par la boucle Rankine 3.
- 20 - La troisième étape 1003 correspondant à la détermination de la mise en fonctionnement ou de l'arrêt de la boucle Rankine 3 en fonction de la puissance estimée à l'étape 1002.

La deuxième étape 1002 concernant l'estimation de la puissance produite par la turbine 13 va maintenant être décrite plus en détails à partir de la figure 4 :

25

La puissance W_{tur} produite par la turbine 13 peut être exprimée par l'équation (1) :

$$W_{tur} = aW_{is} - b N_{tur} \quad (1)$$

avec a et b des coefficients qui sont fonctions du premier fluide frigorigène et de la turbine 13. Plus particulièrement, le coefficient a dépend du rendement mécanique de la turbine pour le fluide réfrigérant utilisé. Le coefficient a est, par exemple, compris entre

30

0,5 à 0,85. Le coefficient b dépend de la vitesse de la turbine 13 et est, par exemple, compris entre 0,01 et 0,03. Les valeurs des coefficients a et b dépendent également de W_{is} la puissance isentropique et N_{tur} la vitesse de rotation de la turbine 13.

5 La puissance isentropique est définie par l'équation (2) :

$$W_{is} = m \Delta H_{is} \quad (2)$$

avec m le débit massique (en Kg/s) du premier fluide frigorigène et ΔH_{is} l'enthalpie isentropique (en J/Kg).

Ainsi, l'étape 1002 comprend trois sous-étapes :

- 10 - une étape 1002_a d'estimation du débit massique m du premier fluide frigorigène,
- une étape 1002_b d'estimation de l'enthalpie isentropique ΔH_{is} et,
- une étape 1002_c de calcul de la puissance isentropique W_{is} à partir de l'équation (2)
- une étape 1002_d de calcul de la puissance W_{tur} de la turbine à partir de l'équation (1)

15 Le débit massique peut être estimé par différentes méthodes :

a) la première méthode consiste à utiliser la vitesse de rotation de la turbine N_{tur} lorsque celle-ci est connue, le débit massique peut alors être exprimé par l'équation (3) :

$$m = \frac{\mu_{tur} R_0(P_1, T_1) V_{tur} N_{tur}}{60} \quad (3)$$

20 avec μ_{tur} le rendement volumétrique de la turbine 13 pour le premier fluide frigorigène, $R_0(P_1, T_1)$ la densité du premier fluide frigorigène à l'entrée de la turbine 13 (fonction de la température T_1 et de la pression P_1 à l'entrée de la turbine 13) et V_{tur} le volume (en m^3) de la turbine 13.

25 Cette première méthode nécessite les sous-étapes suivantes :

- une étape 1002_a1 d'estimation de la densité R_0 du premier fluide frigorigène à l'entrée de la turbine 13,
- une étape 1002_a2 d'estimation du débit massique à partir de l'équation (3).

b) la deuxième méthode consiste à utiliser les propriétés du premier évaporateur 9 :

$$m = \frac{W_{eva}}{\Delta H_{eva}} \quad (4)$$

5

avec W_{eva} la puissance du premier échangeur bi-fluide 9 (en W) et ΔH_{eva} la différence d'enthalpie entre l'entrée et la sortie du premier échangeur bi-fluide 9 :

$$\Delta H_{eva} = H(P_1, T_1) - H(P_1, T_2)$$

avec T_2 et P_1 la température et la pression du premier fluide frigorigène à l'entrée du premier échangeur bi-fluide 9.

10

Cette deuxième méthode nécessite les sous-étapes suivantes :

- une étape 1002_a3 de détermination de la puissance W_{eva} du premier échangeur bi-fluide 9 à partir de la température T_{can} du deuxième fluide caloporteur dans la canalisation 11 à l'entrée du premier échangeur bi-fluide 9, de la température de saturation T_{sat_w} du premier fluide frigorigène à la pression P_1 de la sortie du premier échangeur bi-fluide 9 et des propriétés du premier fluide frigorigène et du premier échangeur bi-fluide (9),
- une étape 1002_a4 de détermination de la différence d'enthalpie ΔH_{eva} entre l'entrée et la sortie du premier échangeur bi-fluide 9 en fonction en fonction des températures T_2 , T_1 et pression P_1 à l'entrée et à la sortie du premier échangeur bi-fluide 9.
- une étape 1002_a5 de calcul du débit massique m à partir de l'équation (4).

15

20

c) la troisième méthode consiste à utiliser les propriétés du deuxième échangeur bi-fluide 15 :

25

$$m = \frac{W_{cond}}{\Delta H_{cond}} \quad (5)$$

avec W_{cond} la puissance du deuxième échangeur bi-fluide 15 (en W) et ΔH_{cond} la différence d'enthalpie entre l'entrée et la sortie du deuxième échangeur bi-fluide 15 :

$$\Delta H_{\text{cond}} = H(P_2, T_{\text{cond.in}}) - H(P_2, T_2) \quad (6)$$

- 5 avec $T_{\text{cond.in}}$ la température estimée à l'entrée du deuxième échangeur bi-fluide 15, cette température peut être estimée avec l'équation (7) ci-dessous :

$$T_{\text{cond.in}} = \frac{(T_1 + 273,15)}{[\tau^{n-1/n}]} - 273,15 + x \quad (7)$$

- avec x un décalage (optionnel), n un coefficient adiabatique lié au premier fluide
10 frigorigène et τ le taux de compression du premier fluide frigorigène.

Alternativement, un capteur de température peut être placé à l'entrée du premier condenseur 15.

Cette troisième méthode nécessite les sous-étapes suivantes :

- 15 - une étape 1002_a6 de détermination de la puissance W_{cond} du deuxième échangeur bi-fluide 15 à partir de la température de saturation T_{sat_w} du premier fluide frigorigène à la pression P_2 à la sortie du deuxième échangeur bi-fluide 15 et des propriétés du premier fluide frigorigène et du deuxième échangeur bi-fluide 15,
- une étape 1002_a7 de détermination de la différence d'enthalpie ΔH_{cond} entre l'entrée et
20 la sortie du deuxième échangeur bi-fluide 15 en fonction des températures ($T_{\text{cond.in}}$, T_2) et pression (P_2) à l'entrée et à la sortie du deuxième échangeur bi-fluide (15).
- une étape 1002_a8 de calcul du débit massique m à partir de l'équation (5).

d) la quatrième méthode consiste à utiliser les propriétés de la première pompe 7

25

$$m = \frac{\mu_p R_0(P_2, T_2) V_p N_p}{60} \quad (8)$$

avec μ_p le rendement volumétrique de la turbine 13 pour le premier fluide frigorigène, $R_0(P_2, T_2)$ la densité du premier fluide frigorigène à l'entrée de la première pompe 7 (fonction de la pression P_2 et de la température T_2 à l'entrée de la première pompe 7), V_p

le volume de la première pompe 7 (en m³) et N_p la vitesse de rotation de la première pompe 7 (en tour/min).

Cette quatrième méthode nécessite les étapes suivantes :

- 5 - une étape 1002_a9 d'estimation de la densité R₀ du premier fluide frigorigène à l'entrée de la première pompe 7,
- une étape 1002_a10 d'estimation du débit massique à partir de l'équation (8).

Le choix de l'un des quatre méthodes présentées précédemment dépend essentiellement des paramètres à disposition. En effet, la première et la quatrième méthode sont plus simples à réaliser mais nécessitent de connaître respectivement la vitesse de rotation N_{tur} de la turbine 13 et la vitesse de rotation N_p de la première pompe 7.

Concernant l'étape 1002_b, l'enthalpie isentropique ΔH_{is} de l'équation (2) peut être déterminée à partir de l'équation (9) :

$$\Delta H_{is} = H(P_1, T_1) - H(P_2, T_{tur.out}) \quad (9)$$

avec T_{tur.out} la température à la sortie de la turbine 13, cette température correspondant à la température T_{cond.in} à l'entrée du deuxième échangeur bi-fluide 15.

Ainsi, la détermination du débit massique m et de l'enthalpie isentropique ΔH_{is} aux étapes 1002_a et 1002_b permettent de calculer W_{is} à partir de l'équation (2) dans une étape 1002_c.

La puissance W_{tur} produite par la turbine 13 est alors déduite de l'équation (1) dans une étape 1002_d. Concernant la vitesse de rotation de la turbine N_{tur} de l'équation (1), elle peut soit être déterminée ou mesurée ou être estimée à partir de la température et de la pression à l'entrée et à la sortie de la turbine 13.

Ainsi, suivant les paramètres disponibles, les moyens de traitement des contrôleurs, comme par exemple le premier contrôleur 49, sont configurés pour utiliser

une des méthodes décrites précédemment pour estimer la puissance W_{tur} produite par la turbine 13. Cette puissance estimée est ensuite utilisée dans l'étape 1003 pour déterminer si la boucle Rankine 3 doit être mise en fonctionnement ou arrêté.

5 Selon un premier mode de réalisation représenté sur la figure 5, la détermination de la mise en fonctionnement ou de l'arrêt de la boucle Rankine 3 comprend une première étape 1003_a de comparaison entre l'estimation de la puissance W_{tur} produite par la turbine 13 avec un ou plusieurs seuil(s) prédéterminé(s). Cette étape conduit à la mise en fonctionnement de la boucle Rankine 3 dans une étape 1003_b1 ou à l'arrêt de
10 la boucle Rankine 3 dans une étape 1003_b2.

Le premier contrôleur 49 commande également la première pompe 7 de la boucle Rankine 3 et connaît donc la puissance consommée par la première pompe 7. De plus, le premier contrôleur 49 peut également estimer les puissances consommées par le
15 circuit de circulation de fluide 27 et notamment par la deuxième pompe 29 et le radiateur 31 pour permettre le fonctionnement de la boucle Rankine 3 à partir des différents paramètres mesurés. Le premier contrôleur 49 peut donc estimer la puissance nette produite par la boucle Rankine 3 :

$$W_{rank} = W_{tur} - W_{pp} - W_{pp.cir} - W_{gm.rank} \quad (10)$$

20 avec W_{tur} la puissance de la turbine 13, W_{pp} la puissance de la première pompe 7, $W_{pp.cir}$ la puissance de la deuxième pompe 29 et $W_{gm.rank}$ la puissance consommée par le radiateur 31 pour faire fonctionner la boucle Rankine 3.

Selon un deuxième mode de réalisation présenté sur la figure 6, la détermination
25 de la mise en fonctionnement ou de l'arrêt de la boucle Rankine 3 comprend une première étape 1003_a' d'estimation de la puissance W_{rank} produite par la boucle Rankine 3 puis une étape 1003_b' de comparaison de la puissance de la puissance W_{rank} estimée avec un ou plusieurs seuil(s) prédéterminé(s). Cette étape conduit à la mise en fonctionnement de la boucle Rankine 3 dans une étape 1003_c'1 ou à l'arrêt de la boucle
30 Rankine 3 dans une étape 1003_c'2.

Cependant, le fonctionnement de la boucle Rankine 3 influe sur le fonctionnement des autres éléments du circuit de gestion thermique 1 de sorte que d'autres paramètres peuvent être pris en compte dans l'étape 1003 pour déterminer la mise en fonctionnement ou l'arrêt de la boucle Rankine 3.

Ainsi, d'autres modes de réalisation de l'étape de détermination 1003 vont maintenant être décrits à partir des figures 7 et 8.

Les données de puissance et notamment la puissance nette W_{rank} de la boucle Rankine 3 et la puissance produite par la turbine W_{tur} déterminées par le premier contrôleur 49 à l'étape 1002 sont transmises au contrôleur général 53.

De son côté, le deuxième contrôleur 51 détermine la puissance W_{clim} consommée par la boucle de climatisation 5 :

$$W_{clim} = W_{comp} + W_{gmv.clim} \quad (11)$$

avec W_{comp} la puissance consommée par le compresseur 19 et $W_{gmv.clim}$ la puissance consommée par le radiateur 31 pour faire fonctionner la boucle de climatisation 5.

La valeur de cette puissance W_{clim} consommée par la boucle de climatisation 5 est transmise au contrôleur général 53.

Le contrôleur général 53 peut alors déterminer la puissance nette W_{net} consommée par le circuit de gestion thermique 1 :

$$W_{net} = W_{clim} - W_{rank} = W_{comp} - (W_{tur} - W_{pp} - W_{pp.cir}) + W_{gmv} \quad (12)$$

avec $W_{gmv} = \max[W_{gmv.rank}, W_{gmv.clim}]$

Selon un troisième mode de réalisation représenté sur la figure 7, la détermination de la mise en fonctionnement ou de l'arrêt de la boucle Rankine 3

comprend, après l'étape 1003_a' d'estimation de la puissance W_{rank} produite par la boucle Rankine 3, une étape 1003_b' d'estimation de la puissance nette W_{net} du circuit de gestion thermique 1 qui est ensuite comparée à des seuils prédéterminés, par exemple x_1 et x_2 , dans une étape 1003_c". Le résultat des comparaisons avec les seuils x_1 et x_2 conduit soit à la mise en fonctionnement de la boucle Rankine 3 dans une étape 1003_d"1, par exemple si la puissance nette W_{net} est inférieure à x_1 , soit à l'arrêt de la boucle Rankine 3 dans une étape 1003_d"2, par exemple si la puissance nette W_{net} est supérieure à x_2 .

10 Selon un quatrième mode de réalisation représenté sur la figure 8, la pression P_3 du deuxième fluide frigorigène à la sortie du condenseur 21 est également prise en compte.

Dans ce cas, après les étapes 1003_a' et 1003_b" dans lesquelles la puissance W_{rank} produite par la boucle Rankine 3 et la puissance nette W_{net} du circuit de gestion thermique 1 sont estimées, le contrôleur général 53 compare non seulement la puissance nette W_{net} avec les seuils prédéterminés x_1 et x_2 mais aussi la puissance nette W_{rank} produite par la boucle Rankine 3 avec des seuils prédéterminés, par exemple x_3 et x_4 et la pression P_3 à la sortie du condenseur 21 avec des seuils prédéterminés, par exemple x_5 , x_6 et x_7 , dans une étape 1003_c".

20 En fonction du résultat des comparaisons effectuées à l'étape 1003_c", le contrôleur général 53 décide soit de la mise en fonctionnement de la boucle Rankine 3 dans une étape 1003_d""1, par exemple si la puissance nette W_{net} consommée par le circuit de gestion thermique 1 est inférieure au premier seuil prédéterminé x_1 , que la puissance nette W_{rank} de la boucle Rankine 3 est supérieure au troisième seuil prédéterminé x_3 et que la pression P_3 à la sortie du condenseur 21 est inférieure à x_5 , soit de l'arrêt de la boucle Rankine 3 dans une étape 1003_d""2, par exemple si la puissance nette W_{net} consommée par le circuit de gestion thermique 1 est supérieure au deuxième seuil prédéterminé x_2 , soit de la réduction de la puissance de la première pompe 7 dans une étape 1003_d""3, par exemple si la pression P_3 à la sortie du condenseur 21 est supérieure au sixième seuil prédéterminé x_6 et que les autres

conditions de mise en fonctionnement de la boucle Rankine 3 sont remplies.

Ainsi, le quatrième mode de réalisation permet de prendre en compte des paramètres comme la pression P_3 du deuxième fluide frigorigène à la sortie du condenseur 21 qui permet d'assurer un bon fonctionnement de la boucle de climatisation 5 de manière à pouvoir respecter la ou les commandes de consigne. Les trois premiers mode de réalisation étant des modes de réalisation simplifiés du quatrième mode de réalisation dans lesquels le nombre de paramètres pris en compte dans la détermination de la mise en fonctionnement ou l'arrêt de la boucle Rankine 3 est réduit mais qui permettent quand même d'optimiser la consommation énergétique du circuit de gestion thermique par rapport à un circuit sans boucle Rankine 3 ou par rapport à un circuit où la boucle Rankine 3 serait active en permanence.

Lorsque l'étape 1003 conduit à la mise en fonctionnement de la boucle Rankine 3 notamment avec les étapes 1003_b1, 1003_c'1, 1003_d''1 et 1003_d'''1, le contrôleur général 53 détermine alors les points de fonctionnement permettant de respecter la ou les commandes de consigne dans une étape 1004 comme représenté sur la figure 9.

Si aucun point de fonctionnement ne permet de respecter la ou les commandes de consigne, le contrôleur général 53 sélectionne le point de fonctionnement le plus proche d'une ou plusieurs commandes de consigne dans une étape 1005, sinon, le contrôleur général 53 sélectionne le point de fonctionnement pour lequel la puissance nette W_{net} consommée par le circuit de gestion thermique 1 est minimale dans une étape 1006.

Le contrôleur envoie alors une commande d'application du point de fonctionnement sélectionné vers le premier 49 et le deuxième 51 contrôleurs qui applique alors les consignes reçues dans une étape 1007.

Pour l'ensemble des modes de réalisation, la détermination des seuils prédéterminés peut se faire par des essais ou par simulation. Différents seuils pouvant être définis en fonction d'un mode choisi par l'utilisateur.

Par ailleurs, dans le quatrième mode de réalisation présenté précédemment les sous-étapes de l'étape 1003 de détermination de la mise en fonctionnement ou de l'arrêt de la boucle Rankine 3 peuvent être différentes selon que la boucle Rankine 3 est initialement en fonctionnement ou à l'arrêt. Le fonctionnement du quatrième mode de réalisation peut être résumé ainsi :

si la boucle Rankine 3 est à l'arrêt,

On compare la puissance nette estimée W_{net} à une valeur seuil $x1$ et à une deuxième valeur seuil $x2$, la puissance nette estimée W_{rank} de la boucle Rankine à un troisième valeur seuil $x3$ et la pression P_3 mesurée à la sortie du condenseur 21 à une quatrième valeur seuil $x4$ et une cinquième valeur seuil $x5$.

Si la puissance W_{net} est inférieure à $x2$ et si la puissance W_{rank} est supérieure à $x3$ et si la pression $p3$ est inférieure à $x4$, on active la boucle Rankine 3.

Si la puissance W_{net} est comprise entre les seuils $x1$ et $x2$ et que la pression P_3 est inférieure au seuil $x5$, on active la boucle Rankine 3.

Dans les autres cas, la boucle Rankine 3 reste inactive.

Si la boucle Rankine 3 est en fonctionnement,

On compare la puissance nette W_{net} à un sixième seuil $x6$ et la pression $p3$ à un septième $x7$ et un huitième $x8$ seuil prédéterminé.

Si la puissance W_{net} est supérieure à $x6$, la boucle Rankine 3 est désactivée.

Sinon la boucle Rankine 3 reste activée et si la pression P_3 est supérieure à $x7$, la consigne de puissance à produire par la boucle Rankine 3 est réduite, ce qui entraîne une diminution de la puissance consommée par la première pompe 7 et une diminution de la puissance produite par la turbine 13. Ces diminutions permettent de réduire la température $T_{cond.in}$ à l'entrée du deuxième condenseur 21 et par conséquent une réduction de la pression P_3 .

Si la pression P_3 est inférieure au septième seuil $x8$, on détermine les points de fonctionnement du circuit de gestion thermique 1 permettant de respecter la ou les commandes de l'utilisateur,

- si aucun point de fonctionnement ne permet de respecter la ou les

commandes utilisateur, on sélectionne le point de fonctionnement le plus proche d'une ou plusieurs commandes de l'utilisateur,

- sinon, on sélectionne, le point de fonctionnement pour lequel la différence entre la puissance W_{clim} consommée par la boucle de climatisation 5 et la puissance nette W_{rank} produite par la boucle Rankine 3 est la plus grande.

Si la pression P_3 est comprise entre le sixième seuil x_6 et le septième seuil x_7 , on maintient la boucle Rankine 3 dans son état, c'est à dire que la consigne de puissance à produire reste la même.

10

Afin de mieux comprendre l'invention, les différentes actions réalisées par le contrôleur général 53 et le premier contrôleur 49 dans le cas du quatrième mode de réalisation vont maintenant être décrites en détail à partir des figures 10 et 11.

15 La figure 10 représente les étapes pilotées ou réalisées par le contrôleur général 53 lors de la mise en œuvre du procédé de pilotage du circuit de gestion thermique 1.

La première étape 101 concerne l'envoi par le contrôleur général 53 d'une ou plusieurs commandes vers le premier 49 et le deuxième 51 contrôleur pour effectuer les mesures des différents paramètres de fonctionnement du circuit de gestion thermique 1 à l'aide des différents capteurs répartis dans le circuit de gestion thermique 1 (cela correspond à l'étape 1001).

La deuxième étape 102 concerne la réception par le contrôleur général 53 de l'estimation par le premier 49 et le deuxième 51 contrôleur des paramètres pertinents pour le contrôleur général 53, par exemple la puissance W_{clim} , la puissance W_{rank} et/ou la puissance W_{net} et la pression P_3 . Alternativement, le premier 49 et le deuxième 51 contrôleurs peuvent transmettre les mesures au contrôleur général 53 qui calcule alors les paramètres pertinents (cela correspond à l'étape 1002).

La troisième étape 103 concerne la détermination de l'état de la boucle Rankine 3 (en fonctionnement ou à l'arrêt).

30

Si elle est active on passe à l'étape 104 sinon on passe à l'étape 109.

A l'étape 104, on compare la puissance nette W_{net} du circuit de gestion thermique au seuil x_6 . Si W_{net} est supérieure à x_6 , on passe à l'étape 114 et on désactive la boucle Rankine 3. Sinon on passe à l'étape 105 et on compare la pression P_3 à x_7 . Si P_3 est inférieure à x_8 on passe à l'étape 113 et on applique la consigne désirée à la boucle Rankine 3. La consigne désirée correspond par exemple à définir la puissance nette W_{rank} à produire par la boucle Rankine 3 et à envoyer cette consigne au premier contrôleur 49 (Cette consigne peut être déterminée à partir des étapes 1004 à 1007 de la figure 9). Sinon on passe à l'étape 106 où l'on compare la pression P_3 au seuil x_7 . Si P_3 est supérieure à x_7 on passe à l'étape 107 et on réduit la consigne de la puissance W_{rank} à produire par la boucle Rankine 3. Sinon, on passe à l'étape 108 et on maintient le circuit de gestion thermique dans le même état, c'est-à-dire avec les mêmes consignes que précédemment.

A l'étape 109, on compare la puissance nette W_{net} du circuit de gestion thermique à la valeur seuil x_1 et la puissance nette W_{rank} produite par la boucle Rankine à la valeur seuil x_3 . Si P_{net} est supérieure à x_1 ou si W_{rank} est inférieure à x_3 alors on passe à l'étape 114 et la boucle Rankine 3 reste inactive. Sinon on passe à l'étape 110 et on compare W_{net} à x_2 . Si W_{net} est inférieure à x_2 alors on passe à l'étape 111 sinon on passe à l'étape 112.

A l'étape 111, on compare la pression P_3 au seuil x_4 et si P_3 est inférieure à x_4 alors on passe à l'étape 113 et on active la boucle Rankine 3.

A l'étape 112 on compare P_3 à la valeur seuil x_5 . Si P_3 est inférieure à x_5 on passe à l'étape 113 et on active la boucle Rankine 3 sinon on passe à l'étape 114 et la boucle Rankine 3 reste inactive.

Ainsi, le contrôleur général 53 reçoit les mesures et estimations des différents paramètres de la boucle Rankine 3 et de la boucle de climatisation 5 et détermine la ou les commandes à renvoyer vers la boucle Rankine 3 et la boucle de climatisation 5 pour permettre de respecter la ou les commandes de consigne et d'optimiser la consommation

énergétique du circuit de gestion thermique. L'une des commandes à déterminer étant de mettre en fonctionnement ou d'arrêter la boucle Rankine 3.

La figure 11 représente les différentes étapes réalisées par le premier contrôleur 5 49 de la boucle Rankine 3 lors de la mise en œuvre du procédé de pilotage du circuit de gestion thermique 1.

La première étape 201 concerne la réalisation des mesures des paramètres de la boucle Rankine 3 (cela correspond à l'étape 1001). Ces mesures sont généralement réalisées suite à l'envoi d'une commande par le contrôleur général 53. Les mesures et/ou 10 les paramètres pertinents déterminés à partir de ces mesures sont transmis au contrôleur général 53.

La deuxième étape 202 concerne la réception de consigne par le contrôleur général 53 concernant notamment l'activation ou la désactivation de la boucle Rankine 3. Cette commande peut également comprendre une consigne de puissance nette W_{rank} à 15 produire ou une consigne de maximisation de la puissance nette W_{rank} produite.

A l'étape 203, si la commande du contrôleur général 53 est d'activer la boucle Rankine 3, on passe à l'étape 204, sinon on passe à l'étape 212.

A l'étape 204, si la boucle Rankine 3 est déjà activée, on passe à l'étape 205 sinon on passe à l'étape 210.

20 A l'étape 205, si la commande du contrôleur général 53 demande une maximisation de la puissance nette W_{rank} de la boucle Rankine 3, on passe à l'étape 207 sinon on passe à l'étape 206.

A l'étape 206, on régule la boucle Rankine 3 pour obtenir une puissance nette W_{rank} correspondant à la consigne de puissance à fournir transmise par le contrôleur 25 général 53 et on passe à l'étape 208.

A l'étape 207 on modifie les consignes de la boucle Rankine 3 de manière à optimiser la puissance nette W_{rank} produite par la boucle Rankine 3. Pour cela, on pilote la première pompe 7 et la vitesse de rotation N_{tur} de la turbine 13 pour avoir un taux d'expansion du premier fluide frigorigène qui est alors sous forme gazeuse au niveau de 30 la turbine 13 qui permette de maximiser la puissance W_{rank} . On passe ensuite à l'étape

208.

L'étape 208 concerne l'estimation de la puissance nette W_{rank} produite par la boucle Rankine 3 ainsi que l'estimation de la puissance dissipée par le premier échangeur bi-fluide 9. Cette estimation permet de prendre en compte la charge thermique de la boucle Rankine 3 sur le radiateur 31 et permet donc au contrôleur général 53 de déterminer la consigne de boucle Rankine 3 en fonction de la commande de consigne associée à la température de l'habitacle, c'est à dire la commande de consigne pour la boucle de climatisation 5, puisque le contrôleur général devra prendre en compte la capacité du radiateur 31 pour assurer le fonctionnement de la boucle de climatisation 5 et de la boucle Rankine 3.

L'étape 209 concerne l'envoi de l'estimation de la puissance nette W_{rank} produite par la boucle Rankine 3 et éventuellement d'autres paramètres pertinents au contrôleur général 53.

A l'étape 210, on compare la température T_{can} au niveau de la canalisation 11 à un neuvième seuil prédéterminé x_9 et la température de l'air extérieur T_{ext} à un dixième seuil prédéterminé x_{10} . Cette température est par exemple transmise par le deuxième contrôleur 51 au premier contrôleur 49.

Si T_{can} est supérieur à x_9 et T_{ext} inférieur à x_{10} on passe à l'étape 205.

Sinon, on passe à l'étape 212 où l'on désactive la boucle Rankine 3. En effet, si la température T_{can} est supérieure à x_9 ou si la température T_{ext} est supérieure à x_{10} , les conditions ne seront pas réunies pour que la boucle Rankine 3 produise suffisamment de puissance pour être rentable.

On passe ensuite à l'étape 214 où l'on estime la puissance de la boucle Rankine 3 en fonction des différents paramètres mesurés alors que cette dernière est à l'arrêt, c'est-à-dire inactive. Les valeurs des estimations de l'étape 214 sont ensuite transmises au contrôleur général 53 à l'étape 209.

Ainsi, le premier contrôleur 49 effectue les mesures des paramètres de la boucle Rankine 3, applique les consignes transmises par le contrôleur général 53 et renvoie au contrôleur général les paramètres nécessaires et pertinents comme la puissance nette

W_{rank} de la boucle Rankine 3 pour pouvoir décider des prochaines consignes.

Par ailleurs, certaines fonctions réalisées par le premier contrôleur 49 ou par le contrôleur général 53 peuvent être réalisées par l'un ou l'autre des contrôleurs 49 et 53. Par exemple la comparaison de la pression P_3 avec les seuils x_4 et x_5 peut être réalisée
5 par le premier contrôleur 49 tandis que les estimations des puissances W_{tur} ou W_{rank} peuvent être réalisées par le contrôleur général 53.

Les différentes étapes du procédé décrit précédemment à partir des figures 3 à 11 sont répétées au cours du temps pour permettre d'adapter la configuration du circuit de
10 gestion thermique 1 aux évolutions des différents paramètres et notamment d'une ou des commandes de consigne de l'utilisateur ou des conditions extérieures comme la température T_{ext} extérieure au véhicule.

Les différents modes de réalisation de la présente invention permettent donc de
15 piloter le circuit de gestion thermique 1 et en particulier de décider de l'activation ou non de la boucle Rankine 3 en fonction de l'estimation de la puissance produite par la boucle Rankine 3 en fonction de paramètres de fonctionnement mesurés. Les différents modes de réalisation concerne des procédés de pilotages plus ou moins complexes permettant soit d'obtenir un fonctionnement simple nécessitant des moyens de
20 traitement de faible puissance, soit un fonctionnement plus complexe permettant de prendre en compte un maximum de paramètres influencés par la mise en fonctionnement ou l'arrêt de la boucle Rankine 3 et influençant le rendement global du circuit de gestion thermique 1.

25 Ainsi, par l'estimation, en fonction de paramètres mesurés, des consommations et productions énergétiques des différents éléments d'un circuit de gestion thermique 1 comprenant une boucle de climatisation 5 et une boucle Rankine 3 et en prenant en compte la ou les commandes de consigne, la présente invention permet de déterminer comment piloter le circuit de gestion thermique 1 et en particulier de décider de
30 l'activation ou non de la boucle Rankine 3, de manière à optimiser la consommation

énergétique du circuit de gestion thermique 1 tout en assurant le respect d'une ou des commandes de consignes.

REVENDICATIONS

1. Procédé de pilotage d'un circuit de gestion thermique (1) d'un véhicule automobile en
5 fonction d'au moins une commande de consigne, ledit circuit de gestion thermique (1)
comprenant :

- une boucle à cycle de Rankine dite boucle Rankine (3) dans laquelle circule un premier fluide frigorigène,
- une boucle de climatisation (5) dans laquelle circule un deuxième fluide frigorigène,
- 10 - une boucle de circulation de fluide (27) reliant la boucle de climatisation (5) et la boucle Rankine (3) et dans laquelle circule un premier fluide caloporteur,

ledit procédé comprenant :

- une étape (1001) de mesure d'au moins un paramètre de fonctionnement du circuit de gestion thermique (1),
- 15 - une étape (1002) d'estimation de la puissance produite (W_{tur} , W_{rank}) par la boucle Rankine (3) en fonction dudit au moins un paramètre mesuré et de ladite au moins une commande de consigne et,
- une étape (1003) de détermination de la mise en fonctionnement ou de l'arrêt de la boucle Rankine (3) en fonction de l'estimation de la puissance (W_{tur} , W_{rank}) produite par
20 la boucle Rankine (3),

caractérisé en ce que la boucle Rankine (3) comprend une turbine (13), les paramètres de fonctionnement mesurés comprennent la vitesse de rotation de la turbine (13), la température (T_1) et la pression (P_1) du premier fluide frigorigène à l'entrée de la turbine (13) et dans lequel l'étape (1002) d'estimation de la puissance produite par la boucle
25 Rankine (3) comprend :

- une étape (1002_a) d'estimation du débit massique (m) du premier fluide frigorigène,
- une étape (1002_b) d'estimation de l'enthalpie isentropique (ΔH_{is}) du premier fluide frigorigène à partir de la température (T_1) et de la pression (P_1) du premier fluide frigorigène à l'entrée de la turbine (13) et du taux de compression (τ) du premier fluide
30 frigorigène,

- une étape (1002_c) de calcul de la puissance isentropique (W_{is}) à partir du débit massique (m) estimé et de l'enthalpie isentropique (ΔH_{is}) estimée et,
- une étape (1002_d) de calcul de la puissance de la turbine (W_{tur}) à partir de la puissance isentropique (W_{is}), de la vitesse de rotation (N_{tur}) de la turbine (13) et des propriétés du premier fluide frigorigène et de la turbine (13).

2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel la boucle Rankine (3) comprend une première pompe (7) et dans lequel l'étape (1002_a) d'estimation du débit massique (m) du premier fluide frigorigène comprend:

- 10 - une étape (1002_a1) d'estimation de la densité du premier fluide frigorigène à l'entrée de la première pompe (7) en fonction de la pression (P_2) et de la température (T_2) du premier fluide frigorigène à l'entrée de la première pompe (7),
- une étape (1002_a2) d'estimation du débit massique (m) à partir de la densité (R_0) du premier fluide frigorigène déterminée, du volume (V_p) de la première pompe (7), de la
- 15 vitesse de rotation (N_p) de la première pompe (7) et des propriétés du premier fluide frigorigène.

3. Procédé selon la revendication 1 dans lequel la boucle Rankine (3) comprend un premier échangeur bi-fluide (9) apte à être connecté à un circuit de refroidissement du

20 moteur via une canalisation (11) dans laquelle circule un deuxième fluide caloporteur et dans lequel l'étape (1002_a) d'estimation du débit massique (m) du premier fluide frigorigène comprend:

- 25 - une étape (1002_a3) de détermination de la puissance (W_{eva}) du premier échangeur bi-fluide (9) à partir de la température (T_{can}) du deuxième fluide caloporteur dans la canalisation (11) à l'entrée du premier échangeur bi-fluide (9), de la température de saturation (T_{sat_w}) du premier fluide frigorigène à la pression (P_1) de la sortie du premier échangeur bi-fluide (9) et des propriétés du premier fluide frigorigène et du premier échangeur bi-fluide (9),
- une étape (1002_a4) de détermination de la différence d'enthalpie (ΔH_{eva}) entre l'entrée
- 30 et la sortie du premier échangeur bi-fluide (9) en fonction des températures ($T_{eva.in}$, T_1)

et pression (P_1) à l'entrée et à la sortie du premier échangeur bi-fluide (9),

- une étape (1002_a5) de calcul du débit massique (m) du premier fluide frigorigène à partir de la puissance (W_{eva}) du premier échangeur bi-fluide (9) déterminée, de la différence d'enthalpie (ΔH_{eva}) déterminée et des propriétés du premier fluide frigorigène.

5

4. Procédé selon la revendication 1 dans lequel l'estimation du débit massique (m) du premier fluide frigorigène comprend :

- une étape (1002_a6) de détermination de la puissance (W_{cond}) du deuxième échangeur bi-fluide (15) à partir de la température de saturation (T_{sat_w}) du premier fluide frigorigène à la pression (P_2) à l'entrée deuxième échangeur bi-fluide (9) et des propriétés du premier fluide frigorigène et du deuxième échangeur bi-fluide (15),

10

- une étape (1002_a7) de détermination de la différence d'enthalpie (ΔH_{cond}) entre l'entrée et la sortie du deuxième échangeur bi-fluide (15) en fonction des températures ($T_{cond.in}$, T_2) et pression (P_2) à l'entrée et à la sortie du deuxième échangeur bi-fluide (15),

15

- une étape (1002_a8) de calcul du débit massique (m) du premier fluide frigorigène à partir de la puissance (W_{cond}) du deuxième échangeur bi-fluide (15) déterminée, de la différence d'enthalpie (ΔH_{cond}) déterminée et des propriétés du premier fluide frigorigène.

20

5. Procédé selon la revendication 1 dans lequel l'étape (1002_a) d'estimation du débit massique (m) du premier fluide frigorigène comprend:

- une étape (1002_a9) d'estimation de la densité du premier fluide frigorigène à l'entrée de la turbine (13) en fonction de la pression (P_1) et de la température (T_1) du premier fluide frigorigène à l'entrée de la turbine (13),

25

- une étape (1002_a10) d'estimation du débit massique (m) à partir de la densité du premier fluide frigorigène déterminée (R_0), du volume (V_T) de la turbine (13), de la vitesse de rotation (N_T) de la turbine (13) et des propriétés du premier fluide frigorigène.

30

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel l'étape (1003) de détermination de la mise en fonctionnement ou de l'arrêt de la boucle Rankine (3) comprend :

- 5 - une étape (1003_b'') de détermination de la puissance nette (W_{net}) consommée par le circuit de gestion thermique (1), correspondant à la différence entre la puissance consommée par ledit circuit de gestion thermique (1) et la puissance (W_{rank}) produite par la boucle Rankine (3), en fonction d'au moins un paramètre de fonctionnement mesuré et d'au moins une commande de consigne,
- 10 - une étape (1003_c'') de comparaison de la puissance nette (W_{net}) consommée par le circuit de gestion thermique (1) déterminée avec un premier ($x1$) et un deuxième ($x2$) seuils prédéterminés.

7. Procédé selon la revendication 6 comprenant également :

- 15 - une étape (1003_d''1) de mise en fonctionnement la boucle Rankine (3) si la puissance nette (W_{net}) consommée par le circuit de gestion thermique (1) déterminée est inférieure au premier seuil prédéterminé ($x1$) et,
- une étape (1003_d''2) d'arrêt de la boucle Rankine (3) si la puissance nette (W_{net}) consommée par le circuit de gestion thermique (1) déterminée est supérieure au deuxième seuil prédéterminé ($x2$).

20

8. Procédé selon la revendication 6 dans lequel la boucle de climatisation comprend un condenseur (21), les paramètres de fonctionnement mesurés comprennent la pression ($p3$) à la sortie du condenseur (21) et dans lequel l'étape (1003) de détermination de la mise en fonctionnement ou de l'arrêt de la boucle Rankine (3) comprend également :

- 25 - une étape (1003_c''') de comparaison de la puissance nette (W_{rank}) produite par la boucle Rankine (3) estimée avec un troisième ($x3$) et un quatrième ($x4$) seuils prédéterminés et de comparaison de la pression (P_3) à la sortie du condenseur (21) avec un cinquième ($x5$), un sixième ($x6$) et un septième ($x7$) seuils prédéterminés.

30 9. Procédé selon la revendication 8 comprenant également :

- une étape (1003_d''1) de mise en fonctionnement de la boucle Rankine (3) si la puissance nette (W_{net}) consommée par le circuit de gestion thermique (1) est inférieure au premier seuil prédéterminé (x1), que la puissance nette (W_{rank}) de la boucle Rankine (3) est supérieure au troisième seuil prédéterminé (x3) et que la pression (P_3) à la sortie du condenseur (21) est inférieure au cinquième seuil prédéterminé (x5) et,
- une étape (1003_d''2) d'arrêt de la boucle Rankine (3) si la puissance nette (W_{net}) consommée par le circuit de gestion thermique (1) est supérieure au deuxième seuil prédéterminé (x2).

10 10. Procédé de fonctionnement selon la revendication 6 ou 9 comprenant également lorsque la boucle Rankine (3) est mise en fonctionnement :

- une étape (1004) de détermination des points de fonctionnement du circuit de gestion thermique (1) permettant de respecter la ou les commandes de consigne, si aucun point de fonctionnement ne permet de respecter la ou les commandes de
- 15 consigne,
 - une étape (1005) de sélection du point de fonctionnement le plus proche d'une ou des commandes de consigne,
- sinon,
 - une étape (1006) de sélection du point de fonctionnement pour lequel la puissance
 - 20 nette (W_{net}) consommée par le circuit de gestion thermique (1) est minimale et,
- une étape (1007) d'application du point de fonctionnement sélectionné.

11. Procédé selon l'une des revendications 8 à 10 dans lequel la boucle Rankine (3) comprend une première pompe (7), ledit procédé comprenant également :

- 25 - une étape (1003_d''3) de réduction de la puissance de la première pompe (7) si la boucle Rankine (3) est en fonctionnement et que la pression (P_3) à la sortie du condenseur (21) est supérieure au sixième seuil prédéterminé (x6).

12. Procédé selon l'une des revendications 8 à 11 comprenant également :

- 30 - une étape (1004) de détermination des points de fonctionnement du circuit de gestion

thermique (1) permettant de respecter la ou les commandes de consigne si la boucle Rankine (3) est en fonctionnement et que la pression (P_3) à la sortie du condenseur (21) est inférieure au septième seuil prédéterminé (x_7),

si aucun point de fonctionnement ne permet de respecter la ou les commandes de
5 consigne,

- une étape (1005) de sélection du point de fonctionnement le plus proche d'une ou des commandes de consigne,

sinon,

- une étape (1006) de sélection du point de fonctionnement pour lequel la puissance
10 nette (W_{net}) consommée par le circuit de gestion thermique (1) est minimale et,

- une étape (1007) d'application du point de fonctionnement sélectionné.

13. Circuit de gestion thermique (1) d'un véhicule automobile comprenant :

- une boucle à cycle de Rankine dite boucle Rankine (3) dans laquelle circule un
15 premier fluide frigorigène,

- une boucle de climatisation (5) dans laquelle circule un deuxième fluide frigorigène,

- une boucle de circulation de fluide (27) reliant la boucle de climatisation (5) et la boucle Rankine (3) et dans laquelle circule un premier fluide caloporteur,

- des moyens de mesure d'au moins un paramètre de fonctionnement du circuit de
20 gestion thermique,

- des moyens de traitement connectés aux moyens de mesure et configurés pour :

- recevoir au moins une commande de consigne,

- estimer la puissance (W_{tur} , W_{rank}) produite par la boucle Rankine (3) en fonction
25 d'au moins un paramètre mesuré et de ladite au moins une commande de consigne,

- déterminer la mise en fonctionnement ou l'arrêt de la boucle Rankine (3) en fonction de l'estimation de la puissance (W_{tur} , W_{rank}) produite par la boucle Rankine (3),

la boucle de climatisation (5) comprenant :

30 - un compresseur (19),

- un condenseur (21) placé en aval du compresseur (19),
- un détendeur (23) placé en aval du condenseur (21),
- un évaporateur (25) placé en aval du détendeur (23),

la boucle de circulation de fluide (27) comprenant une deuxième pompe (29), un
5 radiateur (31) muni d'un ventilateur, ladite boucle de circulation de fluide (27) étant
relié à la boucle de climatisation via le condenseur (21) et à la boucle Rankine (3) via le
deuxième échangeur bi-fluide (15) de refroidissement,
caractérisé en ce que la boucle Rankine (3) comprend également un échangeur de sous-
refroidissement (17) placé en aval du deuxième échangeur bi-fluide (15) et relié à la
10 boucle de circulation de fluide (27).

14. Circuit de gestion thermique (1) selon la revendication 14 dans lequel la boucle
Rankine (3) comprend :

- une première pompe (7),
- 15 - un premier échangeur bi-fluide (9) apte à être connecté à un circuit de refroidissement
du moteur via une canalisation (11) dans laquelle circule un deuxième fluide
caloporteur,
- une turbine (13),
- un deuxième échangeur bi-fluide (15).

20

15. Circuit de gestion thermique (1) selon l'une des revendications 13 à 14 dans lequel
les moyens de traitement sont également configurés pour réaliser les étapes suivantes :

- déterminer la puissance nette (W_{rank}) produite par la boucle Rankine (3), la puissance
nette (W_{net}) consommée par le circuit de gestion thermique (1),
- 25 - comparer la puissance nette (W_{rank}) produite par la boucle Rankine (3), la puissance
nette (W_{net}) consommée par le circuit de gestion thermique (1) et la pression à la
pression (P_3) à la sortie du condenseur (21) à des seuils prédéterminés et,
- décider de la mise en fonctionnement ou de l'arrêt de la boucle Rankine (3) en fonction
des résultats de l'étape de comparaison.

30

16. Circuit de gestion thermique (1) selon l'une des revendications 13 à 14 dans lequel les moyens de traitement sont également configurés pour déterminer des points de fonctionnement du circuit de gestion thermique (1) en fonction d'une ou de commandes de consigne.

5

17. Circuit de gestion thermique (1) selon la revendication 16 dans lequel un point de fonctionnement comprend la puissance de la première pompe (7), la puissance du compresseur (19) et la vitesse de rotation du ventilateur du radiateur (31) et dans lequel les moyens de traitement sont configurés pour piloter la puissance de la première pompe
10 (7), la puissance du compresseur (19) et la vitesse de rotation du ventilateur du radiateur (31).

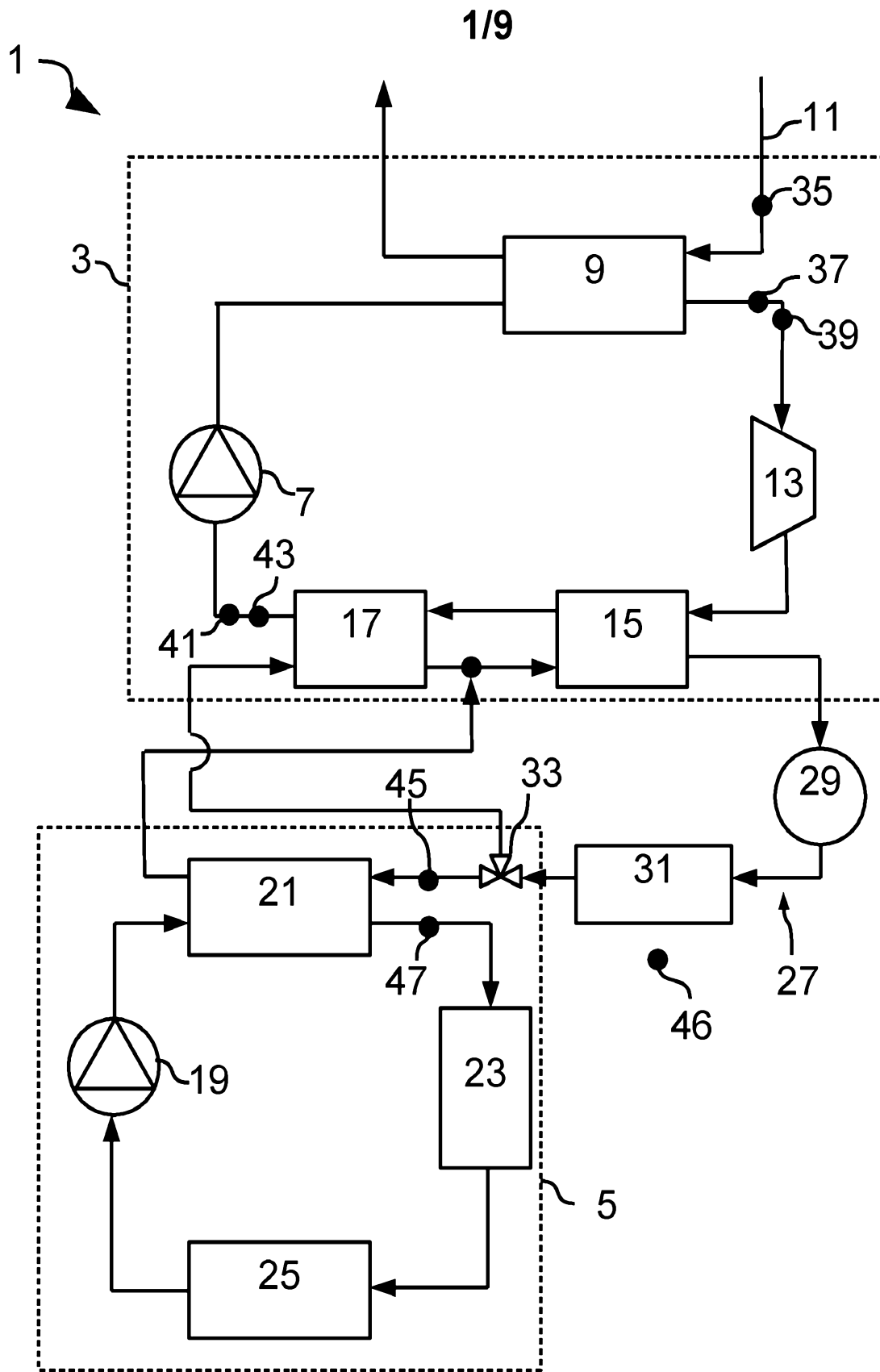


Fig.1

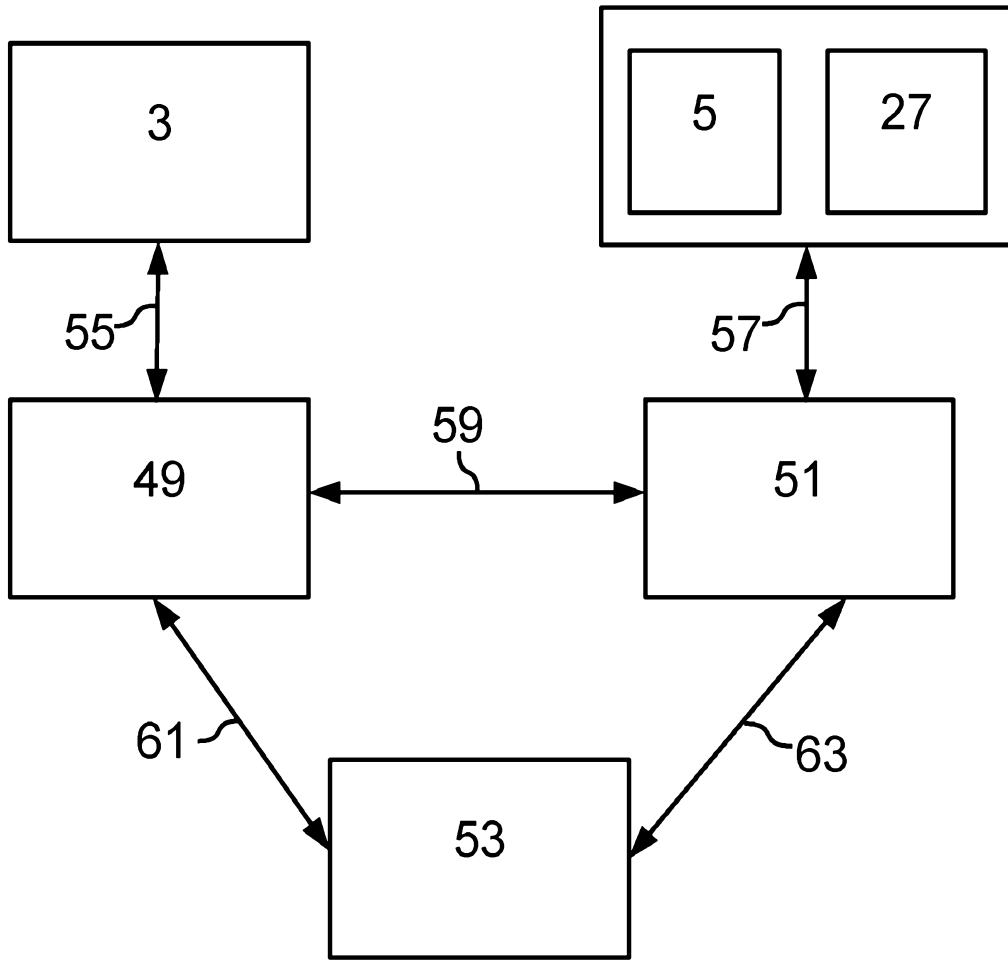


Fig.2

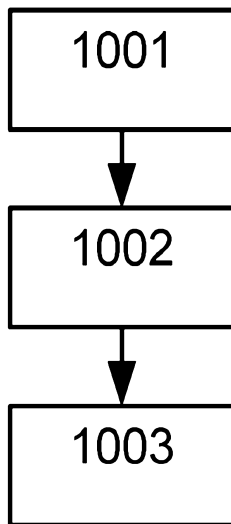


Fig.3

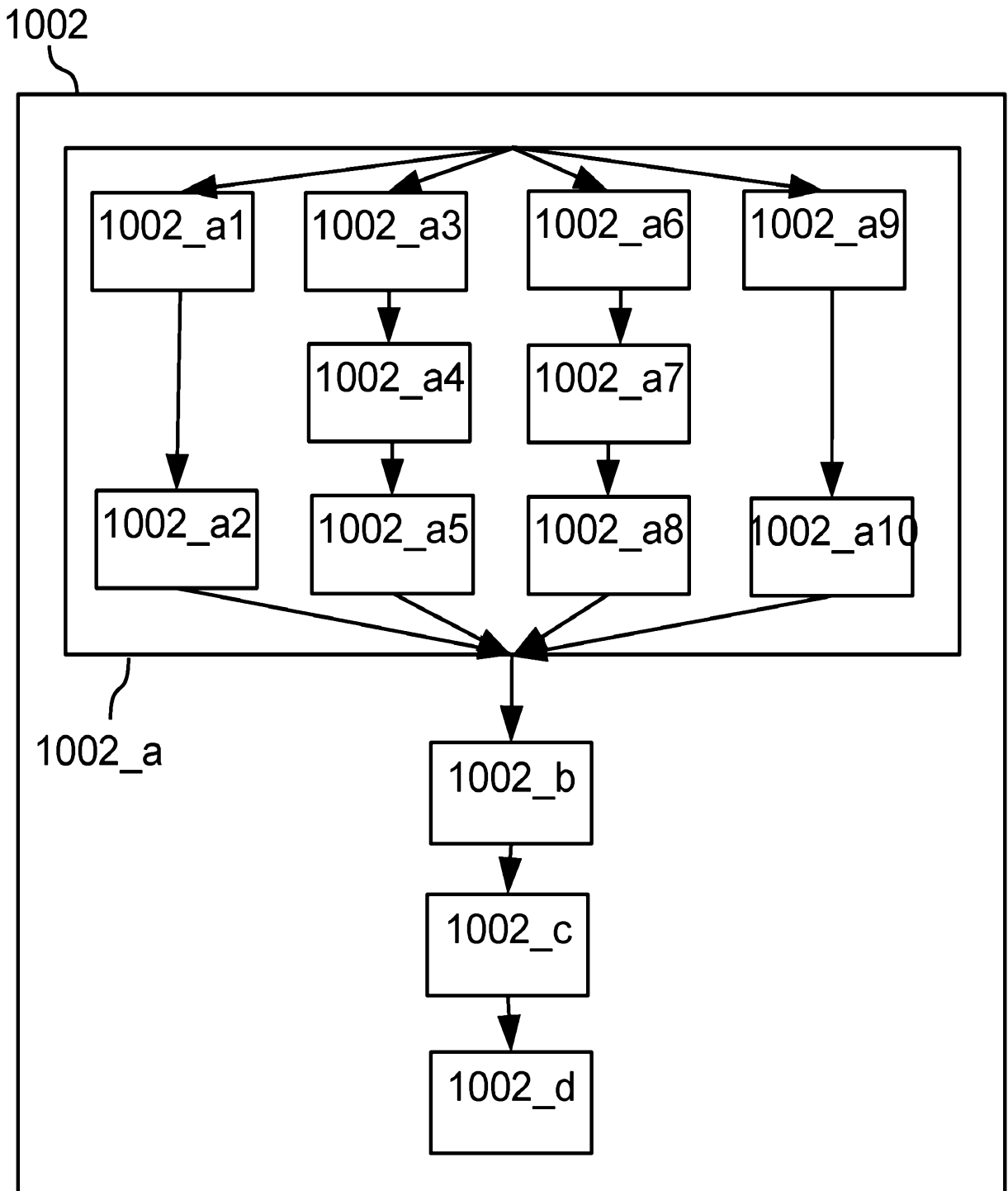


Fig.4

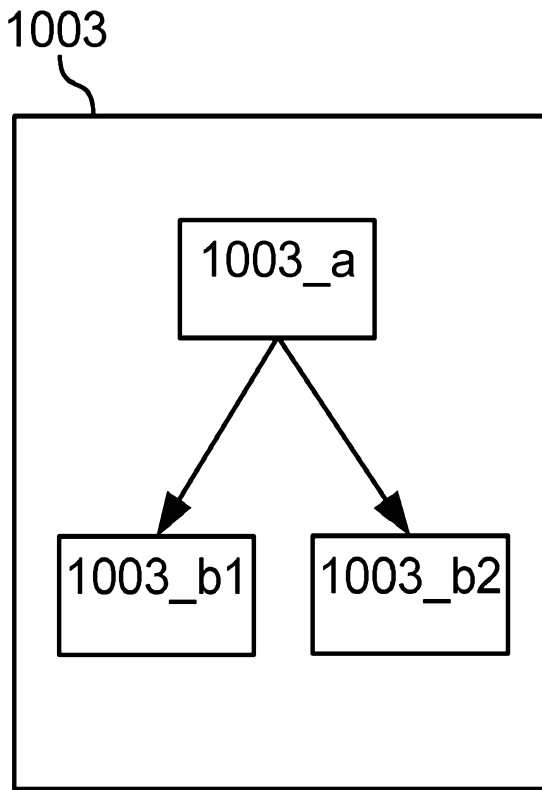


Fig.5

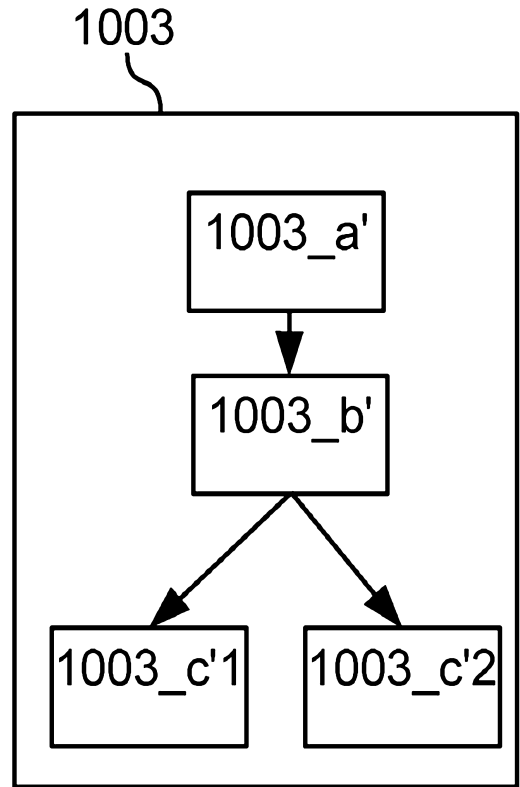


Fig.6

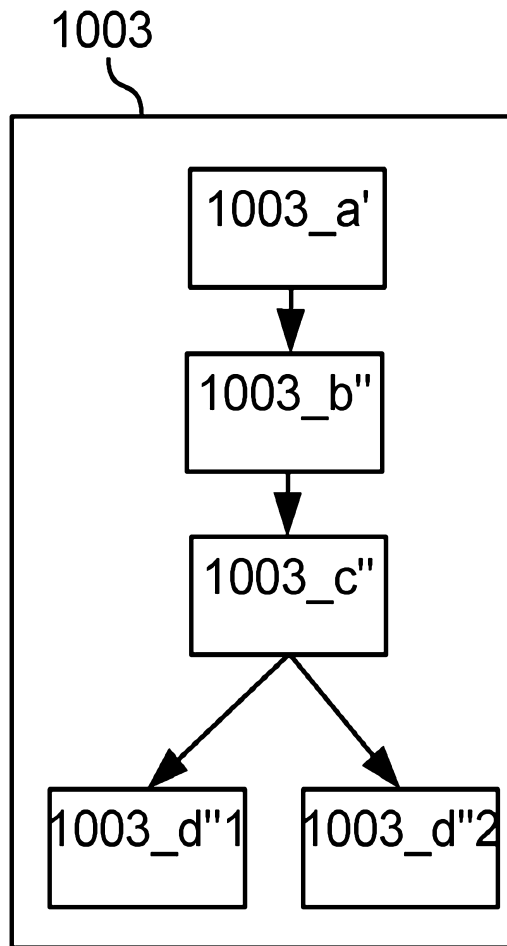


Fig.7

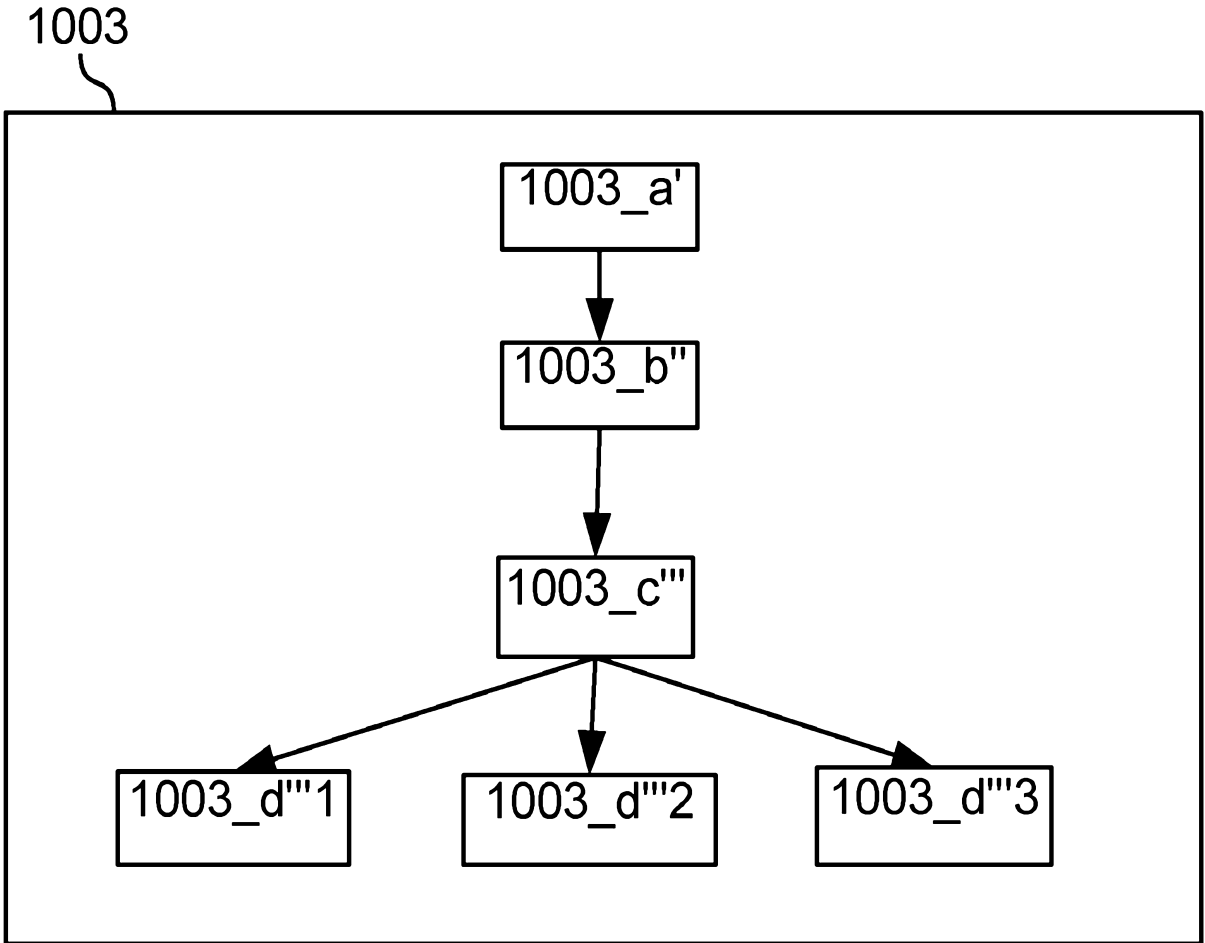


Fig.8

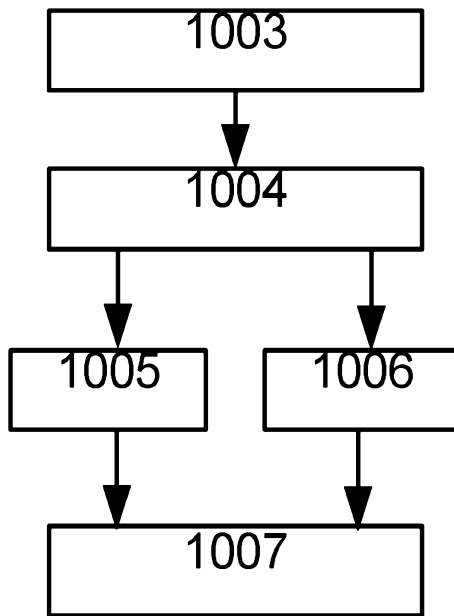


Fig.9

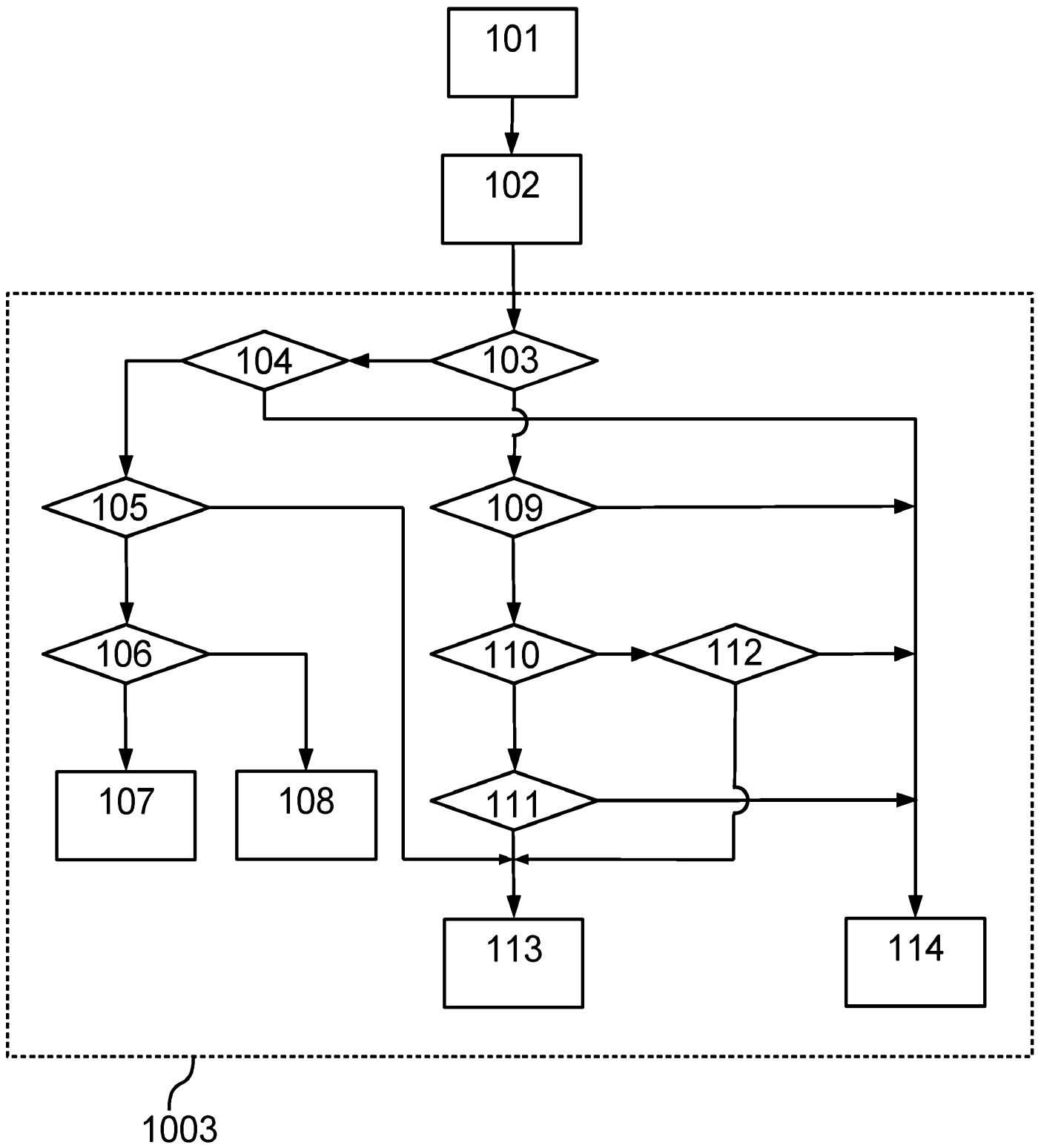


Fig.10

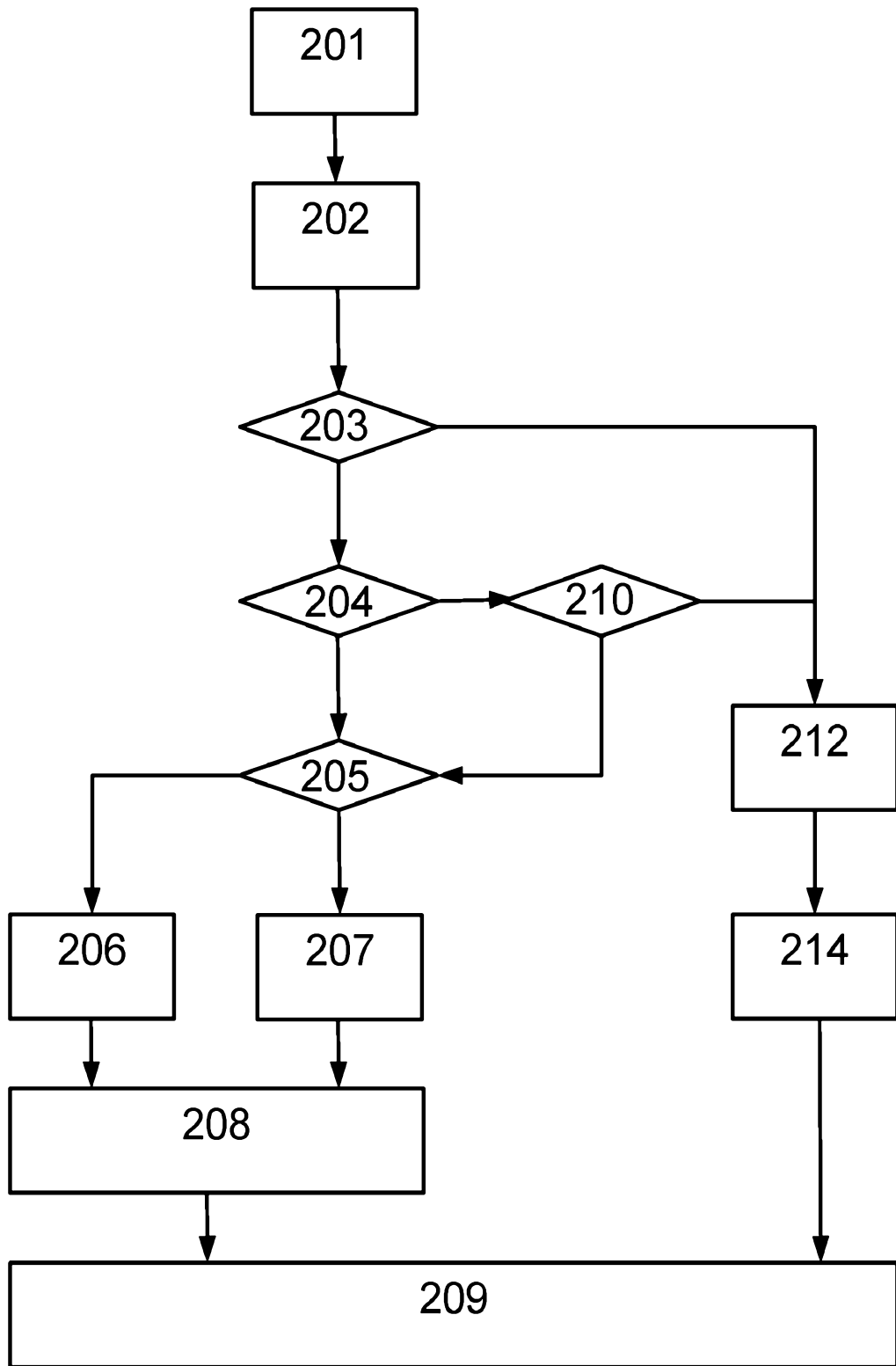


Fig.11

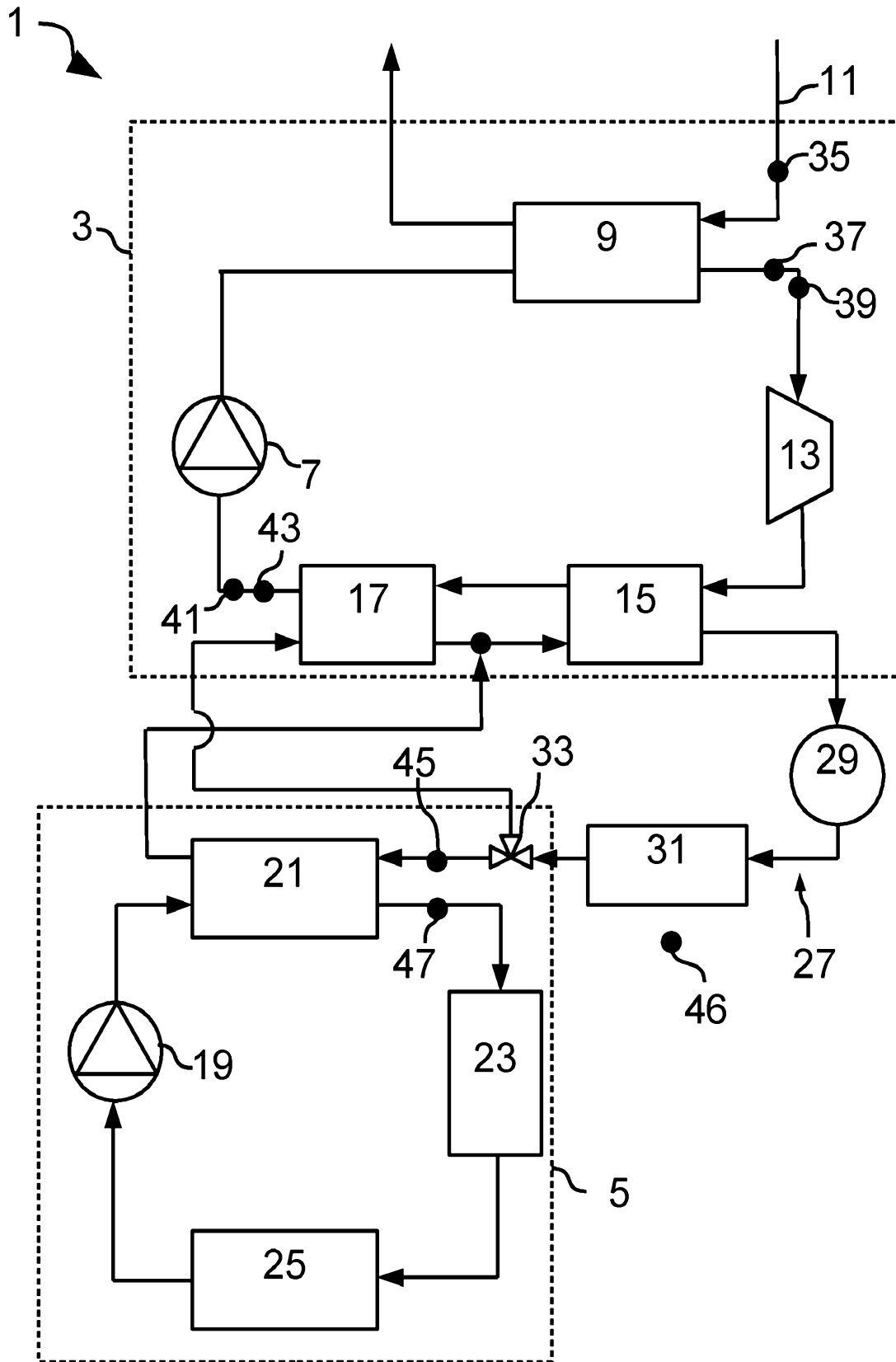


Figure d'abrégé

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

EP 2 236 803 A1 (SANDEN CORP [JP]) 6 octobre 2010 (2010-10-06)

JP 2013 044239 A (TOYOTA IND CORP) 4 mars 2013 (2013-03-04)

EP 2 522 844 A2 (TOYOTA JIDOSHOKKI KK [JP]) 14 novembre 2012 (2012-11-14)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT