

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①① N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 022 496

②① N° d'enregistrement national : **14 55658**

⑤① Int Cl⁸ : **B 60 K 6/42** (2013.01), **B 60 K 6/08**, **8/00**, **F 02 G 5/02**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 19.06.14.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 25.12.15 Bulletin 15/52.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥③ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : **RENAULT S.A.S Société par actions
simplifiée — FR.**

⑦② Inventeur(s) : **SHONDA OSOKO, XU SIMON et
KERETLI FAHRI.**

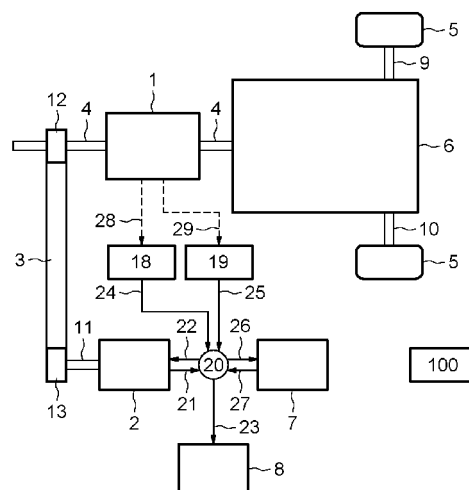
⑦③ Titulaire(s) : **RENAULT S.A.S Société par actions sim-
plifiée.**

⑦④ Mandataire(s) : **CASALONGA & ASSOCIES.**

⑤④ **SYSTEME DE PROPULSION POUR VEHICULE AUTOMOBILE HYBRIDE COMPRENANT DES MOYENS DE
RECUPERATION DE L'ENERGIE THERMIQUE PERDUE.**

⑤⑦ Ce système de propulsion pour véhicule automobile hybride comprend un moteur thermique (1) capable d'entraîner en rotation un vilebrequin (4), une machine électrique (2) destinée à être liée en rotation aux roues (5) du véhicule et capable de fonctionner selon un mode moteur et un mode générateur, une batterie (7) destinée à fournir de l'énergie électrique à la machine électrique (2) et à stocker l'énergie électrique provenant de la machine électrique (2) et un système de gestion de l'énergie embarquée (100).

En outre, il comprend au moins un générateur thermoélectrique (18, 19) destiné à être disposé en relation d'échange thermique avec au moins une source chaude (31, 38a) et apte à fournir de l'énergie électrique à la batterie (7) et à la machine électrique (2).



FR 3 022 496 - A1



**Système de propulsion pour véhicule automobile hybride
comprenant des moyens de récupération de l'énergie thermique
perdue**

5

La présente invention concerne le domaine des systèmes de propulsion pour véhicules automobiles, en particulier pour véhicules automobiles hybrides dotés d'un moteur thermique et d'un moteur électrique.

10

Les utilisateurs de véhicules automobiles sont aujourd'hui de plus en plus pénalisés par les limitations d'émissions de polluants et par la consommation de carburant de leur véhicule. Par exemple, certaines villes européennes appliquent aujourd'hui des « péages » afin de contraindre l'utilisateur à rouler dans certaines zones. Ces

15

« péages » peuvent être proportionnels aux émissions de polluants tels que le dioxyde de carbone.

Généralement, le rendement d'un système de propulsion de véhicule automobile doté d'un moteur à combustion interne, défini comme la fraction de l'énergie mécanique transmise aux roues motrices sur l'énergie chimique du carburant consommé, est de l'ordre de 33%. Deux tiers de l'énergie chimique du carburant sont par conséquent dissipés, dont une grande partie sous forme de chaleur évacuée à peu près en deux parts égales dans le liquide de refroidissement et dans les gaz d'échappement.

20

25

On parvient à améliorer ce rendement avec des systèmes de propulsion hybrides, par exemple du type comprenant un moteur thermique et un moteur électrique. Parmi ces systèmes de propulsion hybrides, on peut encore différencier plusieurs types de technologies.

30

Par exemple, on a représenté en figure 1 un exemple de système de propulsion selon la technologie « mild hybrid » avec un moteur thermique 1 et une machine électrique ou alternateur 2 dont l'arbre moteur est lié par une courroie 3 au vilebrequin 4 du moteur thermique 1. Le vilebrequin 4 du moteur thermique 1 est relié aux roues motrices 5 du véhicule au moyen d'une transmission

mécanique 6. Le système de propulsion comprend une batterie 7 de capacité plus importante que dans un système de propulsion non hybride. L'alternateur 2 est une machine électrique réversible pouvant respectivement :

- 5 - alimenter en énergie électrique la batterie électrique 7 et d'éventuels accessoires électriques 8 du véhicule (rôle d'un alternateur dans un véhicule classique),
- mettre en œuvre un freinage régénératif, autrement dit transformer en énergie électrique une partie de l'énergie cinétique du
- 10 véhicule lors d'une décélération,
- entraîner en rotation le vilebrequin 4 lors du démarrage du moteur thermique 1 (rôle d'un démarreur dans un véhicule classique), et
- assister le moteur thermique 1 lors de fortes accélérations
- 15 (rôle d'un moteur d'appoint).

 Lorsque la machine électrique 2 fonctionne comme un alternateur ou en freinage régénératif, elle fournit de l'énergie aux accessoires 8 et à la batterie électrique 7, comme cela est représenté symboliquement par les flèches respectives 14 et 15. Lorsqu'elle

20 fonctionne comme un démarreur ou un moteur d'appoint, une alimentation électrique par la batterie électrique 7 est nécessaire, symboliquement représentée par la flèche 16. Une alimentation électrique des accessoires 8 par la batterie électrique 7 peut également être nécessaire, représentée par la flèche 17.

25 Ce système de propulsion comprend en outre des moyens pour transmettre de l'énergie mécanique entre le moteur thermique 1, la machine électrique 2, et les roues motrices 5. Ainsi la courroie 3 liant le vilebrequin 4 à l'arbre moteur 11 de la machine électrique 2 est maintenue en place par deux galets 12 et 13. Deux demi-arbres 9 et 10

30 permettent de répartir l'énergie mécanique en sortie de la transmission 6 et de la distribuer aux roues motrices 5.

 Un tel système de propulsion permet un gain de consommation de l'ordre de 15% en conduite urbaine. Par contre, il ne présente pas de réel avantage en vitesse stabilisée, surtout à haute vitesse, étant

donné que la capacité de la batterie 7, bien que plus importante que dans un véhicule non hybride, n'est pas suffisante pour assister le moteur thermique 1 de façon continue.

5 Par ailleurs, un tel système comporte toujours un moteur thermique et présente donc toujours d'importantes pertes d'énergie sous la forme de chaleur.

10 Certains véhicules automobiles sont dotés de générateurs thermoélectriques capables de récupérer de l'énergie thermique pour la transformer en énergie électrique. De tels générateurs se basent sur différentes technologies. Les plus aboutis sont des générateurs thermoélectriques à boucle de Rankine ou à effet Seebeck.

15 Un générateur à boucle de Rankine est un système qui a pour but de convertir de la chaleur en travail mécanique puis en électricité à l'aide d'une génératrice. Ce générateur comprend un circuit dans lequel on fait circuler un fluide de travail au moyen d'une pompe. Des échangeurs de chaleur sont disposés au niveau d'une source chaude permettant de vaporiser le fluide de travail. Ce dernier est détendu dans une machine de détente couplée à une génératrice. Le circuit comprend aussi un échangeur de chaleur au niveau d'une source froide
20 afin de condenser le fluide de travail.

On connaît également des générateurs thermoélectriques à effet Seebeck. On place au moins un plot thermoélectrique entre une source chaude et une source froide. La différence de température appliquée aux plots thermoélectriques permet la production d'électricité.

25 De tels générateurs permettent donc tous deux de créer de l'électricité à partir d'une source chaude et d'une source froide. On peut donc les incorporer dans un véhicule automobile afin de recycler l'énergie perdue sous la forme de chaleur. On peut en particulier utiliser comme source chaude le flux de gaz d'échappement en sortie
30 du moteur ou le liquide de refroidissement du moteur thermique en amont du radiateur et comme source froide l'air extérieur ou le liquide de refroidissement du moteur thermique en aval du radiateur.

La puissance électrique pouvant être générée par le générateur thermoélectrique dépend du flux et de la température des gaz

d'échappement ou du liquide de refroidissement. En conséquence, la puissance électrique générée peut être maximale lorsque la puissance mécanique délivrée par le moteur thermique est importante, comme lors de fortes accélérations ou en roulage à haute vitesse (autoroute).

5 A titre d'exemple, pour un véhicule de milieu de gamme doté d'un générateur de type Rankine en roulage à haute vitesse, on peut imaginer générer une puissance électrique de l'ordre de plusieurs kilowatts.

10 Le document FR 0950230 divulgue un véhicule automobile doté d'un moteur thermique, d'un alternateur et d'un générateur thermoélectrique. Le générateur thermoélectrique est capable de fournir de l'énergie électrique à partir de la chaleur perdue par le moteur. L'énergie est donc générée de façon variable, sensiblement proportionnelles Comme dans un véhicule classique, l'alternateur sert
15 à fournir de l'énergie électrique aux accessoires électriques du véhicule en prélevant de l'énergie mécanique sur le vilebrequin du moteur thermique. Ainsi, lorsque l'alternateur est en fonctionnement, on consomme plus de carburant. Dans le véhicule, l'alternateur du document FR 0950230 est piloté de telle sorte qu'il ne produise pas de
20 puissance électrique lorsque le générateur thermoélectrique est en mesure de subvenir à la consommation électrique des accessoires du véhicule. Dans ce cas, on ne prélève pas de puissance sur le vilebrequin du moteur thermique, ce qui améliore le rendement du système de propulsion.

25 Cependant, les accessoires électriques d'un véhicule de milieu de gamme consomment une puissance électrique de l'ordre d'une centaine de watts, donc nettement inférieure à la puissance pouvant être générée par un générateur thermoélectrique de type Rankine sur autoroute. Une part importante de cette énergie générée est donc
30 perdue.

Le document US 2008-0 110 171 A1 propose d'ajouter un accumulateur hydraulique afin de stocker une partie de cette énergie électrique. Toutefois, la capacité d'un tel accumulateur est limitée par des contraintes de pression et d'encombrement.

Au vu de ce qui précède, le but de l'invention est d'améliorer le rendement d'un système de propulsion d'un véhicule automobile hybride.

5 Selon un premier aspect, l'invention concerne un système de propulsion pour véhicule automobile hybride. Le système de propulsion comprend un moteur thermique capable d'entraîner en rotation un vilebrequin, une machine électrique destinée à être liée en rotation aux roues du véhicule et capable de fonctionner selon un mode moteur et un mode générateur, une batterie destinée à fournir de l'énergie électrique à la machine électrique et à stocker l'énergie électrique provenant de la machine électrique et un système de gestion de l'énergie embarquée. Le système de propulsion comprend en outre au moins un générateur thermoélectrique destiné à être disposé en relation d'échange thermique avec au moins une source chaude et apte à fournir de l'énergie électrique à la batterie et à la machine électrique.

De cette manière, la machine électrique peut fonctionner en mode générateur pour produire de l'électricité à partir du mouvement du vilebrequin et alimenter la batterie et d'éventuels accessoires électriques du véhicule hybride. La machine électrique peut également fonctionner comme un moteur électrique, transformant de l'énergie électrique en énergie mécanique transmise aux roues motrices du véhicule en plus ou en remplacement de l'énergie mécanique générée par le moteur thermique. La machine électrique peut donc jouer le rôle de l'alternateur ou du moteur électrique d'un véhicule hybride. La batterie est un réservoir d'énergie pour la machine électrique et les éventuels accessoires électriques du véhicule. Le générateur thermoélectrique est un moyen pour récupérer une partie de l'énergie perdue sous la forme de chaleur afin de la transformer en énergie électrique. A l'aide du système de gestion de l'énergie embarquée, cette énergie électrique peut être distribuée à la machine électrique pour pouvoir exercer un couple moteur sur les roues motrices du véhicule. L'énergie perdue sous forme de chaleur et récupérée par le générateur thermoélectrique est donc distribuée de façon plus efficace.

En particulier, lors d'une phase d'accélération, la quantité d'énergie électrique générée par le générateur thermoélectrique est grande, comme l'est le besoin d'énergie électrique par la machine électrique qui fonctionne comme un moteur d'appoint. Le système de gestion de l'énergie embarquée apporte une meilleure corrélation entre la demande d'énergie et l'énergie rendue disponible, ce qui améliore l'efficacité. Il en résulte une amélioration du rendement énergétique du véhicule automobile.

Avantageusement, le système de gestion de l'énergie embarquée comprend des moyens matériels et logiciels pour mesurer au moins un paramètre choisi parmi le mode de fonctionnement du véhicule, la charge du moteur thermique, l'énergie consommée par les accessoires électriques du véhicule hybride et l'énergie produite par ledit générateur thermoélectrique et des moyens pour commander le mode de fonctionnement de la machine électrique et le mode d'alimentation électrique de la batterie, de la machine électrique et des accessoires électriques du véhicule hybrides.

Le système de propulsion est adapté à différents types de véhicules automobiles hybrides. Dans une première variante, la machine électrique est directement connectée à la chaîne de transmission. Cette variante est particulièrement adaptée à un véhicule à système de propulsion « full hybrid ». En effet, une caractéristique particulière d'un système de propulsion « full hybrid » est le fait que, la machine électrique puisse entraîner les roues motrices du véhicule lorsque le moteur thermique est à l'arrêt. Dans une seconde variante, la machine électrique est reliée par une courroie au vilebrequin. Cette variante est adaptée à un système de propulsion selon la technologie « mild hybrid » dans laquelle une machine électrique assure les fonctions d'un alternateur, d'un moyen de freinage régénératif, d'un démarreur et d'un moyen de propulsion du véhicule.

Dans un mode de réalisation, ledit au moins un générateur thermoélectrique comprend un circuit avec une boucle de Rankine doté d'une pompe capable de faire circuler un fluide de travail, un évaporateur disposé au niveau de ladite au moins une source chaude,

une machine de détente et un condenseur au niveau de ladite au moins une source froide.

On peut également prévoir que ledit au moins un générateur thermoélectrique comprend un dispositif à effet Seebeck comprenant
5 un matériau thermoélectrique disposé entre ladite au moins une source chaude et une source froide.

Il est nécessaire que chaque générateur thermoélectrique soit disposé en relation d'échange thermique avec une source chaude. Dans une première variante, ladite au moins une source chaude comprend le
10 liquide de refroidissement du moteur thermique du véhicule. Dans une seconde variante, ladite au moins une source chaude comprend le flux de gaz d'échappement du moteur thermique du véhicule.

L'invention concerne également, selon un deuxième aspect, un procédé de gestion des transferts d'énergie pour un système de
15 propulsion tel que celui décrit précédemment. Ce procédé comprend une première phase pour déterminer un ensemble de critères concernant le fonctionnement du véhicule et une deuxième phase de choix du mode de motricité du véhicule et du mode d'alimentation de la machine électrique, de la batterie et des accessoires électriques du
20 véhicule hybride.

Un tel procédé permet une récupération d'une partie de l'énergie qui a été perdue par le moteur thermique sous forme de chaleur, sa transformation en énergie électrique et une utilisation optimale de cette énergie électrique.

25 Dans un mode de mise en œuvre, l'ensemble des critères concernant le fonctionnement du véhicule comprend l'énergie délivrée par le générateur thermoélectrique et l'énergie consommée par les accessoires électriques du véhicule hybride.

Ces deux informations, analysées conjointement, permettent de
30 répartir efficacement l'énergie électrique entre la batterie, la machine électrique, le générateur thermoélectrique et d'éventuels accessoires électriques du véhicule.

D'autres caractéristiques de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée de quelques modes de réalisation

pris à titre d'exemples non limitatifs et illustrés par les dessins annexés sur lesquels :

5 - la figure 1, qui a déjà été décrite, illustre un exemple de système de propulsion d'un véhicule selon la technologie déjà connue sous le nom « mild hybrid »,

 - la figure 2 illustre un exemple de système de propulsion d'un véhicule selon un mode de réalisation de l'invention,

10 - la figure 3 est un schéma de principe du fonctionnement d'un des deux générateurs thermoélectriques du mode de réalisation de la figure 2,

 - la figure 4a est un schéma de principe du fonctionnement de l'autre générateur thermoélectrique du mode de réalisation de la figure 2,

15 - la figure 4b illustre une variante du schéma de principe de la figure 4a,

 - la figure 5 illustre un procédé de gestion des transferts d'énergie pouvant être mis en œuvre au moyen d'un système de propulsion selon le mode de réalisation de la figure 2, et

20 - les figures 6 à 9 illustrent schématiquement divers types de transferts d'énergie mis en œuvre dans le procédé de la figure 5.

25 La figure 2 illustre un mode de réalisation d'un système de propulsion selon l'invention. Ce mode de réalisation est dérivé d'un système de propulsion selon la technologie dite « mild hybrid » tel que représenté sur la figure 1 et décrit en partie dans le préambule de ce document. Les éléments identiques des systèmes de propulsion représentés sur les figures 1 et 2 ont les mêmes références.

30 Le système de propulsion de la figure 2 se différencie de celui de la figure 1 par l'ajout de deux générateurs thermoélectriques 18 et 19, chacun des générateurs étant en relation d'échange thermique avec une source chaude. Un générateur thermoélectrique est un dispositif capable de générer de l'énergie électrique à partir d'une différence de température. Le premier générateur 18 est un générateur thermoélectrique à boucle de Rankine. Le deuxième générateur 19 est un générateur thermoélectrique à effet Seebeck.

On a représenté le générateur thermoélectrique 18 sur la figure 3. Le carter 30 du moteur thermique 1 est représenté ainsi que le conduit d'échappement 31 contenant les gaz d'échappement issus de la combustion dans les cylindres. Le générateur thermoélectrique 18 comprend une boucle 32 dans laquelle circule un fluide de travail entraîné par une pompe 33. Sur la boucle 32 sont également disposés un évaporateur 34 en relation d'échange thermique avec le conduit d'échappement 31, une machine de détente 35 couplée à une génératrice 36 et un condenseur 37 couplé à une source froide, en l'espèce l'air ambiant. Toutefois, on peut, sans sortir du cadre de l'invention, envisager tout autre type de source froide, par exemple une partie froide du circuit de refroidissement du moteur thermique 1.

De cette manière, le fluide de travail entraîné dans la boucle de Rankine 32 est vaporisé au niveau de l'évaporateur 34, puis détendu dans la machine de détente 35. Cela fait tourner le rotor de la génératrice 36 et génère de l'énergie électrique. Le fluide de travail est ensuite condensé dans le condenseur 37 pour être réutilisé dans la boucle de Rankine.

L'évaporateur 34 est disposé en relation d'échange thermique avec le conduit d'échappement 31. Ainsi, au moyen d'un tel générateur thermoélectrique tel que celui-ci, on peut prélever une partie de l'énergie perdue par le moteur thermique 1 sous forme de chaleur dans les gaz d'échappement du conduit 31 pour générer de l'énergie électrique.

Le générateur thermoélectrique 19 est représenté sur la figure 4a. Le carter 30 du moteur thermique 1 est représenté et traversé par le circuit de refroidissement 38 du moteur thermique 1. Le circuit de refroidissement 38 est constitué d'une conduite formant une boucle, passant à proximité des cylindres du moteur 1 et sur laquelle sont montés une pompe 39 et un radiateur 40. Un liquide de refroidissement circule dans le circuit de refroidissement 38 et est entraîné par la pompe 39. Celui-ci prélève donc de la chaleur dans le carter 30 puis traverse le radiateur 40 où il évacue une grande partie de la chaleur prélevée. Le circuit de refroidissement peut donc être décomposé en

une partie chaude 38a, entre la chambre de combustion 30 et le radiateur 40 et une partie froide 38b, entre le radiateur 40 et la chambre de combustion 30.

5 Le générateur thermoélectrique 19 comprend une source chaude 41 en l'espèce d'un échangeur monté sur la partie chaude 38a du circuit de refroidissement et une source froide 42, en l'espèce d'un échangeur disposé sur la partie froide 38b du circuit de refroidissement. Un ensemble de plots thermoélectriques 43 sont disposés entre la source chaude 41 et la source froide 42.

10 On peut, sans sortir du cadre de l'invention, disposer la source froide 42 au contact de l'air ambiant, tel que cela est représenté sur la figure 4b. Sur cette figure, le générateur thermoélectrique est disposé de telle sorte que sa source chaude 41 est montée sur la partie chaude 38a du circuit de refroidissement, sa source froide 42 étant montée sur
15 une conduite 38c dans lequel s'écoule de l'air provenant de l'extérieur du véhicule.

Les plots thermoélectriques sont fabriqués en un matériau tel que la différence de température entre ses deux extrémités génère de l'énergie électrique. Cet effet bien connu de l'état de la technique est
20 appelé effet Seebeck. Ainsi, au moyen d'un tel générateur thermoélectrique, on peut prélever une partie de l'énergie perdue par le moteur thermique 1 sous forme de chaleur dans le liquide de refroidissement pour générer de l'énergie électrique.

L'énergie électrique générée par les générateurs 18 (figure 3) et 19 (figure 4a) peut alors être utilisée pour alimenter la machine
25 électrique 2 lorsque celle-ci fonctionne en mode moteur, les accessoires électriques 8 du véhicule hybride, ou pour charger la batterie électrique 7. De la même façon que sur la figure 1, on a représenté schématiquement sur la figure 2 les transferts d'énergie entre différents éléments du système de propulsion.
30

Comme dans le système de propulsion de la figure 1, de l'énergie mécanique est échangée entre le moteur thermique 1, la machine électrique 2 et les roues motrices 5. Ces échanges se font au

moyen de la courroie 3, du vilebrequin 4, de la transmission 6, des demi-arbres 9 et 10, de l'arbre moteur 11 et des galets 12 et 13.

Le système de propulsion de la figure 2 se différencie de celui de la figure 1 par l'ajout de deux générateurs. Il y a donc davantage d'échanges d'énergie électrique. Ceux-ci sont représentés par des flèches continues autour d'un point central de connexion 20. Ainsi on voit que la machine électrique 2 est capable de fonctionner comme une génératrice qui émet de l'énergie électrique (flèche 21) ou comme un moteur consommant de l'énergie électrique (flèche 22). Les accessoires électriques 8 ne peuvent que consommer de l'énergie électrique (flèche 23). Les générateurs thermoélectriques ne peuvent que générer du courant électrique (flèches 24 et 25). L'énergie générée par la machine électrique 2 et les générateurs thermoélectriques 18 et 19 n'est pas forcément égale à celle consommée par la machine électrique 2 et les accessoires électriques 8. C'est donc le rôle de la batterie électrique 7 d'assurer le stockage de l'énergie électrique produite en surplus (flèche 26) et le déstockage de l'énergie électrique manquante (flèche 27).

On a symbolisé par des flèches pointillées les échanges d'énergie thermique. Ainsi la flèche 28 symbolise le transfert d'énergie thermique du moteur thermique 1 au générateur thermoélectrique à cycle de Rankine 18. En l'espèce, la flèche 28 symbolise un transfert de chaleur du conduit d'échappement 31 du moteur 1 au fluide de travail contenu dans le circuit 32 de la boucle de Rankine. La flèche 29 symbolise le transfert d'énergie thermique du moteur thermique 1 au générateur thermoélectrique à effet Seebeck 19. En l'espèce, la flèche 29 symbolise un transfert de chaleur de la partie chaude 38a du circuit de refroidissement du moteur thermique à une extrémité des plots thermoélectriques 43.

Par ailleurs, le système de propulsion comprend un système de gestion de l'énergie embarquée 100. Le système de gestion 100 est doté des moyens matériels et logiciels pour recueillir des informations émises par des éléments du système de propulsion.

Ainsi dans cet exemple, le système de gestion 100 traite les informations suivantes :

- la consommation d'énergie électrique par les accessoires électriques 8,
- 5 - la vitesse de rotation et le couple délivré par le moteur thermique 1,
- la température des gaz d'échappement juste en amont de l'échangeur 34,
- la température du liquide de refroidissement du moteur
- 10 thermique 1 juste en amont de l'échangeur 41, et
- le niveau de charge de la batterie 7.

Pour recueillir ces informations, le système de gestion pourra comprendre des moyens de mesure tels que des thermomètres, un tachymètre, un dynamomètre... qui n'ont pas été représentés sur les

15 figures car sortant du cadre de l'invention.

Le système de gestion est conçu pour interpréter ces informations de manière à déterminer :

- le mode de fonctionnement du véhicule, en particulier déterminer si celui-ci est en phase d'accélération, de décélération ou
- 20 de vitesse sensiblement constante,
- la charge du moteur thermique 1,
- la puissance électrique générée par les deux générateurs thermoélectriques 18 et 19, et
- la puissance électrique consommée par les accessoires
- 25 électriques 8.

Dans cet exemple, le système de gestion 100 utilise ces quatre critères pour déterminer si la machine électrique 2 doit fonctionner comme une génératrice ou comme un moteur. Dans le cas où la machine électrique 2 doit fonctionner comme un moteur, le système de

30 gestion 100 est capable de commander la puissance électrique devant être délivrée à ses bornes ainsi que le couple et la vitesse de rotation qu'elle doit délivrer.

Ainsi, en référence à la figure 2, le système de gestion de l'énergie électrique est conçu pour contrôler les échanges d'énergie

électrique représentés schématiquement par les flèches 21, 22, 23, 24, 25, 26 et 27 autour du point de connexion 20.

On a représenté sur la figure 5 un procédé de gestion des transferts d'énergie au moyen d'un système de propulsion pour véhicule hybride, tel que décrit précédemment en référence aux figures 2 à 4b et comprenant un système de gestion de l'énergie embarquée 100.

Le procédé de gestion des transferts d'énergie comprend une première phase 50 pour déterminer un ensemble de critères concernant le fonctionnement du véhicule et une deuxième phase 51 de choix du mode de motricité du véhicule et du mode d'alimentation de la machine électrique, de la batterie et du groupe d'accessoires électriques.

La première phase 50 comprend une première étape 52 au cours de laquelle le système de gestion de l'énergie embarquée recueille des informations concernant le fonctionnement du véhicule. Pour rappel, le système de gestion de l'énergie embarquée recueille des signaux concernant :

- la puissance électrique consommée par les accessoires électriques,
- la vitesse de rotation et le couple délivré par le moteur thermique,
- la température des gaz d'échappement juste en amont de l'échangeur,
- la température du liquide de refroidissement du moteur thermique juste en amont de l'échangeur, et
- le niveau de charge de la batterie.

Au cours d'une seconde étape 53, le système de gestion de l'énergie embarquée traite les signaux recueillis lors de la première étape 52. En traitant ces informations, le système de gestion détermine des critères pour choisir les instructions qui doivent être envoyées aux éléments du système de propulsion du véhicule. Au cours de l'étape 53, le système de gestion traite les informations recueillies lors de l'étape 52 pour déterminer :

- le mode de fonctionnement du véhicule, c'est à dire si celui-ci est en phase d'accélération, de décélération ou de vitesse sensiblement constante,

- la charge du moteur thermique,
- 5 - l'énergie électrique produite par les deux générateurs thermoélectriques, et
- l'énergie électrique consommée par les accessoires électriques.

Une fois les critères calculés, on commence la deuxième phase
 10 51 par une première étape de test 54. Au cours de cette étape, on contrôle le mode de fonctionnement du véhicule, en d'autres termes s'il fonctionne en accélération, décélération ou vitesse sensiblement constante. Si le véhicule fonctionne en accélération, on applique une étape 56 qui sera expliquée en référence à la figure 6. Si le véhicule
 15 est en décélération, on applique une étape 57 qui sera expliquée en référence à la figure 7. Si le véhicule fonctionne à vitesse sensiblement constante, on applique une seconde étape de test 55, au cours de laquelle on contrôle la charge du moteur thermique. Si celle-ci est supérieure à une valeur de charge de référence, on applique une
 20 étape 58 qui sera expliquée en référence à la figure 8. Dans le cas contraire, on applique une étape 59 qui sera expliquée en référence à la figure 9.

Dans ce procédé, la charge de référence est prédéterminée comme la charge du moteur thermique minimale à partir de laquelle la
 25 puissance électrique générée par les générateurs thermoélectriques 18 et 19 est égale à la puissance électrique consommée par les accessoires 8 à un certain instant. En effet, la puissance électrique générée par les générateurs thermoélectriques dépend de la chaleur perdue par le moteur thermique 1 et donc de sa charge. Il est donc possible pour une
 30 puissance électrique consommée par les accessoires donnés de déterminer la valeur de référence de charge du moteur thermique.

Les figures 6 à 9 sont des représentations schématiques des échanges d'énergie ayant lieu entre différents éléments du système de propulsion des figures 2 à 4b respectivement lors de la mise en œuvre

des étapes 56 à 59 du procédé de la figure 5. Dans les figures 6 à 9, on a représenté schématiquement les éléments entre lesquels ont lieu ces échanges sous la forme de blocs en leur attribuant de nouvelles références.

5 Ainsi ont été représentées sur les figures 6 à 9 les roues motrices 61, le moteur thermique 62, la machine électrique 63, l'ensemble des deux générateurs thermoélectriques 64, la batterie électrique 65 et les accessoires électriques 66.

10 Dans les figures 6 à 9, les transferts d'énergie mécanique sont représentés par une flèche épaisse provenant de l'actionneur. Les transferts d'énergie thermique sont représentés par une flèche fine provenant de la source chaude. Les transferts d'énergie électrique sont représentés par une flèche pointillée provenant de l'élément générateur ou dirigée vers l'élément consommateur.

15 La figure 6 représente schématiquement les échanges d'énergie ayant lieu lors de l'étape 56. Pour rappel, cette étape est mise en œuvre lorsque le véhicule est en cours d'accélération. Dans ce cas de figure, le système de gestion de l'énergie embarquée fait fonctionner la machine électrique comme un moteur d'appoint.

20 Il y a donc transfert d'énergie mécanique de la machine électrique 63 au moteur thermique 62 (flèche 71) et du moteur thermique 62 aux roues motrices 61 (flèche 72). La machine électrique 63 nécessite de l'énergie électrique (flèche 73), comme les accessoires électriques 66 (flèche 74). Par ailleurs, la charge du moteur thermique 25 62 étant importante, il y a un important dégagement de chaleur et donc transfert d'énergie thermique du moteur thermique 62 aux générateurs thermoélectriques 64 (flèche 75). En conséquence, les générateurs thermoélectriques 64 génèrent de l'énergie électrique (flèche 76). La machine électrique ayant besoin d'une forte puissance électrique, la 30 batterie électrique 65 déstocke de l'énergie électrique (flèche 77), en quantité suffisante pour que les flux nets de puissance électrique entre les éléments 63 à 65 soient équilibrés.

Par ce schéma, le moteur thermique 62 est assisté par la machine électrique 63 à un moment où il en a besoin. Il en résulte une

baisse de la consommation de carburant par rapport à un véhicule doté d'un moteur thermique seul. Par ailleurs, la production de puissance électrique par les générateurs thermoélectriques 64 est importante, ce qui permet d'assister davantage le moteur thermique 62 sans faire pour

5

autant déstocker davantage la batterie 65. La consommation de carburant peut donc encore être abaissée par rapport à un véhicule hybride où la machine électrique serait alimentée par la batterie électrique seule.

10

La figure 7 représente schématiquement les transferts d'énergie ayant lieu lors de l'étape 57. On rappelle que lors de la mise en œuvre de cette étape, le véhicule est en décélération. Dans ce cas, le système de gestion de l'énergie embarquée fait fonctionner la machine électrique selon le mode générateur afin de mettre en œuvre un freinage régénératif.

15

Il y a donc transfert d'énergie mécanique des roues motrices 61 à la machine électrique 63, en passant par le moteur thermique 62 (flèches 78 et 79). Le moteur thermique 62 ne travaille pas, on considère donc qu'il n'y a sensiblement pas de transfert d'énergie thermique vers les générateurs thermoélectriques 64. La machine électrique 63 génère une forte quantité d'énergie électrique (flèche 80). Une petite partie de celle-ci est distribuée aux accessoires électriques 66 (flèche 81), le reste étant envoyé à la batterie 65 pour être stocké (flèche 82).

20

25

La figure 8 représente schématiquement les transferts d'énergie ayant lieu lors de l'étape 58, c'est-à-dire lorsque le véhicule fonctionne à vitesse sensiblement constante et que la charge du moteur est supérieure à la charge de référence. Pour rappel, la charge de référence est la valeur de charge moteur minimale à partir de laquelle la puissance électrique générée par les générateurs thermoélectriques est égale à la puissance électrique consommée par les accessoires électriques. Dans ce cas, le système de gestion de l'énergie embarquée fait fonctionner la machine électrique 63 selon le mode moteur pour fournir au moteur thermique 62 une aide à la traction.

30

Il en résulte un transfert d'énergie mécanique de la machine électrique 63 au moteur thermique 62 (flèche 83) et du moteur thermique 62 aux roues motrices 61 (flèche 84). Le moteur thermique 62 dégage de l'énergie thermique communiquée aux générateurs thermoélectriques 64 (flèche 85). En raison de la charge moteur importante, les générateurs thermoélectriques 64 génèrent une quantité d'énergie électrique (flèche 86) supérieure ou égale à l'énergie électrique consommée par les accessoires 66 (flèche 87). La batterie 65 ne délivre donc pas d'énergie électrique et l'éventuel surplus d'énergie électrique provenant des générateurs thermoélectriques 64 est envoyé à la machine électrique 63 (flèche 88).

On voit donc qu'un tel procédé permet de faire fonctionner la machine électrique en mode moteur alors que dans un véhicule hybride traditionnel, celle-ci aurait fonctionné comme un alternateur. Finalement, la machine électrique peut plus souvent assister le moteur thermique, ce qui permet de diminuer la consommation et les émissions de polluants.

Enfin, on a représenté schématiquement sur la figure 9 les transferts d'énergie ayant lieu lors de l'étape 59, c'est-à-dire lorsque le véhicule fonctionne à vitesse sensiblement constante et que la charge du moteur est inférieure à la valeur de référence spécifiée précédemment. Dans ce cas, la machine électrique 63 fonctionne selon le mode générateur pour jouer le rôle d'un alternateur classique.

On a donc un transfert d'énergie mécanique du moteur thermique 62 aux roues motrices 61 (flèche 89). Dans le sens opposé, il y a transfert d'énergie mécanique du moteur thermique 62 à la machine électrique 63 (flèche 90). Le moteur thermique 62 dégage toujours de l'énergie thermique communiquée aux générateurs thermoélectriques 64 (flèche 91), mais en quantité plus faible que lors de la mise en œuvre de l'étape 58. Les générateurs thermoélectriques 64 génèrent donc toujours une quantité d'énergie électrique (flèche 92) mais qui est inférieure à l'énergie électrique consommée par les accessoires 66 (flèche 93). La machine électrique 63 est forcée à fonctionner en mode générateur de telle sorte qu'elle fournisse (flèche

94) la quantité d'énergie électrique manquante pour alimenter les accessoires électriques 66. Le système de gestion de l'énergie embarquée est en outre en mesure de contrôler le point de fonctionnement de la génératrice 63 de manière à ce que les flux nets de puissance électrique entre les éléments 63 à 65 soient équilibrés. De cette manière, la batterie électrique 65 n'est pas sollicitée.

Ainsi un tel procédé appliqué à un système de propulsion tel que celui de la figure 2 permet d'améliorer le rendement global du véhicule, par rapport aux véhicules connus de l'état de la technique présentés en partie introductive. En particulier, l'énergie perdue par le moteur thermique sous la forme de chaleur est récupérée et réutilisée plus efficacement qu'avec un véhicule tel que décrit dans le document FR 09-50230. En effet, dans un tel véhicule, la consommation d'énergie électrique par les accessoires est d'un autre ordre de grandeur par rapport à la production d'électricité par le générateur thermoélectrique, ce qui implique d'importants gaspillages d'énergie.

En outre, un tel procédé appliqué à un système de propulsion permet, chaque fois que cela est possible, d'utiliser immédiatement la puissance électrique produite par les générateurs thermoélectriques. Cela permet de réduire au strict minimum les stockages ou déstockages de la puissance électrique produite par les générateurs thermoélectriques dans la batterie, et donc d'éviter les pertes inhérentes au stockage ou au déstockage. Un tel procédé permet également d'éviter la saturation en charge de la batterie, ce qui aurait pour conséquence l'arrêt des générateurs thermoélectriques et le gaspillage de l'énergie thermique disponible.

Bien que l'exemple décrit dans ce document soit dérivé d'un système de propulsion « mil hybrid », on peut tout à fait sans sortir du cadre de l'invention envisager un mode de réalisation à partir d'un système de propulsion « full hybrid ». Dans ce type de véhicule la machine électrique peut directement se connecter à la transmission (par exemple à travers un train épicycloïdal) et le moteur thermique et la machine électrique peuvent tous les deux participer à la traction. Dans ce cas de figure, la puissance générée par le générateur

thermoélectrique est soit stockée dans la batterie de traction soit consommée directement par la machine électrique permettant ainsi de réduire la puissance mécanique produite par le moteur thermique. Toutefois, en fonctionnement zéro émission du véhicule full hybrid c'est-à-dire lorsque l'effort de traction est fourni uniquement par le moteur électrique, le générateur thermoélectrique n'est pas opérationnel étant donné que le moteur thermique est coupé.

Par rapport à un véhicule selon la technologie « mild hybrid », le procédé qui vient d'être décrit et le système de propulsion associé permettent d'utiliser plus souvent la machine électrique comme un moteur d'appoint, et moins souvent comme une génératrice. On prélève par conséquent moins de couple sur le vilebrequin du moteur thermique.

L'avantage se ressent notamment lors de fortes accélérations ou à une vitesse stabilisée pour des vitesses importantes, car les générateurs thermoélectriques fournissent davantage d'énergie électrique, à un moment où le moteur thermique a particulièrement besoin d'un moteur électrique d'appoint.

De cette façon, on peut diminuer de manière globale la consommation de carburant du véhicule et les émissions de polluants.

Un tel dispositif pourrait de plus permettre une certaine réduction de la cylindrée du moteur thermique (« downsizing ») étant donné que l'adjonction du générateur thermoélectrique à la machine électrique permet d'alimenter celle-ci en continu, notamment quand le moteur thermique fournit sa puissance maximale. La puissance maximale du moteur thermique peut donc être réduite dans la proportion de la puissance apportée par la machine électrique en mode moteur. La réduction de cylindrée est une source supplémentaire de réduction du coût du moteur thermique et de réduction de sa consommation. De même, la batterie étant moins sollicitée durant les accélérations, aussi bien en puissance qu'en énergie, grâce à la puissance électrique produite par le générateur thermoélectrique, sa capacité et donc son coût peuvent être réduits.

REVENDICATIONS

1. Système de propulsion pour véhicule automobile hybride, comprenant un moteur thermique (1) capable d'entraîner en rotation un vilebrequin (4), une machine électrique (2) destinée à être liée en rotation aux roues (5) du véhicule et capable de fonctionner selon un mode moteur et un mode générateur, une batterie (7) destinée à fournir de l'énergie électrique à la machine électrique (2) et à stocker l'énergie électrique provenant de la machine électrique (2) et un système de gestion de l'énergie embarquée (100), caractérisé en ce qu'il comprend en outre au moins un générateur thermoélectrique (18, 19) destiné à être disposé en relation d'échange thermique avec au moins une source chaude (31, 38a) et apte à fournir de l'énergie électrique à la batterie (7) et à la machine électrique (2).

2. Système de propulsion selon la revendication 1, caractérisé en ce que le système de gestion de l'énergie embarquée (100) comprend des moyens pour mesurer au moins un paramètre choisi parmi le mode de fonctionnement du véhicule, la charge du moteur thermique, l'énergie consommée par les accessoires électriques du véhicule hybride (8) et l'énergie produite par ledit générateur thermoélectrique (18, 19) et des moyens pour commander le mode de fonctionnement de la machine électrique (2) et le mode d'alimentation électrique de la batterie (7), de la machine électrique (2) et des accessoires électriques du véhicule hybrides (8).

3. Système de propulsion selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la machine électrique (2) est directement connectée à la chaîne de transmission (6).

4. Système de propulsion selon l'une revendication 1 et 2, caractérisé en ce que la machine électrique est reliée par une courroie (3) au vilebrequin (4).

5. Système de propulsion selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ledit générateur thermoélectrique (18) comprend un circuit (32) avec une boucle de Rankine doté d'une pompe (33) capable de faire circuler un fluide de

travail, un évaporateur (34) disposé au niveau de ladite source chaude (31), une machine de détente (35) et un condenseur (37) au niveau de ladite au moins une source froide.

5 6. Système de propulsion selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ledit générateur thermoélectrique (19) comprend un dispositif à effet Seebeck comprenant un matériau thermoélectrique (43) disposé entre ladite source chaude (38a) et une source froide (38b).

10 7. Système de propulsion selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ladite source chaude (38a) comprend le liquide de refroidissement du moteur thermique (1) du véhicule.

15 8. Système de propulsion selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que ladite source chaude (31) comprend le flux de gaz d'échappement du moteur thermique (1) du véhicule.

20 9. Procédé de gestion des transferts d'énergie pour système de propulsion selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, comprenant une première phase (50) pour déterminer un ensemble de critères concernant le fonctionnement du véhicule et une deuxième phase (51) de choix du mode de motricité du véhicule et du mode d'alimentation de la machine électrique, de la batterie et des accessoires électriques du véhicules hybrides.

25 10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que l'ensemble des critères concernant le fonctionnement du véhicule comprend l'énergie délivrée par le générateur thermoélectrique et l'énergie consommée par le groupe d'accessoires électriques.

1/6
FIG.1

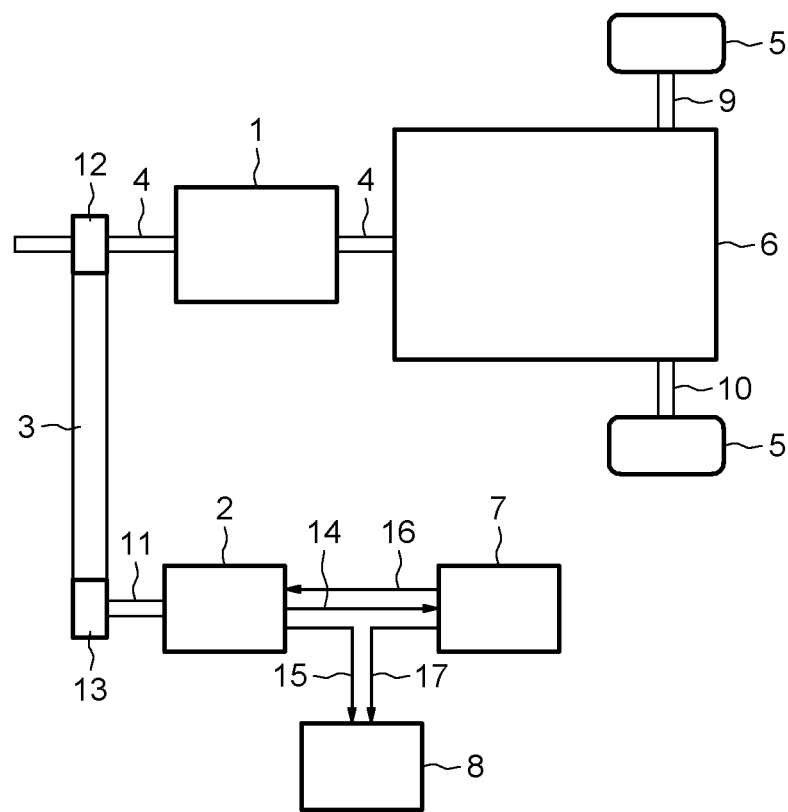
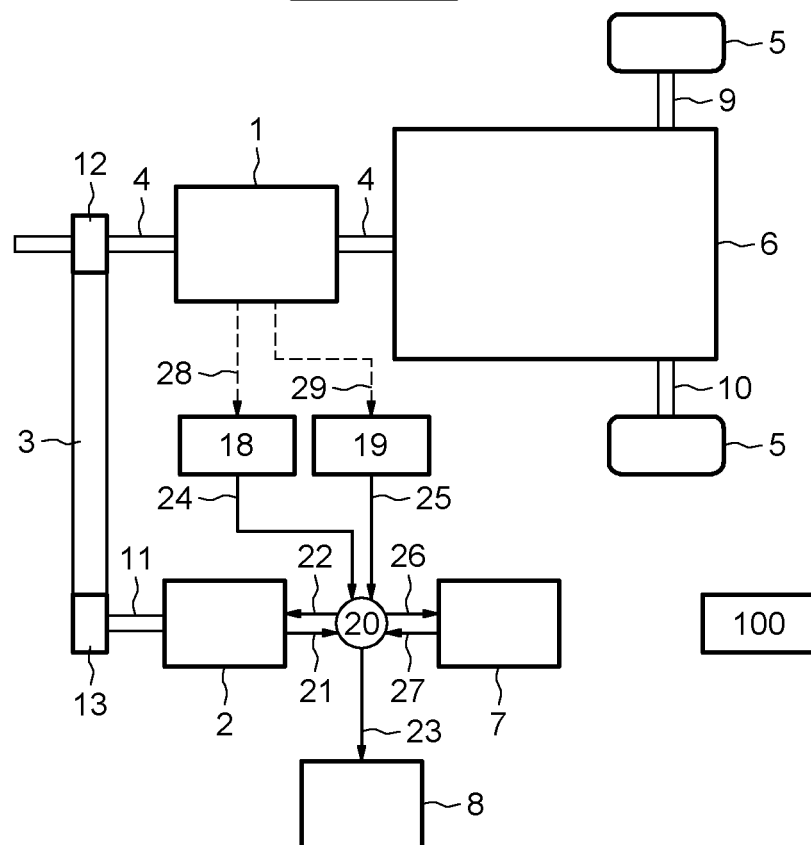
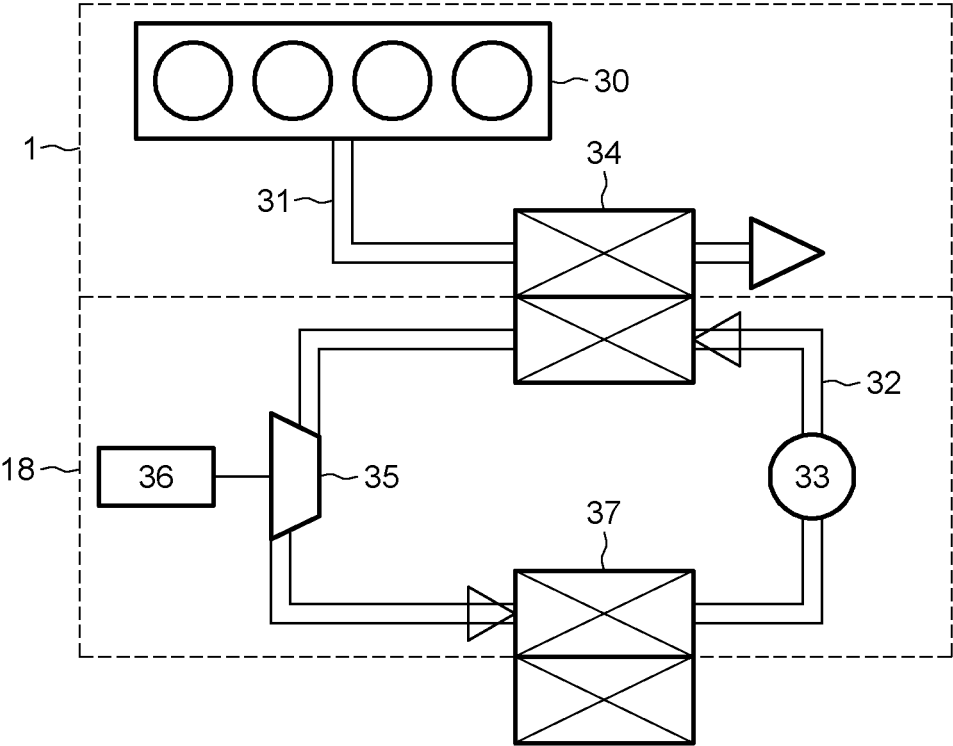


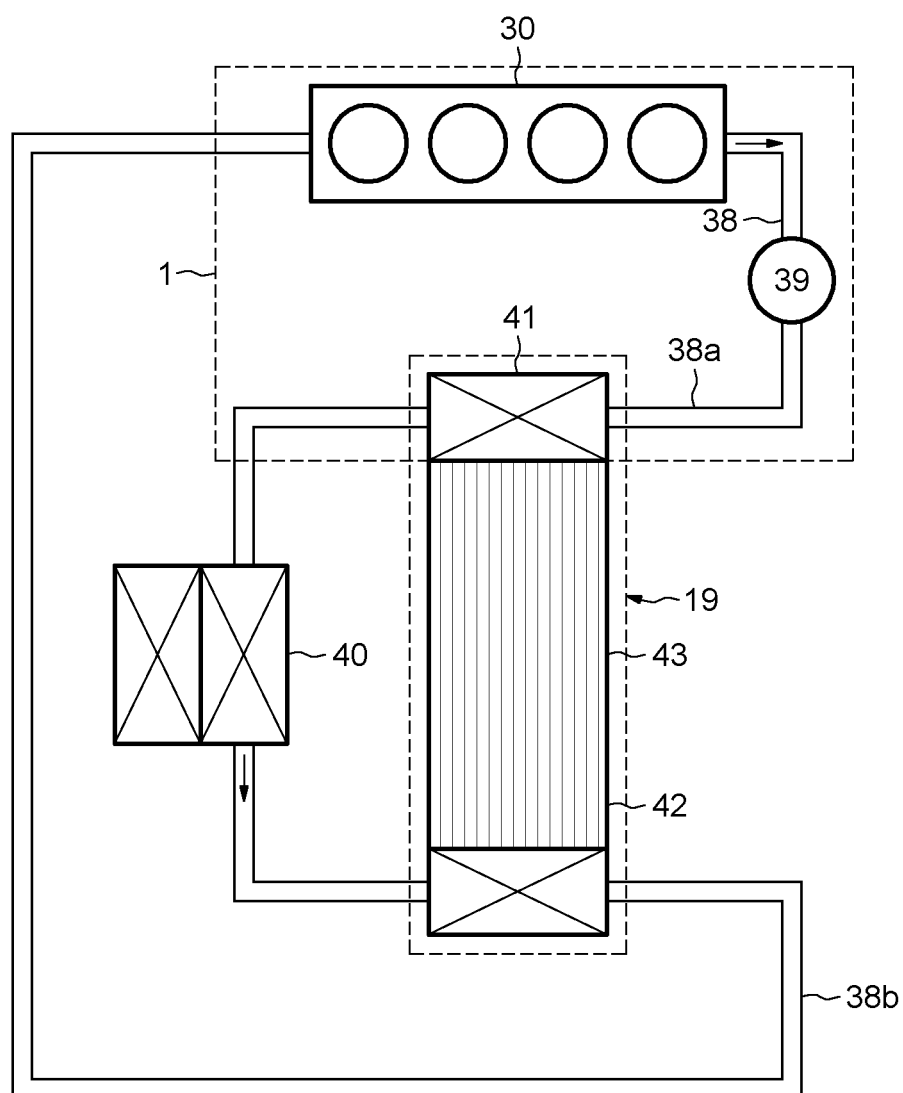
FIG.2



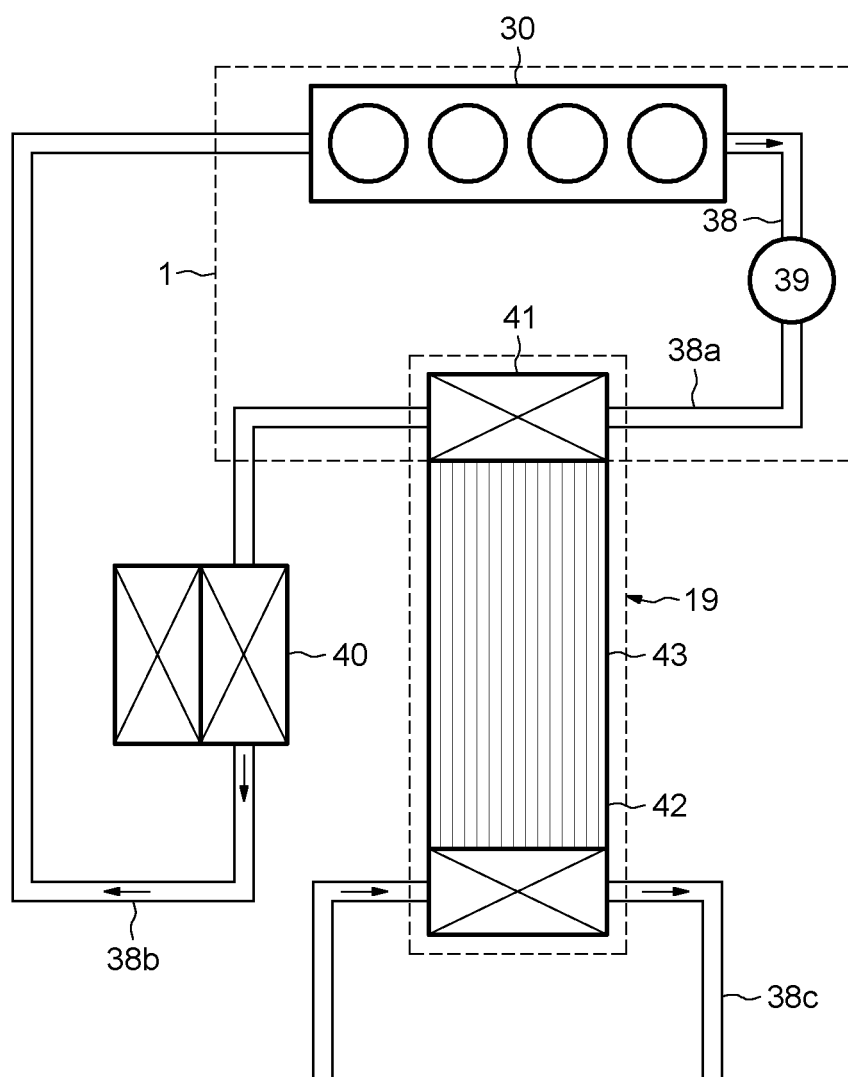
2/6
FIG.3



3/6
FIG.4A



4/6
FIG.4B



5/6
FIG.5

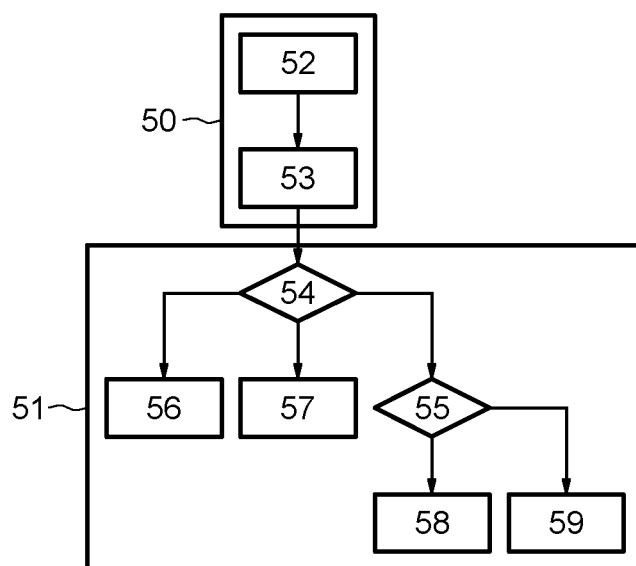
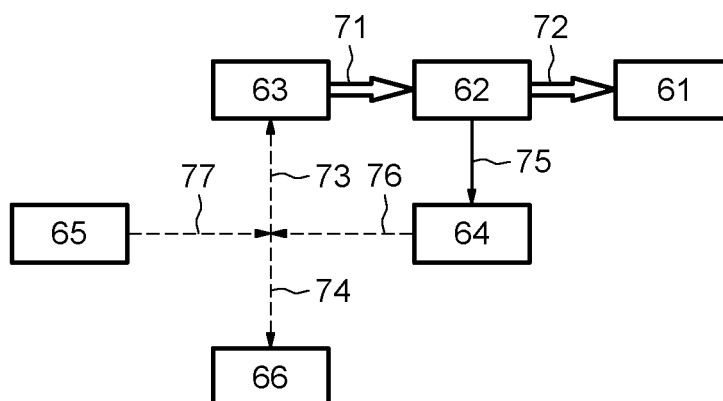


FIG.6



6/6
FIG.7

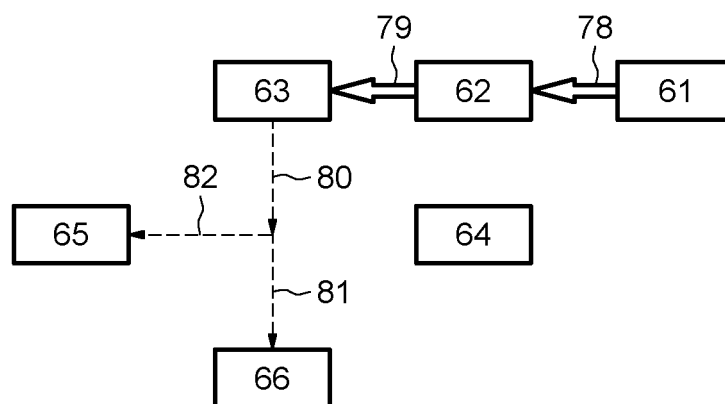


FIG.8

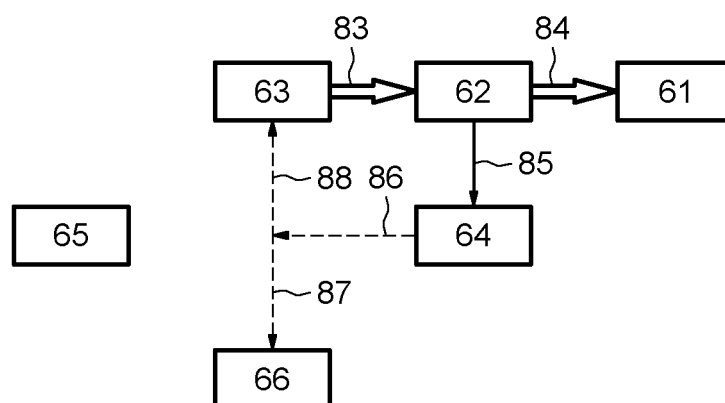
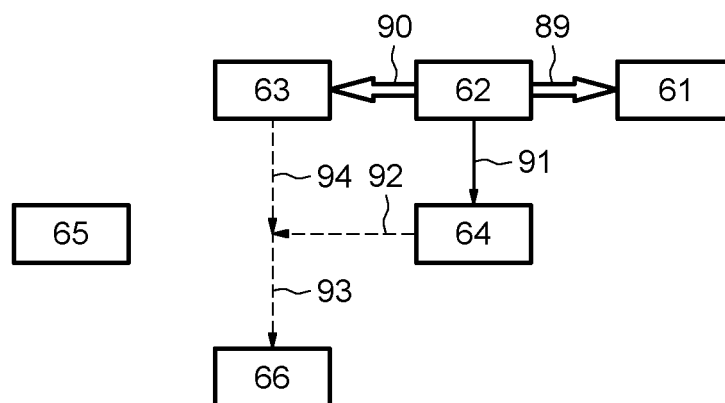


FIG.9





RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 798282
FR 1455658

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	DE 10 2005 058202 A1 (DENSO CORP [JP]) 8 juin 2006 (2006-06-08)	1,3-5,7, 9,10	B60K6/42 B60K6/08 B60K8/00 F02G5/02
Y	* figure 14 * * figures 2,10,12 * * alinéas [0005], [0007], [0039], [0042] - [0043], [0045] - [0049], [0061], [0089] - [0091], [0093], [0096] - [0099], [0102] - [0104] *	4	
X	US 2008/098972 A1 (ELWART SHANE [US]) 1 mai 2008 (2008-05-01) * figures 1,2 * * figures 3-6 * * alinéas [0016] - [0029], [0034] - [0041], [0047], [0051], [0058] - [0068] *	1-3,6-10	
X	US 2006/000651 A1 (STABLER FRANCIS R [US]) 5 janvier 2006 (2006-01-05) * figure 1 * * alinéas [0010] - [0022] *	1-3,6-10	
Y	JP 2014 025406 A (TOYOTA IND CORP) 6 février 2014 (2014-02-06) * figure 4 * * alinéas [0043] - [0045] *	4	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B60K B60W F01N F02G
A	WO 2013/002018 A1 (TOYOTA JIDOSHOKKI KK [JP]; ENOKIJIMA FUMINOBU [JP]; IGUCHI MASAO [JP];) 3 janvier 2013 (2013-01-03) * figure 1 *	5,7,8	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
11 février 2015		Dubreuil, Cédric	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1455658 FA 798282

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **11-02-2015**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 102005058202 A1	08-06-2006	DE 102005058202 A1	08-06-2006
		JP 4715458 B2	06-07-2011
		JP 2007100687 A	19-04-2007
-----		-----	
US 2008098972 A1	01-05-2008	DE 102007051164 A1	15-05-2008
		GB 2443506 A	07-05-2008
		US 2008098972 A1	01-05-2008
-----		-----	
US 2006000651 A1	05-01-2006	DE 112005001368 T5	06-06-2007
		US 2006000651 A1	05-01-2006
		WO 2006012119 A2	02-02-2006
-----		-----	
JP 2014025406 A	06-02-2014	AUCUN	
-----		-----	
WO 2013002018 A1	03-01-2013	JP 2013011258 A	17-01-2013
		WO 2013002018 A1	03-01-2013
-----		-----	