

①② **CERTIFICAT D'UTILITÉ** **B3**

⑤④ Véhicule hybride comprenant un système de motorisation électrique et un système de refroidissement.

②② Date de dépôt : 10.06.22.

③③ Priorité :

⑥③ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *TECHNO MAP Société par actions
simplifiée à associé unique — FR.*

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 15.12.23 Bulletin 23/50.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
certificat d'utilité : 12.07.24 Bulletin 24/28.

⑤⑥ Les certificats d'utilité ne font pas l'objet d'un
rapport de recherche.

⑦② Inventeur(s) : HELLUIN David et DUTOT Alexandre.

⑦③ Titulaire(s) : *TECHNO MAP Société par actions
simplifiée à associé unique.*

⑦④ Mandataire(s) : FIDAL INNOVATION.

FR 3 136 410 - B3



Description

Titre de l'invention : Véhicule hybride comprenant un système de motorisation électrique et un système de refroidissement

DOMAINE DE L'INVENTION

- [0001] La présente invention se rapporte au domaine technique des véhicules dotés d'une motorisation électrique, et plus particulièrement au système de refroidissement des éléments de la motorisation électrique.
- [0002] Elle s'applique notamment, mais pas exclusivement, dans le domaine de l'automobile. Elle s'applique par exemple aux batteries et moteurs des véhicules électriques (VE) et des véhicules électriques hybrides (VEH).
- [0003] En particulier, l'invention s'applique à des véhicules électriques hybrides de course, autrement dit des véhicules ayant de fortes contraintes de poids et embarquant notamment une motorisation électrique et thermique puissante ainsi qu'un système de freinage très performant. La conception de tels véhicules est imaginée pour satisfaire les exigences de vitesse, d'accélération et de tenue de route.

ARRIÈRE-PLAN TECHNOLOGIQUE

- [0004] Les émissions de gaz à effet de serre (GES) et la pollution atmosphérique sont des préoccupations majeures liées au déploiement massif des véhicules à essence et diesel. Les effets néfastes des GES et de la pollution atmosphérique sur la santé humaine influencent les tendances en matière d'évolution des transports. La mobilité électrique pourrait contribuer à réduire la pollution atmosphérique dans les zones urbaines, où elle est plus critique. En outre, des avantages tels que le faible niveau de bruit, l'efficacité élevée et l'interaction potentiellement intelligente avec le réseau électrique feront croître le marché des véhicules électriques (VE) et des véhicules électriques hybrides (VEH).
- [0005] Au sein des véhicules électriques (VE) et/ou des véhicules électriques hybrides (VEH), le développement d'un véhicule de course hybride reste encore un défi complexe pour les industriels en raison des besoins énergétiques de ces véhicules pour délivrer la puissance nécessaire aux performances de vitesse et d'accélération.
- [0006] A ces contraintes énergétiques s'ajoutent des contraintes d'espace puisque le volume disponible dans une voiture de course est très restreint en raison du poids limité du véhicule ainsi que de son aérodynamisme.
- [0007] De plus, les batteries de ces véhicules nécessitent d'être refroidies grâce à un système de refroidissement qui lui aussi doit respecter des contraintes d'espace du fait qu'il soit installé sur un véhicule de course.
- [0008] L'invention vise ainsi à relever les défis en termes de gestion de l'espace, de

stockage énergétique et de refroidissement de la motorisation électrique que demande, notamment, la conception d'une voiture de course électrique ou hybride.

Résumé de l'invention

- [0009] Ainsi, l'invention se rapporte à un véhicule hybride comprenant un système de motorisation électrique et un système de refroidissement,
- le système de motorisation électrique comprenant les éléments suivants:
- un moteur électrique,
 - un onduleur et
 - un module électrique comprenant une pluralité de cellules de batteries,
- le système de refroidissement comprenant les composants suivants:
- un unique fluide diélectrique,
 - au moins un échangeur thermique,
 - un ensemble de tuyaux reliant les éléments du système de motorisation électrique et les composants du système de refroidissement, et
 - une pompe de circulation du fluide diélectrique adaptée pour faire circuler le fluide diélectrique à travers les éléments du système de motorisation électrique et les composants du système de refroidissement et entre les éléments du système de motorisation électrique et les composants du système de refroidissement via l'ensemble de tuyaux;
- les cellules de batteries étant immergées dans le fluide diélectrique parcourant le module électrique, et
- le moteur électrique, l'onduleur et les cellules de batteries étant parcourus par le même et unique fluide diélectrique.
- [0010] Un tel système de refroidissement est plus simple qu'un système de refroidissement classique. En effet, un unique et même fluide diélectrique fait office de fluide de refroidissement pour les cellules de batteries, le moteur et l'onduleur.
- [0011] De plus, le système de refroidissement est dit immersif en ce que les cellules de batteries sont immergées au sein du fluide diélectrique, i.e. le liquide de refroidissement. Il permet ainsi un meilleur refroidissement des cellules de batteries puisque l'ensemble des cellules à refroidir est en contact direct et total avec le fluide diélectrique.
- [0012] Un autre avantage est le gain de place permis par la simplicité du système qui ne nécessite qu'un seul et même liquide de refroidissement (le fluide diélectrique) ainsi qu'une seule pompe de circulation.
- [0013] Le filtre et le capteur de contamination 20 sont optionnels et peuvent être ôtés du système de refroidissement dans un mode de réalisation particulier.
- [0014] Dans un mode de réalisation particulier, la pompe de circulation est adaptée pour délivrer un débit compris entre 5 et 30 litres par minutes, de préférence entre 12 et 20

litres par minute.

[0015] Ainsi, le moteur électrique, l'onduleur et la batterie sont parcourus par le fluide diélectrique à un débit suffisant pour assurer un refroidissement optimal et obtenir les meilleures performances de ces éléments.

[0016] Dans un mode de réalisation particulier, le système de refroidissement comprend en outre :

- un capteur de contamination (20) d'un fluide adapté pour détecter et mesurer toute usure et contamination dans le fluide diélectrique, et/ou
- un filtre.

[0017] Dans un mode de réalisation particulier, en sortie de l'échangeur thermique, le fluide diélectrique traverse d'abord la batterie (ou module électrique), puis parcourt le moteur et l'onduleur avant de revenir à l'échangeur thermique.

[0018] En effet, idéalement, le module électrique ou batterie supporte une température n'excédant pas 60°C ; le moteur, une température optimale de 65°C ou à tout le moins n'excédant pas 90°C ; et l'onduleur, une température n'excédant pas 80°C. Ainsi, le parcours module électrique – moteur – onduleur permet de respecter les gammes de températures idéales des composants à mesure que le fluide diélectrique se réchauffe au contact des éléments qu'il refroidit.

[0019] En outre, le cas échéant, le capteur de contamination et le filtre sont placés de préférence entre la batterie et le moteur. Ainsi, le filtre nettoie le fluide diélectrique avant un nouveau passage dans le moteur afin d'éviter que des éléments ferromagnétiques issus d'un précédent passage n'entrent dans le moteur électrique (ou les autres éléments du système de motorisation) et risquent d'endommager le moteur.

[0020] Dans un mode de réalisation particulier, le système de refroidissement comprend entre 1 et 10 échangeurs thermiques, par exemple 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ou 10 échangeurs thermiques selon les besoins de refroidissement avec une source froide. De plus, les échangeurs ne sont pas forcément identiques. Il peut être avantageux de varier les sources froides du système de refroidissement. Cependant, généralement, au moins un échangeur a pour source froide de l'air, voire l'air ambiant.

[0021] Dans un mode de réalisation, le fluide diélectrique n'est pas de l'air. Dans un mode de réalisation particulier, le fluide diélectrique est doté d'au moins une des caractéristiques suivantes :

- d'une viscosité à 40°C comprise entre 3 et 5 centistokes (cSt),
- d'une viscosité à 100°C entre 1 et 2 centistokes (cSt),
- d'un point éclair compris entre 110 et 150°C selon la norme ASTM D92,
- d'un point d'écoulement compris entre -60°C et -50°C selon la norme ASTM D97,
- d'un facteur de dissipation à 100°C compris entre 0,005 et 0,02 selon la norme ASTM D924.

- [0022] Un tel fluide diélectrique convient à la fois pour refroidir par immersion les cellules de batterie du module électrique et pour servir de liquide de refroidissement pour le moteur et l'onduleur.
- [0023] Dans un mode de réalisation particulier, le module électrique est adapté pour délivrer une tension comprise entre 500 et 1100 V, de préférence 700 et 900 V, de manière encore plus préférentielle 800 V et/ou pour stocker une quantité d'énergie comprise entre 10 et 30 kWh, de préférence entre 15 et 20 kWh, de manière encore plus préférentielle 18 kWh.
- [0024] Ainsi, la batterie est capable de stocker suffisamment d'énergie pour alimenter un moteur électrique de forte puissance, par exemple d'une puissance maximale supérieure à 100 kW.
- [0025] De plus, une telle quantité d'énergie stockée permet de parcourir environ 5 à 10 tours d'un circuit de course, par exemple celui du circuit Bugatti Le Mans.
- [0026] Dans un mode de réalisation particulier, le module électrique est doté d'un taux de charge et/ou de décharge compris entre 5 et 40C, de préférence 10C.
- [0027] Ainsi, la batterie est capable répondre aux besoins en accélération d'un moteur électrique de forte puissance. De plus, le module électrique est capable de se recharger rapidement, notamment lors des freinages.
- [0028] Dans un mode de réalisation particulier, le module électrique comprend entre 1000 et 3000 cellules de batterie, de préférence entre 1500 et 2500 cellules, de manière encore plus préférentielle entre 1800 et 2000 cellules ; les cellules de batteries étant réparties au sein du module électrique sur au moins quatre niveaux superposés les uns aux autres.
- [0029] L'architecture inédite du module électrique (appelé aussi batterie) permet un gain de place dans le véhicule et notamment de placer la batterie et ses 1000 à 3000 cellules de batterie dans un volume de faible épaisseur ou largeur, par exemple entre deux sièges du véhicule.
- [0030] Dans un mode de réalisation particulier, le moteur électrique est adapté pour :
- produire un couple compris entre 0 et 400 Nm, de préférence entre 150 et 350 Nm ;
 - délivrer une puissance moyenne comprise entre 20 et 100 kW, de préférence entre 40 et 60 kW ;
 - délivrer une puissance maximale comprise entre 100 et 200 kW, de préférence entre 130 et 160 kW.
- [0031] Un tel moteur électrique permet au véhicule qui en est équipé d'atteindre les performances attendues d'une voiture de course notamment en termes de vitesse et d'accélération.
- [0032] Dans un mode de réalisation particulier, le véhicule comprend en outre un système de motorisation thermique comprenant un moteur thermique adapté pour fonctionner avec

un carburant contenant entre 0 et 85% d'éthanol.

[0033] Le véhicule est alors un véhicule hybride doté d'une motorisation électrique et d'une motorisation thermique. Les contraintes d'espace et de poids sont alors encore plus importantes et la simplicité du système de refroidissement ainsi que l'architecture inédite du module électrique sont alors encore plus utiles pour répondre aux exigences de poids et d'économie de volume, en particulier si le véhicule hybride est un véhicule de course.

[0034] Autrement dit, le véhicule hybride comprend un système de motorisation électrique et un système de motorisation thermique comprenant un moteur thermique adapté pour fonctionner avec un carburant contenant entre 0 et 85% d'éthanol.

[0035] La proportion d'éthanol dans le carburant peut être comprise entre 0 et 10%, entre 11% et 20%, 21 à 30%, 31 à 40%, 41% à 50%, 51% à 60%, 61% à 70%, 71% à 80%, 81% à 85%.

[0036] Selon un autre aspect, l'invention prévoit un véhicule comprenant seulement un système de motorisation électrique et un système de refroidissement,

le système de motorisation électrique comprenant les éléments suivants:

- un moteur électrique,
- un onduleur et
- un module électrique comprenant une pluralité de cellules de batteries,

le système de refroidissement comprenant les composants suivants:

- un unique fluide diélectrique,
- au moins un échangeur thermique,
- un ensemble de tuyaux reliant les éléments du système de motorisation électrique et

les composants du système de refroidissement, et

- une pompe de circulation du fluide diélectrique adaptée pour faire circuler le fluide diélectrique à travers les éléments du système de motorisation électrique et les composants du système de refroidissement et entre les éléments du système de motorisation électrique et les composants du système de refroidissement via l'ensemble de tuyaux;

les cellules de batteries étant immergées dans le fluide diélectrique parcourant le module électrique, et

le moteur électrique, l'onduleur et les cellules de batteries étant parcourus par le même et unique fluide diélectrique.

[0037] Ici, le véhicule selon l'invention est seulement équipé d'un système de motorisation électrique. Néanmoins, les mêmes avantages sont obtenus grâce au système de refroidissement pour ce type de véhicule équipé seulement d'un système de motorisation électrique.

[0038] De même, un tel système de refroidissement est plus simple qu'un système de refroidissement

dissement classique. En effet, un unique et même fluide diélectrique fait office de fluide de refroidissement pour les cellules de batteries, le moteur et l'onduleur.

[0039] De même, le système de refroidissement est ainsi dit immersif en ce que les cellules de batteries sont immergés au sein du fluide diélectrique, i.e. le liquide de refroidissement. Il permet ainsi un meilleur refroidissement des cellules de batteries puisque l'ensemble des cellules à refroidir est en contact direct et total avec le fluide diélectrique.

[0040] Un autre avantage est le gain de place permis par la simplicité du système qui ne nécessite qu'un seul et même liquide de refroidissement (le fluide diélectrique) ainsi qu'une seule pompe de circulation.

[0041] Le système de refroidissement immersif du véhicule selon l'invention permet de refroidir efficacement la batterie qui, dû au faible volume dans lequel elle est positionnée, n'est pas ou très peu refroidi par l'évacuation de la chaleur émise par l'air ambiant.

[0042] Dans un mode de réalisation particulier, la pompe de circulation est adaptée pour délivrer un débit compris entre 5 et 30 litres par minutes, de préférence entre 12 et 20 litres par minute.

[0043] Ainsi, le moteur électrique, l'onduleur et la batterie sont parcourus par le fluide diélectrique à un débit suffisant pour assurer un refroidissement optimal et obtenir les meilleures performances de ces éléments.

[0044] Dans un mode de réalisation particulier, le système de refroidissement comprend en outre :

- un capteur de contamination (20) d'un fluide adapté pour détecter et mesurer toute usure et contamination dans le fluide diélectrique, et/ou
- un filtre.

[0045] Dans un mode de réalisation particulier, en sortie de l'échangeur thermique, le fluide diélectrique traverse d'abord la batterie (ou module électrique), puis parcourt le moteur et l'onduleur avant de revenir à l'échangeur thermique.

[0046] En outre, le cas échéant, le capteur de contamination et le filtre sont placés de préférence entre la batterie et le moteur. Ainsi, le filtre nettoie le fluide diélectrique avant un nouveau passage dans le moteur afin d'éviter que des éléments ferromagnétiques issus d'un précédent passage n'entrent dans le moteur électrique (ou les autres éléments du système de motorisation) et risquent d'endommager le moteur.

[0047] En effet, idéalement, le module électrique ou batterie supporte une température n'excédant pas 60°C ; le moteur, une température optimale de 65°C ou à tout le moins n'excédant pas 90°C ; et l'onduleur, une température n'excédant pas 80°C. Ainsi, le parcours module électrique – moteur – onduleur permet de respecter les gammes de températures idéales des éléments à mesure que le fluide diélectrique se réchauffe au

contact des éléments qu'il refroidit.

- [0048] Dans un mode de réalisation particulier, le système de refroidissement comprend entre 1 et 10 échangeurs thermiques, par exemple 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ou 10 échangeurs thermiques selon les besoins de refroidissement avec une source froide. De plus, les échangeurs ne sont pas forcément identiques. Il peut être avantageux de varier les sources froides du système de refroidissement. Cependant, généralement, au moins un échangeur a pour source froide de l'air, voire l'air ambiant.
- [0049] Dans un mode de réalisation, le fluide diélectrique n'est pas de l'air. Dans un mode de réalisation particulier, le fluide diélectrique est doté d'au moins une des caractéristiques suivantes :
- d'une viscosité à 40°C comprise entre 3 et 5 centistokes (cSt),
 - d'une viscosité à 100°C entre 1 et 2 centistokes (cSt),
 - d'un point éclair compris entre 110 et 150°C selon la norme ASTM D92,
 - d'un point d'écoulement compris entre -60°C et -50°C selon la norme ASTM D97,
 - d'un facteur de dissipation à 100°C compris entre 0,005 et 0,02 selon la norme ASTM D924.
- [0050] Un tel fluide diélectrique convient à la fois pour refroidir par immersion les cellules de batterie du module électrique et pour servir de liquide de refroidissement pour le moteur et l'onduleur.
- [0051] Dans un mode de réalisation particulier, le module électrique est adapté pour délivrer une tension comprise entre 500 et 1100 V, de préférence 700 et 900 V, de manière encore plus préférentielle 800 V et/ou pour stocker une quantité d'énergie comprise entre 10 et 30 kWh, de préférence entre 15 et 20 kWh, de manière encore plus préférentielle 18 kWh.
- [0052] Ainsi, la batterie est capable de stocker suffisamment d'énergie pour alimenter un moteur électrique de forte puissance, par exemple une puissance maximale supérieure à 100 kW.
- [0053] De plus, une telle quantité d'énergie stockée permet de parcourir environ 5 à 10 tours d'un circuit de course, par exemple celui du circuit Bugatti Le Mans.
- [0054] Dans un mode de réalisation particulier, le module électrique est doté d'un taux de charge et/ou de décharge compris entre 5 et 40C, de préférence 10C.
- [0055] Ainsi, la batterie est capable répondre aux besoins en accélération d'un moteur électrique de forte puissance. De plus, le module électrique est capable de se recharger rapidement, notamment lors des freinages.
- [0056] Dans un mode de réalisation particulier, le module électrique comprend entre 1000 et 3000 cellules de batterie, de préférence entre 1500 et 2500 cellules, de manière encore plus préférentielle entre 1800 et 2000 cellules ; les cellules de batteries étant réparties au sein du module électrique sur au moins quatre niveaux superposés les uns aux

autres.

- [0057] L'architecture inédite du module électrique (appelé aussi batterie) permet un gain de place dans le véhicule et notamment de placer la batterie et ses 1000 à 3000 cellules de batterie dans un volume de faible épaisseur ou largeur, par exemple entre deux sièges du véhicule.
- [0058] Dans un mode de réalisation particulier, le moteur électrique est adapté pour :
- produire un couple compris entre 0 et 400 Nm, de préférence entre 150 et 350 Nm ;
 - délivrer une puissance moyenne comprise entre 20 et 100 kW, de préférence entre 40 et 60 kW ;
 - délivrer une puissance maximale comprise entre 100 et 200 kW, de préférence entre 130 et 160 kW.
- [0059] Un tel moteur électrique permet au véhicule qui en est équipé d'atteindre les performances attendues d'une voiture de course notamment en termes de vitesse et d'accélération.
- [0060] Selon un autre aspect, l'invention prévoit un module électrique comprenant entre 1000 et 3000 cellules de batterie, de préférence entre 1500 et 2500 cellules, de manière encore plus préférentielle entre 1800 et 2000 cellules ; les cellules de batteries étant réparties au sein du module électrique sur au moins quatre niveaux superposés les uns aux autres.
- [0061] L'architecture inédite du module électrique (appelé aussi batterie) permet un gain de place dans le véhicule et notamment de placer la batterie et ses 1000 à 3000 cellules de batterie dans un volume de faible épaisseur ou largeur, par exemple entre deux sièges du véhicule.
- [0062] Les niveaux ne contiennent pas forcément un même nombre de cellules de batterie. Par exemple, un niveau peut contenir entre 500 et 800 éléments. Un autre niveau peut comporter deux portions disjointes contenant entre 100 et 300 éléments. Un quatrième niveau peut être superposé uniquement sur une portion d'un niveau précédent.
- [0063] De plus, il est possible que certains niveaux soient discontinus et formés par deux portions distinctes mais à la même altitude au sein du module électrique.

Brève description des dessins

- [0064] Des modes de réalisation de l'invention seront décrits ci-dessous par référence aux dessins, décrits brièvement ci-dessous :
- [0065] [Fig.1] représente une vue schématique d'un exemple d'architecture électrique pour le véhicule.
- [0066] [Fig.2] et [Fig.3] représentent des vues schématiques de l'architecture du module électrique ou batterie de la motorisation électrique du véhicule.
- [0067] [Fig.4] représente une vue d'un exemple de train avant du véhicule dans lequel le

module électrique est positionné dans un volume de faible largeur.

[0068] [Fig.5] est un schéma d'un exemple de système de refroidissement du véhicule.

[0069] Sur les dessins, des références identiques désignent des objets identiques ou similaires.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE

[0070] L'invention porte notamment sur un véhicule électrique ou hybride comprenant système de refroidissement 100 pour un système de motorisation électrique comprenant :

- un moteur électrique 10,
- un onduleur 14 et
- un module électrique 12 comprenant une pluralité de cellules de batteries.

[0071] Autrement dit le système de refroidissement 100 peut s'appliquer à un véhicule hybride (doté de deux système de motorisation faisant appel à deux énergies différentes ; par exemple une motorisation électrique et une motorisation thermique) ou à un véhicule électrique (doté uniquement d'un système de motorisation électrique)

[0072] Composants du système de refroidissement 100

[0073] Le système de refroidissement 100 pour le système de motorisation électrique comprend les composants suivants:

- un fluide diélectrique,
- un capteur de contamination 20 d'un fluide adapté pour détecter et mesurer toute usure et contamination dans le fluide diélectrique,
- un filtre,
- au moins un échangeur 22,
- un ensemble de tuyaux reliant les éléments du système de motorisation électrique et les composants du système de refroidissement, et
- une pompe de circulation du fluide diélectrique adaptée pour faire circuler le fluide diélectrique à travers les éléments du système de motorisation électrique et les composants du système de refroidissement et entre les éléments du système de motorisation électrique et les composants du système de refroidissement via l'ensemble de tuyaux. Le fluide diélectrique n'est pas de l'air.

[0074] Le filtre et le capteur de contamination 20 sont optionnels et peuvent être ôtés du système de refroidissement.

[0075] Le fluide diélectrique peut être un liquide qui présente au moins une des caractéristiques suivantes :

- d'une viscosité à 40°C comprise entre 3 et 5 centistokes (cSt),
- d'une viscosité à 100°C entre 1 et 2 centistokes (cSt),
- d'un point éclair compris entre 110 et 150°C selon la norme ASTM D92,

- d'un point d'écoulement compris entre -60°C et -50°C selon la norme ASTM D97,
- d'un facteur de dissipation à 100°C compris entre 0,005 et 0,02 selon la norme ASTM D924.

- [0076] Un tel fluide diélectrique permet à la fois d'être utilisés comme fluide d'immersion du système de refroidissement des cellules de batterie par immersion et de faire office de liquide de refroidissement pour le moteur et l'onduleur.
- [0077] La pompe de circulation 18 a pour objectif d'irriguer le système de refroidissement et les différents composants à refroidir installés au sein du système de refroidissement ou traversés par le fluide diélectrique via l'ensemble de tuyaux 30.
- [0078] Autrement dit, la pompe de circulation 18 permet à la fois le transit entre deux éléments successifs du parcours du fluide (du système de motorisation ou de refroidissement) et le parcours à travers les éléments du système de motorisation ou encore à travers l'échangeur.
- [0079] Le débit de circulation délivré par la pompe de circulation 18 est capable de délivrer un débit compris entre 5 et 30 litres par minutes, de préférence entre 12 et 20 litres par minute.
- [0080] Ainsi, l'ensemble du fluide diélectrique parcourt l'ensemble de la boucle de refroidissement en une minute environ.
- [0081] Le volume total de fluide diélectrique peut varier suivant le système de motorisation à refroidir. Il peut être compris entre 5 et 20 litres, de préférence entre 8 et 15 litres.
- [0082] Le système de refroidissement peut également comprendre un capteur 20. Il est adapté pour détecter et mesurer toute usure et contamination dans le fluide diélectrique. En particulier, il est adapté pour détecter et mesurer si le fluide diélectrique contient ou pas des éléments ferromagnétiques (potentiellement issus des cellules de batteries du module électrique).
- [0083] Il est idéalement placé après le passage du fluide à travers la batterie 10 et avant son passage à travers le moteur 12 et l'onduleur 14 afin de vérifier si le fluide diélectrique ne contient pas des traces d'éléments ferromagnétiques issus d'un précédent passage dans le moteur 12, l'onduleur 14 et la batterie 12 susceptibles de le rendre conducteur avant un nouveau passage dans le moteur 10 et l'onduleur 14.
- [0084] De plus, le capteur et le filtre sont idéalement placés en sortie de la batterie pour des raisons de simplicité de montage et de gain de place.
- [0085] Compte tenu du temps de parcours de l'ensemble de la boucle en une minute grâce au débit de la pompe, une anomalie est détectée très rapidement.
- [0086] De plus, idéalement, le capteur 20 est adapté pour mesurer à intervalle de temps régulier, par exemple entre 1 et 10 secondes, la composition du fluide diélectrique. L'intervalle de temps peut également être compris entre 1 et 5 secondes ou encore être de 2 secondes.

- [0087] Le capteur 20 est adapté pour fonctionner dans une gamme de température comprise entre -40°C et 120°C.
- [0088] De plus, le système de refroidissement peut également comprendre un filtre. Ce filtre vise à réduire les impuretés du fluide diélectrique, notamment les éléments ferromagnétiques. Il est idéalement situé à la suite du capteur 20.
- [0089] Enfin, le système de refroidissement comprend au moins un échangeur thermique 22. Par exemple, il peut en contenir trois, et de préférence trois identiques. De manière classique, le rôle du ou des échangeurs thermiques 22 est de transférer l'énergie calorifique d'un fluide vers un autre, ceci sans les mélanger. Ici, son rôle est de transférer l'énergie calorifique du fluide diélectrique à l'air (qui agit comme la source froide du système de refroidissement) à la suite de son passage à travers la batterie 10, le moteur 12 et l'onduleur 14. Le au moins un échangeur 22 est donc idéalement placé après le dernier élément traversé parmi le moteur 12, la batterie 10 et l'onduleur 14. Néanmoins, il est possible que les échangeurs 22 soient placés sur des segments différents, ou des tuyaux différents, de l'ensemble de tuyaux 30.
- [0090] Fonctionnement du système de refroidissement 100
- [0091] La proposition de l'invention est d'utiliser un unique et même fluide diélectrique qui fasse office de liquide de refroidissement pour le moteur 10 et l'onduleur 14 mais aussi pour le refroidissement immersif des cellules de batteries de la batterie 12.
- [0092] Ainsi, l'ensemble de tuyaux 30 formant la tuyauterie du système de refroidissement relie les éléments à refroidir du système de motorisation électrique (le moteur 10, le module électrique 12 et l'onduleur 14 ici) et les composants du système de refroidissement.
- [0093] La pompe de circulation 19 propulse le fluide à travers le système de refroidissement. Ainsi, le fluide diélectrique parcourt les tuyaux et dessert tous les éléments à refroidir en passant par les composants du système de refroidissement.
- [0094] Dans un mode de réalisation particulier, en sortie de l'échangeur thermique 22, le fluide diélectrique traverse d'abord la batterie 12, puis le moteur 10 et enfin l'onduleur 14 avant de revenir à l'échangeur thermique 22, le capteur de contamination et le filtre étant placés, le cas échéant, de préférence entre la batterie 12 et le moteur 10.
- [0095] Le fluide diélectrique à l'intérieur du module électrique 12 subit un cycle d'échauffement puis refroidissement. Au contact des cellules de batteries en fonctionnement du module électrique ou batterie 12, il s'échauffe en refroidissant ainsi les cellules.
- [0096] Ensuite, dans le même mode de réalisation particulier, il est dirigé à travers l'ensemble de tuyaux 30 à travers le capteur de contamination 20 puis le filtre.
- [0097] Puis, il est dirigé vers le moteur 10 et l'onduleur 14 et il fait alors office de liquide de refroidissement. Il parcourt le circuit de refroidissement liquide du moteur et de

l'onduleur 14. On peut alors dire qu'il parcourt le moteur 10 et l'onduleur 14.

[0098] Enfin, il transporte la chaleur accumulée vers l'échangeur 22 pour la céder à l'air de l'échangeur 22 et retourne à la pompe de circulation 18 en sortie de l'échangeur.

[0099] Avantages d'un tel système de refroidissement 100

[0100] Le système de refroidissement est un système de refroidissement immersif pour les cellules de batteries. Autrement dit, les cellules de batteries sont immergées dans le liquide de refroidissement ou fluide caloporteur.

[0101] Ici le liquide de refroidissement un fluide diélectrique comme décrit plus haut et les éléments à refroidir sont les composants de la chaîne de motorisation électrique, en particulier le moteur électrique 10, la batterie 12 (ses cellules de batteries) et l'onduleur 14.

[0102] A propos du refroidissement des cellules de batteries, un tel refroidissement permet d'éviter les propagations thermiques au sein du système de refroidissement et surtout des éléments à refroidir puisqu'ils sont totalement immergés dans le fluide. De manière similaire, un refroidissement immersif permet l'uniformité de la température de l'élément à refroidir.

[0103] De plus, cela augmente la conductivité thermique entre les cellules de batteries et le fluide diélectrique puisque l'ensemble des éléments sont entourés par le fluide.

[0104] En outre, toutes les parties des cellules de batteries sont refroidies en même temps.

[0105] De plus, cela améliore la sécurité de l'ensemble puisque le risque d'inflammabilité est moindre avec un refroidissement immersif.

[0106] Enfin, il nécessite moins de composants donc moins de place, ce qui représente un gain en volume et en poids. Par exemple, le système de refroidissement ne comprend qu'une seule pompe de circulation 18.

[0107] Par ailleurs, un tel refroidissement immersif des cellules de batteries permet les avantages suivants :

- le coût de la batterie est réduit pour une même utilisation ;
- la performance de transfert de chaleur est améliorée ;
- une meilleure uniformité de la température de la batterie est obtenue ;
- la sécurité est améliorée : il n'y a pas de propagation du feu en cas d'emballement thermique d'une cellule de batterie.
- la densité de puissance est augmentée
- la durée de vie de la batterie 12 est augmentée.

[0108] Concernant, le refroidissement du moteur 10 et de l'onduleur 14, le système de refroidissement proposé offre l'avantage de refroidir efficacement le moteur et l'onduleur 14 avec le fluide diélectrique en guise de liquide de refroidissement tout en simplifiant le système de refroidissement global du véhicule puisqu'un seul et même fluide est utilisé pour tous les éléments du système de motorisation. Il s'en suit un gain

de place, une économie de composants (une seule pompe) et in fine de poids voire de coûts.

[0109] Exemple d'application : voiture électrique de course

[0110] Une première application est l'implémentation du système de refroidissement dans une voiture électrique de course.

[0111] Une voiture de course, parfois aussi appelée voiture de sport, est une automobile dotée d'éléments (pièces mécaniques, carrosserie, etc.) qui lui permettent de se positionner sur le créneau de la performance. Une voiture de course embarque notamment une motorisation puissante et un système de freinage très performant. Sa conception est imaginée pour satisfaire les exigences de vitesse, d'accélération et de tenue de route davantage que le confort des passagers à bord et la praticité au quotidien. Ici, une voiture électrique de course désigne une voiture de course d'après la définition précédente équipée d'un système de motorisation électrique.

[0112] Comme énoncé, plus haut, ce type de véhicule est soumis à de fortes contraintes de poids et de volume afin d'atteindre des niveaux de performances élevées en termes de vitesse et accélération notamment.

[0113] Composants du système de motorisation électrique et architecture électrique du véhicule électrique de course

[0114] Nous allons à présent d'écrire un exemple de système de motorisation particulier d'une voiture électrique de course.

[0115] Le système de motorisation électrique est alimenté par un réseau haute tension desservant une batterie 10, un moteur électrique 12 et un onduleur 14 comme illustré à la [Fig.1].

[0116] Ce réseau comprend également au moins une prise de chargement à partir du réseau électrique externe, un connecteur MSD et un relais charge.

[0117] Dans un mode de réalisation particulier, le moteur électrique 12 est un moteur à flux axial commandé par l'onduleur 14, par exemple un moteur synchrone triphasé à aimant permanent commandé par l'onduleur 14.

[0118] Un moteur à flux axial possède une des meilleures densités de puissance (kW/kg) ce qui permet de limiter le poids et le volume du moteur 12.

[0119] Le moteur électrique 12 est adapté pour :

- produire un couple compris entre 0 et 400 Nm, de préférence entre 150 et 350 Nm ;
- délivrer une puissance moyenne comprise entre 20 et 100 kW, de préférence entre 40 et 60 kW.

[0120] Le moteur 16 est idéalement positionné dans un environnement sec, sans poussière et sans vibrations. Il est idéalement maintenu à une température comprise entre -40°C et 130°C, de préférence entre -20° C et 40°C.

[0121] Il fonctionne idéalement à une température ambiante comprise entre -30°C et 90°C.

- [0122] Il requiert donc d'être refroidi par un fluide.
- [0123] Ce refroidissement peut être obtenu grâce à un fluide diélectrique avec un volume de fluide diélectrique compris entre 0,3 et 2 litres, de préférence entre 0,5 et 1 litre. Par exemple, le volume de fluide diélectrique est de 0,6 litre au sein du moteur (i.e. du circuit de refroidissement interne au moteur). De plus, le débit du fluide de refroidissement est idéalement compris entre 12 et 20 litres par minute.
- [0124] Il est possible que le moteur soit équipé d'un système de refroidissement par air du rotor qui s'ajoute au refroidissement par liquide, ici le fluide diélectrique. Lorsqu'il fonctionne dans le sens normal de rotation, le moteur aspire l'air par l'entrée d'air et évacue l'air chaud par la sortie située au bas du moteur.
- [0125] La puissance maximale délivrée par le moteur électrique 12 est comprise entre 140 et 200 kW, de préférence entre 150 et 170. Idéalement, le moteur 12 est capable de délivrer une puissance maximale de 160 kW. Le couple maximal délivré par le moteur est compris entre 300 et 450 Nm. Idéalement, le couple maximal est de 370 Nm.
- [0126] L'onduleur 14 a pour fonction principale de contrôler la puissance du moteur électrique 12. Il permet également le freinage par régénération utilisé pour récupérer l'énergie cinétique qui est ensuite convertie en énergie électrique pour être stockée dans la batterie 10.
- [0127] En traction, les commandes de contrôle du moteur électrique 12 sont effectuées par le conducteur à l'aide d'une combinaison de commandes numériques (direction, interrupteur au pied, interrupteur de siège, etc.) et de commandes analogiques (accélérateur et frein au pied). L'onduleur 14 fournit toutes les fonctions nécessaires à la validation des commandes du conducteur et au profilage de la demande de vitesse et de couple en fonction des paramètres enregistrés.
- [0128] Les entrées de l'accélérateur peuvent être configurées comme des demandes de vitesse ou de couple avec des limites de vitesse dépendant de l'accélérateur : dans les deux cas, une demande de couple est continuellement calculée pour tenir compte des limites prédéfinies sur le niveau et le taux de variation du couple. La demande de couple est utilisée pour calculer les demandes de courant, c'est-à-dire que l'onduleur 16 calcule les courants qui seront nécessaires dans le moteur 12 pour générer le couple requis.
- [0129] L'onduleur 14 nécessite également d'être refroidi, pour être le plus performant, par un système de refroidissement. Dans un mode de réalisation, un débit minimal de 5 litre par minute est suffisant pour refroidir l'onduleur 14.
- [0130] La batterie 10 stocke l'énergie nécessaire au fonctionnement du système de motorisation électrique.
- [0131] La batterie 10 est un module électrique comprenant une pluralité de cellules de

batteries. Elle est formée d'un nombre prédéterminée de cellules de batteries, par exemple entre 1000 et 3000 cellules de batterie, de préférence entre 1500 et 2500 cellules, de manière encore plus préférentielle entre 1800 et 2000 cellules.

- [0132] Les cellules de batteries sont reliées entre elles en série, en parallèle ou en série-parallèle par des platines, appelées bus-barres, formées par un matériau conducteur qui peut être revêtu localement par une couche isolante.
- [0133] Afin de respecter les contraintes de volume induites par la géométrie d'une voiture de course, il est préférable que la batterie 10 puisse être installée dans un volume de faible largeur, par exemple entre les deux sièges avant de la voiture.
- [0134] C'est pourquoi, dans un mode de réalisation particulier, les cellules de batterie sont réparties sur plusieurs niveaux. Dans un mode de réalisation particulier, elles sont réparties sur au moins quatre niveaux superposés les uns aux autres comme illustré à la [Fig.3] ou 4. Une couche d'isolant sépare chacun des niveaux de cellules de batterie formant la batterie 10. Enfin, la batterie est contenue dans un boîtier en matériau composite ou en métal, par exemple de l'aluminium.
- [0135] Les niveaux ne contiennent pas forcément un même nombre de cellules de batterie. Par exemple, un niveau peut contenir entre 500 et 800 éléments. Un autre niveau peut comporter deux portions disjointes contenant entre 100 et 300 éléments. Un quatrième niveau peut être superposé uniquement sur une portion d'un niveau précédent. Un exemple non limitatif est schématisé à la [Fig.3]. Par exemple, le premier niveau contient 700 éléments, le second 720, le troisième deux portions distinctes contenant respectivement 180 et 150 éléments et le quatrième niveau 150 éléments.
- [0136] Les dimensions de la batterie sont déterminées par les dimensions des au moins quatre niveaux de cellules de batterie la composant. La hauteur totale de la batterie peut être comprise entre 200 et 400 mm et sa longueur totale entre 1200 et 1600 mm. Un niveau de cellules de batterie a une longueur comprise entre 250 et 1400 mm. La hauteur des niveaux est aussi variable : elle est comprise entre 70 et 90 mm. A titre d'exemple non limitatif, des côtes des niveaux de cellules de batterie et de la batterie sont renseignées à la [Fig.4].
- [0137] La batterie 10 a une tension comprise entre 500V et 1000V, de préférence 700 et 900 V, de manière encore plus préférentielle 800 V et peut stocker une quantité d'énergie comprise entre 10 et 30 kWh, de préférence entre 15 et 20 kWh, de manière encore plus préférentielle 18 kWh.
- [0138] La batterie 10 a un taux de charge et/ou de décharge compris entre 5 et 40C, de préférence 10C. Ainsi, elle est soumise à de fortes montées en températures et doit être efficacement refroidie par le système de refroidissement.
- [0139] Enfin, le ou les circuits électroniques de gestion des cellules batteries sont inclus dans l'enceinte du module électrique ou batterie 10.

- [0140] Le moteur électrique 10 décrit plus haut permet d'obtenir de telles performances mais il nécessite d'être refroidi efficacement. La pompe de circulation 18 permet de délivrer le débit adéquat pour le moteur 10. Puisque le système de refroidissement est immersif, une seule pompe de circulation 18 est nécessaire ce qui représente un gain de place et de poids.
- [0141] De même, la batterie 12 doit être capable de se décharger rapidement et de se charger rapidement, également en phase de freinage. La batterie 12 décrit précédemment répond également à ces attentes en termes de performances (cf le C ratio notamment).
- [0142] De plus, l'architecture inédite de la batterie 12 permet également un gain de place dans le contexte de la contrainte de volume d'une voiture de course. Cette architecture permet de placer la batterie à l'intérieur de l'habitacle, notamment entre les deux sièges avant de la voiture de course comme illustré à la [Fig.4].
- [0143] Le stockage d'énergie par la batterie 12 joue un rôle très important puisqu'une voiture électrique de course doit être capable de produire une accélération rapide et un freinage important. D'une part, cela implique une forte demande de puissance de la part du groupe motopropulseur électrique. D'autre part, cela signifie qu'il est possible de régénérer une énorme quantité d'énergie par le freinage par récupération.
- [0144] Les capacités de charge et décharge de la batterie 12 occasionnent un échauffement qui est amplifié par le faible volume dans lequel la batterie 12 est placée vu les contraintes d'espace et de poids du véhicule de course électrique.
- [0145] Ainsi, le système de refroidissement 100 ou système de refroidissement immersif 100 permet d'obtenir les meilleures performances de la batterie 12 qui sont nécessaires à l'obtention des performances attendues en termes de vitesse, d'accélération et de recharge sur le temps de freinage pour le véhicule de course.
- [0146] Notamment, le débit de circulation du fluide diélectrique délivré par la pompe de circulation 18 convient au moteur électrique 10. Dans cet exemple particulier, le volume total de fluide diélectrique nécessaire au refroidissement du système de motorisation électrique est compris entre 8 et 15 litres.
- [0147] De plus, comme décrit plus haut, le système de refroidissement permet un gain de place et de poids tout en refroidissant efficacement (cf tableau 1) les éléments à refroidir.
- [0148] Enfin, dans un mode de réalisation préféré, le système de motorisation électrique est installé sur le train avant du véhicule comme illustré à la [Fig.1]. Les deux roues avant sont entraînées par le moteur électrique 10 d'une puissance d'environ 160kW et d'un couple de 370 Nm intégrés sur le train avant.
- [0149] Autre exemple d'application : voiture hybride de course
- [0150] Une seconde application est l'implémentation du système de refroidissement dans une voiture hybride de course.

- [0151] Un véhicule hybride est un véhicule faisant appel à plusieurs sources d'énergie distinctes pour se mouvoir. Ainsi, une voiture hybride de course est une voiture de course d'après la définition donnée plus haut équipée de deux systèmes de motorisation faisant chacun appel à une source d'énergie distincte.
- [0152] Ici, la première source d'énergie est électrique et l'autre est thermique. Autrement dit, par rapport à la première application présentée plus haut, le véhicule 1 est en outre doté d'un système de motorisation thermique. Le véhicule hybride de course est donc doté du même système de motorisation que le véhicule électrique précédemment décrit. Les composants sont donc les mêmes. Le système de refroidissement offre donc à minima les mêmes avantages que ceux décrits plus haut.
- [0153] La conception d'un véhicule hybride électrique-thermique reste extrêmement complexe, particulièrement dans le cas de la conception d'un véhicule de course.
- [0154] Les défis portent notamment sur les points suivants.
- [0155] Pour un groupe motopropulseur en série, lorsque l'énergie est fournie par le moteur thermique, elle doit d'abord passer par le générateur puis le moteur électrique, ce qui augmente les pertes par rapport à la topologie parallèle. En outre, en l'absence de dispositif de stockage de l'énergie, le moteur thermique, le moteur électrique et les générateurs doivent tous être dimensionnés pour répondre à la demande de puissance requise. Il en résulte un groupe motopropulseur relativement lourd, par rapport à un groupe conventionnel.
- [0156] Dans le cas de la topologie parallèle, la taille du moteur thermique peut être réduite, car celui-ci peut entraîner les roues directement en combinaison avec les moteurs électriques. Cependant, relier directement le moteur thermique aux roues nécessite un moteur à bas régime ou des rapports de vitesse élevés. Si l'on ajoute à cela une transmission plus complexe pour pouvoir passer d'un mode de fonctionnement à l'autre, on obtient des pertes mécaniques plus importantes et une stratégie de contrôle plus complexe.
- [0157] Dans les deux architectures mentionnées, le stockage d'énergie joue également un rôle très important puisqu'une voiture hybride de course doit être capable de produire une accélération rapide et un freinage important. D'une part, cela implique une forte demande de puissance de la part du groupe motopropulseur électrique. D'autre part, cela signifie qu'il est possible de régénérer une énorme quantité d'énergie par le freinage par récupération.
- [0158] Ici, puisque les contraintes de poids sont encore plus difficiles à atteindre compte tenu des deux systèmes de motorisation, le gain de place offert par le système de refroidissement et sa simplicité sont encore plus avantageux pour une application à un véhicule hybride de course que dans un véhicule électrique de course.
- [0159] De plus, les performances offertes par le système de refroidissement immersif de la

batterie 12 permettent d'obtenir les performances attendues pour le système de motorisation électrique.

[0160] Concernant, le système de motorisation thermique, un mode de réalisation particulier est un système de motorisation thermique comprenant un moteur thermique adapté pour fonctionner avec un carburant contenant 85% d'éthanol.

[0161] Par exemple, les deux roues arrière seront entraînées par ce système de motorisation thermique afin délivrer 400CV de puissance et 400 à 450 Nm de couple avec un carburant contenant 85% d'éthanol.

Liste des signes de référence

[0162] 1 : Véhicule
 10 : moteur électrique
 12 : module électrique ou batterie
 14 : onduleur
 18 : pompe de circulation
 20 : capteur de contamination
 22 : échangeur thermique
 30 : ensemble de tuyaux
 100 : système de refroidissement

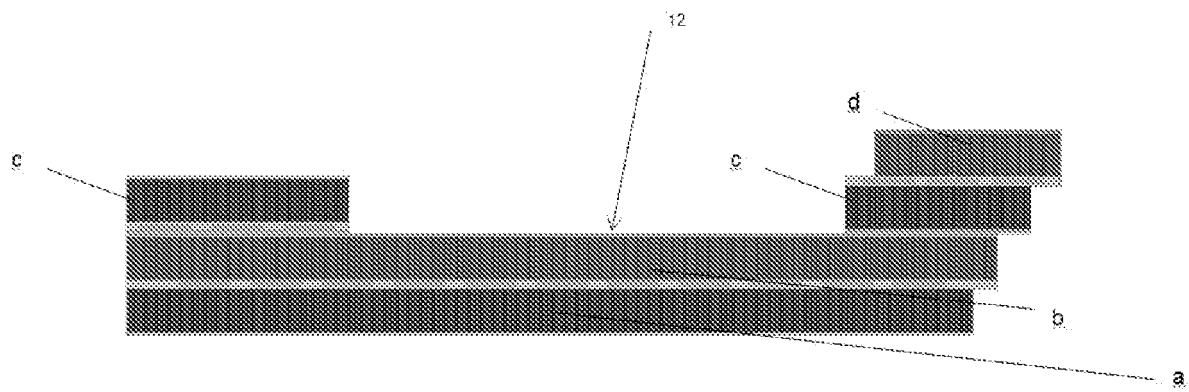
Revendications

- [Revendication 1] Véhicule hybride (1) comprenant un système de motorisation électrique et un système de refroidissement (100),
le système de motorisation électrique comprenant les éléments suivants:
- un moteur électrique (10),
 - un onduleur (14) et
 - un module électrique (12) comprenant une pluralité de cellules de batteries,
- le système de refroidissement comprenant les composants suivants:
- un unique fluide diélectrique,
 - au moins un échangeur thermique (22),
 - un ensemble de tuyaux (30) reliant les éléments du système de motorisation électrique et les composants du système de refroidissement, et
 - une pompe de circulation (18) du fluide diélectrique adaptée pour faire circuler le fluide diélectrique à travers les éléments du système de motorisation électrique et les composants du système de refroidissement et entre les éléments du système de motorisation électrique et les composants du système de refroidissement via l'ensemble de tuyaux (30);
- les cellules de batteries étant immergées dans le fluide diélectrique parcourant le module électrique (12), et
le moteur électrique, l'onduleur et les cellules de batteries étant parcourus par le même et unique fluide diélectrique.
- [Revendication 2] Véhicule hybride selon la revendication précédente dans lequel la pompe de circulation (18) est adaptée pour délivrer un débit compris entre 5 et 30 litres par minutes, de préférence entre 12 et 20 litres par minute.
- [Revendication 3] Véhicule hybride (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel le système de refroidissement comprend en outre :
- un capteur de contamination (20) d'un fluide adapté pour détecter et mesurer toute usure et contamination dans le fluide diélectrique, et/ou
 - un filtre.
- [Revendication 4] Véhicule hybride selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel, en sortie de l'échangeur thermique (22), le fluide diélectrique traverse d'abord le module électrique (12), puis le moteur (10) et enfin l'onduleur (14) avant de revenir à l'échangeur thermique (22), le capteur de contamination et le filtre étant placés, le cas échéant,

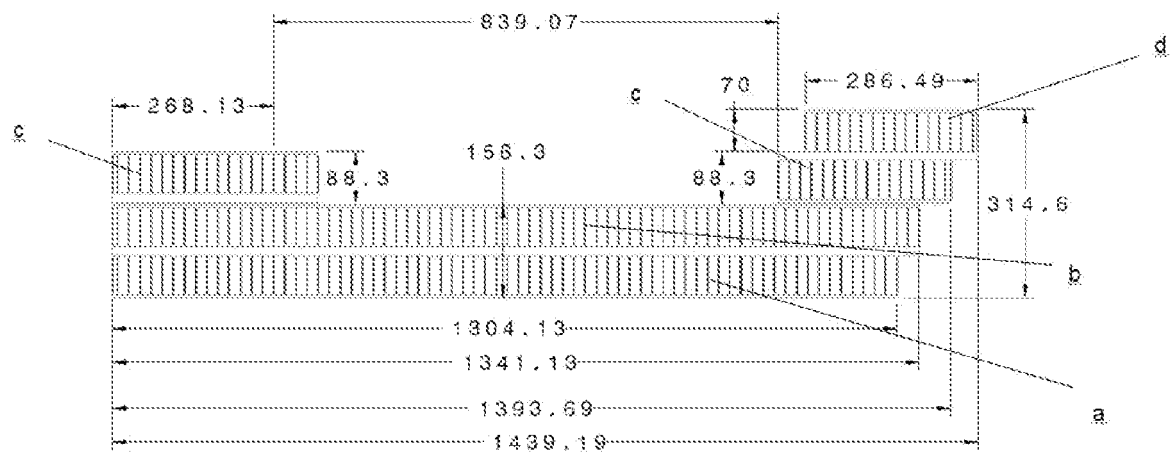
- de préférence entre le module électrique (12) et le moteur (10).
- [Revendication 5] Véhicule hybride selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel le fluide diélectrique est doté d'au moins une des caractéristiques suivantes :
- d'une viscosité à 40°C comprise entre 3 et 5 centistokes (cSt),
 - d'une viscosité à 100°C comprise entre 1 et 2 centistokes (cSt),
 - d'un point éclair compris entre 110 et 150°C selon la norme ASTM D92,
 - d'un point d'écoulement compris entre -60°C et -50°C selon la norme ASTM D97,
 - d'un facteur de dissipation à 100°C compris entre 0,005 et 0,02 selon la norme ASTM D924.
- [Revendication 6] Véhicule hybride (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel le module électrique (12) comprenant entre 1000 et 3000 cellules de batterie, de préférence entre 1500 et 2500 cellules, de manière encore plus préférentielle entre 1800 et 2000 cellules ; les cellules de batteries étant réparties au sein du module électrique (12) sur au moins quatre niveaux (a, b, c et d) superposés les uns aux autres.
- [Revendication 7] Véhicule hybride (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel le module électrique (12) est adapté pour délivrer une tension comprise entre 500 et 1100 V, de préférence 700 et 900 V, de manière encore plus préférentielle 800 V et/ou pour stocker une quantité d'énergie comprise entre 10 et 30 kWh, de préférence entre 15 et 20 kWh, de manière encore plus préférentielle 18 kWh.
- [Revendication 8] Véhicule hybride (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel le module électrique (12) est doté d'un taux de charge et/ou de décharge (C-rate) compris entre 5 et 40C, de préférence 10C.
- [Revendication 9] Véhicule hybride (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel le moteur électrique (12) est adapté pour :
- produire un couple compris entre 0 et 400 Nm, de préférence entre 150 et 350 Nm ;
 - délivrer une puissance moyenne comprise entre 20 et 100 kW, de préférence entre 40 et 60 kW ; et/ou
 - délivrer une puissance maximale comprise entre 100 et 200 kW, de préférence entre 130 et 160 kW.
- [Revendication 10] Véhicule hybride (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes comprenant en outre un système de motorisation thermique

comprenant un moteur thermique adapté pour fonctionner avec un carburant contenant entre 0 et 85% d'éthanol.

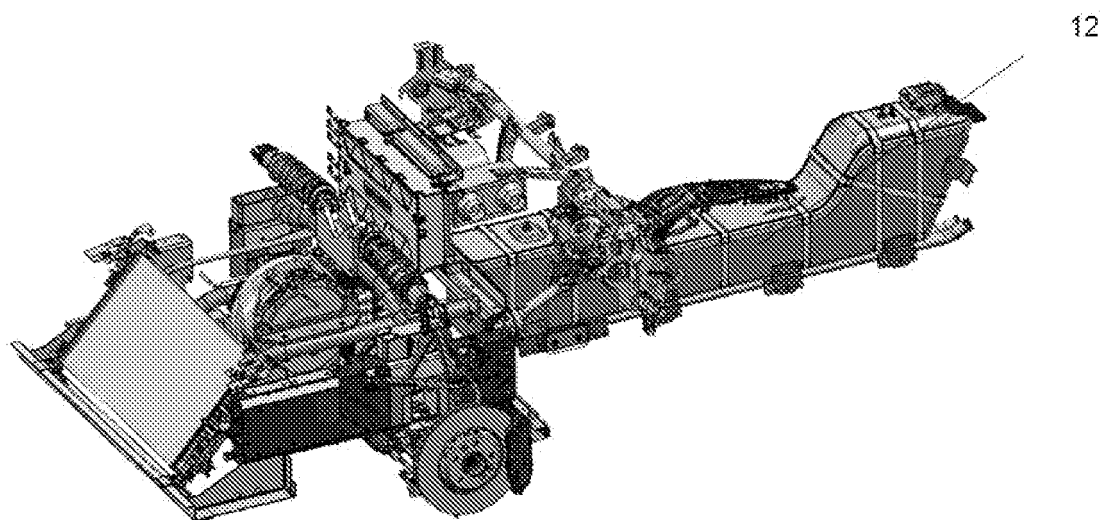
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]

