

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 17.05.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 22.11.24 Bulletin 24/47.

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

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : RENAULT SAS — FR.

72 Inventeur(s) : MONTI Alessandro.

73 Titulaire(s) : RENAULT SAS.

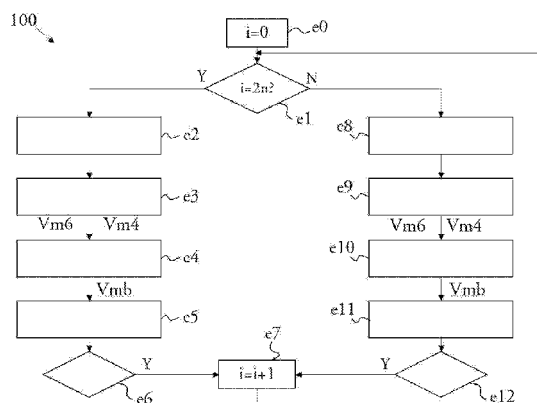
74 Mandataire(s) : EX MATERIA.

54 Procédé de détermination de consignes de tension de convertisseurs d'un système d'alimentation électrique d'un véhicule et système d'alimentation électrique correspondant.

57 Procédé de détermination de consignes de tension de convertisseurs d'un système d'alimentation électrique d'un véhicule et système d'alimentation électrique correspondant

La présente invention concerne un procédé de détermination (100) d'une première consigne de tension de sortie d'un premier convertisseur courant continu – courant continu et d'une deuxième consigne de tension de sortie d'un deuxième convertisseur courant continu – courant continu, connectés en entrée à une batterie d'un véhicule et en sortie à un réseau de bord du véhicule, la première consigne et la deuxième consigne alternant entre une valeur haute et une valeur basse, les premier et deuxième convertisseurs prenant chacun sur une même période de l'alternance une valeur distincte, et régulant leur tension de sortie en fonction d'une première mesure de tension et respectivement une deuxième mesure de tension, la première consigne étant déterminée en fonction de la deuxième mesure de tension et la deuxième consigne est déterminée en fonction de la première mesure de tension.

(Figure 7)



Description

Titre de l'invention : Procédé de détermination de consignes de tension de convertisseurs d'un système d'alimentation électrique d'un véhicule et système d'alimentation électrique correspondant

- [0001] La présente invention se rapporte aux domaines de l'électricité et de l'industrie automobile, et concerne plus précisément un système d'alimentation électrique dans un véhicule électrique ou hybride électrique, destiné à alimenter les équipements du véhicule, ainsi qu'un procédé de détermination de consignes de tension pour des convertisseurs courant continu- courant continu d'un tel système d'alimentation électrique.
- [0002] Les véhicules électriques ou hybrides électriques sont très souvent équipés d'une batterie au lithium-ion ou de technologie équivalente, apte à fournir l'énergie nécessaire à un moteur électrique permettant la traction ou la propulsion du véhicule, en coopération éventuelle avec un moteur thermique. Une telle batterie est dite haute tension car la tension maximale à vide à ses bornes est généralement bien supérieure à celle des batteries de servitude, usuellement de l'ordre de 12V (volts). Néanmoins certaines batteries de servitude délivrent une tension de l'ordre de 48V, cette valeur pouvant être également la tension maximale à vide de certaines batteries « haute tension ».
- [0003] Dans un véhicule électrique ou hybride électrique, la batterie de servitude, souvent au plomb, est utilisée pour alimenter un réseau de bord du véhicule sur lequel sont branchés les calculateurs du véhicule ainsi que des consommateurs basse tension tels que des actionneurs d'essuie-glace, des capteurs ou de petites résistances chauffantes. La batterie de servitude étant généralement plus stable que la batterie haute tension, elle garantit de plus l'alimentation de dispositifs sécuritaires du véhicule tels que des systèmes de freinage et de direction, tandis que la batterie haute tension, qui se décharge plus rapidement, est destinée à alimenter le moteur électrique du véhicule, et éventuellement d'autres équipements haute tension tels qu'un compresseur de climatisation. Le réseau électrique sur lequel sont connectés ces équipements est appelé réseau « haute tension » du véhicule.
- [0004] La batterie de servitude n'a besoin d'être changée que tous les trois à quatre ans, et est donc utilisée pour alimenter a minima des consommateurs du véhicule pendant de longues périodes d'inutilisation de celui-ci, c'est-à-dire lorsque le véhicule est à l'arrêt et éteint. On dit alors qu'il est « endormi » car en réalité pendant ces périodes d'inutilisation, les calculateurs du véhicule ont des modules restant activés pour surveiller l'environnement du véhicule, tels qu'une alarme, un module de commu-

nication d'un ordinateur pour recevoir des signaux radio provenant d'une clef de contact, ou encore des messages en provenance d'un serveur distant via un réseau de communication sans fil, demandant par exemple l'envoi de données de maintenance ou la mise à jour de logiciels. Cette consommation des véhicules en période d'inutilisation est de plus amenée à croître avec le temps, du fait notamment de l'entrée des véhicules dans l'internet des objets.

[0005] Cependant, les normes anti-pollution vont interdire les batteries au plomb, par ailleurs lourdes et encombrantes, ce qui obligera par exemple à les remplacer par des petites batteries au lithium-ion, très onéreuses et qu'il faudra recharger très souvent en période d'inutilisation du véhicule, notamment en réveillant celui-ci pour pouvoir connecter un convertisseur courant continu – courant continu à la batterie haute tension, le convertisseur permettant la recharge de la petite batterie lithium-ion. Cette solution est coûteuse en énergie du fait du réveil du véhicule et des procédures de vérification du réseau haute tension avant la recharge de la petite batterie lithium-ion.

[0006] Les inventeurs ont donc conçu une architecture de système d'alimentation électrique pour un véhicule électrique ou hybride sans batterie de servitude et dans laquelle les consommateurs basse tension du véhicule sont alimentés par la batterie haute tension du véhicule, celle-ci intégrant au moins deux convertisseurs courant continu – courant continu pour assurer une redondance sécuritaire. Afin d'optimiser au mieux la consommation d'énergie du véhicule, ces convertisseurs courant continu – courant continu sont dimensionnés chacun pour une consommation modérée sur le réseau de bord du véhicule par les consommateurs basse tension. Lors d'une telle consommation modérée, un seul des convertisseurs est utilisé ce qui économise de l'énergie d'autant plus que le rendement du convertisseur est optimisé pour une telle consommation sur le réseau de bord. Lorsque la consommation sur le réseau de bord devient plus importante, les deux convertisseurs fonctionnent en même temps. Dans ce dernier cas, une dissymétrie d'utilisation des convertisseurs pourrait solliciter l'un des convertisseurs plus que l'autre ce qui accélérerait son vieillissement. De manière générale, pour augmenter la durée de vie des convertisseurs, il est préférable d'alterner leur utilisation afin qu'ils soient sollicités chacun sur une durée identique. Pour cela, un dispositif de supervision du véhicule, par exemple un ordinateur principal du véhicule, va changer par exemple toutes les heures ou à chaque début de mission du véhicule, une mission correspondant à une durée d'utilisation du véhicule pendant laquelle le ordinateur principal du véhicule est « réveillé », les consignes de tension des convertisseurs de sorte que seul l'un d'entre eux convertisse le courant de la batterie en un courant basse tension. La consigne de tension du convertisseur qui fonctionne est une consigne de tension haute choisie dans une plage haute de tension nominale du réseau de bord, tandis que la consigne de tension de l'autre convertisseur est une consigne de

tension basse choisie dans une plage basse de tension nominale du réseau de bord, de sorte que cet autre convertisseur n'est pas sollicité tant que la tension du réseau de bord reste proche de la consigne de tension haute.

- [0007] Cependant les inventeurs ont constaté que pour fonctionner, cette stratégie d'alternance de l'utilisation des convertisseurs ne fonctionne que lorsque leurs capteurs de tension respectifs sont très précis, donc coûteux. Autrement, la dispersion des mesures des capteurs de tension des convertisseurs fait qu'un premier des convertisseurs peut travailler plus que le deuxième des convertisseurs, notamment lorsque la différence entre les tensions de régulation réellement respectées par les convertisseurs, n'est pas identique d'une période à l'autre de l'alternance de tensions de consigne des convertisseurs.
- [0008] Il existe donc un besoin d'une architecture électrique d'un véhicule électrique ou hybride électrique, sans batterie de servitude au plomb, assurant le fonctionnement des équipements sécuritaires du véhicule et permettant d'optimiser la consommation d'énergie du véhicule, tout en utilisant des convertisseurs courant continu - courant continu peu coûteux et de durée de vie satisfaisante.
- [0009] La présente invention vise à remédier au moins en partie aux inconvénients de la technique antérieure en fournissant un procédé de détermination de consignes de tension de convertisseurs courant continu – courant continu d'un système d'alimentation électrique d'équipements d'un véhicule électrique ou hybride électrique, qui prend en compte les dispersions de capteurs de tension associés chacun à un convertisseur distinct parmi les convertisseurs. L'invention fournit aussi un tel système d'alimentation électrique d'équipements d'un véhicule électrique ou hybride électrique, qui fiabilise par ailleurs l'alimentation des équipements du véhicule tout en minimisant la consommation du système d'alimentation électrique.
- [0010] A cette fin, l'invention propose un procédé de détermination d'une première consigne de tension de sortie d'un premier convertisseur courant continu – courant continu et d'une deuxième consigne de tension de sortie d'un deuxième convertisseur courant continu – courant continu, le premier convertisseur et le deuxième convertisseur étant connectés en entrée respectivement à un premier ensemble de cellules d'une batterie d'un véhicule et à un deuxième ensemble de cellules de la batterie du véhicule, en étant connectés en sortie à un réseau de bord du véhicule, la première consigne et la deuxième consigne alternant entre une valeur haute de tension de consigne et une valeur basse de tension de consigne, la deuxième consigne prenant la valeur basse de tension de consigne quand la première consigne prend la valeur haute de tension de consigne, et la deuxième consigne prenant la valeur haute de tension de consigne quand la première consigne prend la valeur basse de tension de consigne, le premier convertisseur régulant sa tension de sortie en fonction d'au moins

une mesure de tension effectuée par un premier capteur de tension et le deuxième convertisseur régulant sa tension de sortie en fonction d'au moins une mesure de tension effectuée par un deuxième capteur de tension,

le procédé de détermination étant caractérisé en ce que la première consigne est déterminée en fonction de la mesure de tension effectuée par le deuxième capteur de tension, et en ce que la deuxième consigne est déterminée en fonction de la mesure de tension effectuée par le premier capteur de tension.

[0011] Dans l'invention, la batterie est apte à faire fonctionner le groupe motopropulseur électrique, il s'agit donc d'une batterie « haute tension » ou batterie de traction c'est-à-dire une batterie d'accumulateurs électriques alimentant un onduleur et un moteur électrique lors du roulage du véhicule, à la différence d'une batterie de servitude de l'art antérieur. La batterie dans l'invention peut donc aussi être entendue comme une batterie de propulsion en fonction du moteur électrique utilisé, celui-ci étant un moteur électrique permettant la traction ou la propulsion du véhicule, éventuellement en coopération avec un autre type de moteur si le véhicule est hybride, compris dans le sens d'« hybride électrique » dans cette demande.

[0012] Grâce à l'invention, le réseau de bord du véhicule est alimenté en alternance, lorsque le réseau de bord consomme peu d'électricité, par le premier ou le deuxième convertisseur seulement, en tenant compte des différences de mesure entre le premier capteur de tension et le deuxième capteur de tension, ce qui permet de calculer les première et deuxième consignes de sorte à ce que les premier et deuxième convertisseurs soient sollicités sur des durées identiques, et d'augmenter leurs durées de vie. La période de sollicitation d'un convertisseur dans cette alternance est par exemple celle de la mission d'un véhicule, ou une durée prédéterminée par exemple d'une heure. Elle peut par exemple être modifiée pour que les deux convertisseurs soient sollicités sur des durées identiques ou aient fourni une même quantité d'énergie depuis leur intégration dans le véhicule.

[0013] Par « première consigne de tension de sortie » on entend le signal de consigne de tension du premier convertisseur et par « deuxième consigne de tension de sortie » on entend le signal de consigne de tension du deuxième convertisseur, chaque convertisseur étant régulé par un unique signal pouvant prendre différentes valeurs. Les tensions mesurées par les capteurs de tension sont bien sûr mesurées aux bornes du réseau de bord car mesurées en sortie des convertisseurs.

[0014] Les convertisseurs sont par exemple utilisés pour alimenter le réseau de bord lorsque le véhicule est réveillé ou endormi c'est-à-dire en mode « veille », bien qu'une architecture préférée d'alimentation électrique selon l'invention utilise un convertisseur spécifique pour alimenter le réseau de bord en mode « veille » comme explicité plus loin.

- [0015] Bien sûr la valeur haute de tension de consigne est strictement supérieure à la valeur basse de tension de consigne. Notamment de préférence, la valeur haute de tension de consigne dépend d'un seuil haut de tension, et la valeur basse de tension de consigne dépend d'un seuil bas de tension, la différence entre le seuil haut de tension et le seuil bas de tension étant supérieure à un seuil minimum de différence de tension. Ce seuil minimum de tension est par exemple de 1V. Ce seuil minimum permet d'éviter des bagotements (activations/désactivations) du convertisseur ayant le seuil d'activation la plus basse, ce qui améliore ainsi la durabilité des composants.
- [0016] La première consigne et la deuxième consigne sont par exemple fonction d'une somme entre d'une part le seuil haut de tension ou le seuil bas de tension, et d'autre part une tension de compensation. La tension de compensation est par exemple fonction de la moitié d'une différence entre ladite au moins une mesure de tension effectuée par le premier capteur de tension et de ladite au moins une mesure de tension effectuée par le deuxième capteur de tension. En fonction de la méthode employée pour déterminer les dispersions des capteurs, cette tension de compensation est plus ou moins affinée. Par exemple si on utilise un troisième capteur de tension, on peut déterminer la dispersion de chaque capteur et avoir une tension de compensation égale à cette dispersion dans le calcul de la consigne de tension associée au convertisseur dont le capteur de tension est sujet à cette dispersion.
- [0017] Dans un mode de réalisation de l'invention, la première consigne est déterminée en fonction d'une moyenne de mesures de tension effectuées par le deuxième capteur de tension et la deuxième consigne est déterminée en fonction d'une moyenne de mesures de tension effectuées par le premier capteur de tension. Ce moyennage de mesures est effectué préalablement à la détermination des première et deuxième consignes, par exemple quelques secondes avant. Il rend cette détermination plus robuste grâce à l'utilisation d'une moyenne de mesures plutôt qu'une seule mesure par capteur de tension.
- [0018] L'invention concerne aussi un système d'alimentation électrique d'équipements d'un véhicule électrique ou hybride, comportant :
- une batterie, apte à fournir l'énergie nécessaire au fonctionnement d'un groupe motopropulseur électrique du véhicule,
 - un premier convertisseur courant continu - courant continu, dit convertisseur d'exploitation, apte à alimenter un réseau de bord du véhicule lors de phases d'exploitation du véhicule, le premier convertisseur d'exploitation étant connecté en entrée à un premier ensemble de cellules de la batterie et en sortie au réseau de bord du véhicule,
 - un deuxième convertisseur courant continu - courant continu, dit convertisseur d'exploitation, apte à alimenter le réseau de bord du véhicule lors de phases

d'exploitation du véhicule, le deuxième convertisseur d'exploitation étant connecté en entrée à un deuxième ensemble de cellules de la batterie et en sortie au réseau de bord du véhicule,

- une première unité de contrôle du premier convertisseur d'exploitation et un premier capteur de tension, la première unité de contrôle étant alimentée par le réseau de bord du véhicule et étant apte à réguler la tension de sortie du premier convertisseur d'exploitation en fonction d'au moins une mesure de tension fournie par le premier capteur de tension, pour ajuster la tension de sortie du premier convertisseur d'exploitation à une première consigne de tension de sortie,

- une deuxième unité de contrôle du deuxième convertisseur d'exploitation et un deuxième capteur de tension, la deuxième unité de contrôle étant alimentée par le réseau de bord du véhicule et étant apte à réguler la tension de sortie du deuxième convertisseur d'exploitation en fonction d'au moins une mesure de tension fournie par le deuxième capteur de tension, pour ajuster la tension de sortie du deuxième convertisseur d'exploitation à une deuxième consigne de tension de sortie, et

- des moyens de détermination de la première consigne de tension de sortie du premier convertisseur d'exploitation et de la deuxième consigne de tension de sortie du deuxième convertisseur d'exploitation, aptes à mettre en œuvre le procédé de détermination selon l'invention lorsque la première consigne et la deuxième consigne alternent entre une valeur haute de tension de consigne et une valeur basse de tension de consigne, la deuxième consigne prenant la valeur basse de tension de consigne quand la première consigne prend la valeur haute de tension de consigne, et la deuxième consigne prenant la valeur haute de tension de consigne quand la première consigne prend la valeur basse de tension de consigne.

[0019] Les moyens de détermination sont par exemple des moyens logiciels dans les unités de contrôle, coopérant avec les moyens matériels que constituent les capteurs de tension, ces moyens logiciels et matériels communiquant via un bus de communication.

[0020] Il est par ailleurs à noter que les deux convertisseurs d'exploitation ayant des unités de contrôle distinctes, peuvent fonctionner indépendamment. Cela permet, en cas de panne d'un des convertisseurs d'exploitation, que cette panne n'entraîne pas de dysfonctionnement de l'autre des convertisseurs d'exploitation.

[0021] De préférence cependant, le système d'alimentation électrique selon l'invention comporte en outre un dispositif de supervision apte à envoyer la première consigne à la première unité de contrôle et la deuxième consigne à la deuxième unité de contrôle. Ainsi dans cette implémentation préférée de l'invention, les moyens de détermination sont des moyens logiciels dans le dispositif de supervision, coopérant avec les moyens matériels que constituent les capteurs de tension et les unités de contrôle, ces moyens

logiciels et matériels communiquant via un bus de communication. Le dispositif de supervision est par exemple le calculateur principal du véhicule, et est donc plus à même de déterminer une période d'alternance de fonctionnement de chacun des convertisseurs en fonction des durées de phase d'exploitation du véhicule, une phase d'exploitation correspondant à la durée entre le réveil du calculateur principal du véhicule et son endormissement subséquent. Cette phase d'exploitation peut comprendre une phase de roulage du véhicule et/ou une phase de « vie à bord » pendant laquelle le véhicule est à l'arrêt mais certains consommateurs sont allumés (chauffage, éclairage intérieur, autoradio, etc).

[0022] De préférence également, chacun des convertisseurs d'exploitation est apte à fournir une puissance nominale au réseau de bord strictement inférieure à une puissance maximale de consommation du réseau de bord lorsque le véhicule est en phase d'exploitation.

[0023] Ainsi lorsque les consommateurs du réseau de bord consomment peu d'énergie électrique, on utilise un seul des convertisseurs d'exploitation, consommant peu d'énergie de fonctionnement (car ils sont optimisés dans leur conception pour des petite charges du réseau de bord, ce qui est le cas le plus courant dans l'utilisation d'un véhicule), pour alimenter le réseau de bord. Par exemple les convertisseurs d'exploitation sont dimensionnés pour fournir chacun la moitié de la puissance maximale de consommation du réseau de bord, qui est la puissance électrique d'alimentation du réseau de bord nécessaire au véhicule pour fonctionner dans toutes les conditions. Cette puissance maximale est mesurée par exemple lors d'une phase de roulage où tous les consommateurs du réseau de bord sont activés, et notamment la climatisation, en conditions météorologiques extrêmes. Dans un autre exemple leurs puissances nominales respectives sont comprises entre 50 et 90% de la puissance maximale de consommation du réseau de bord lorsque le véhicule est en phase d'exploitation. Ce sont par exemple des convertisseurs d'exploitation qui peuvent varier de 2kW jusqu'à 4kW (kiloWatt) de puissance nominale. Les limiter à 2kW au lieu de 4kW permet également d'économiser des ressources matérielles tout en assurant la redondance sécuritaire mentionnée plus haut.

[0024] La valeur basse de tension de consigne est par exemple déterminée de sorte à ce que les premier et deuxième convertisseurs d'exploitation alimentent simultanément le réseau de bord dans une plage nominale de fonctionnement du réseau de bord dès que la consommation électrique sur le réseau de bord est supérieure à une puissance maximale apte à être fournie par le premier ou deuxième convertisseur d'exploitation dont la première ou respectivement deuxième consigne de tension de sortie est égale à la valeur haute de tension de consigne. Ainsi le système d'alimentation électrique va naturellement faire fonctionner les deux convertisseurs d'exploitation dès lors que la

consommation électrique sur le réseau de bord est importante.

[0025] Dans un mode préféré de réalisation, le système d'alimentation électrique selon l'invention comporte en outre :

- des interrupteurs de puissance aptes à connecter la batterie au groupe moto-propulseur électrique du véhicule,
- un convertisseur courant continu - courant continu, dit convertisseur de repos, connecté d'une part en entrée à un troisième ensemble de cellules de la batterie en amont des interrupteurs de puissance et d'autre part en sortie au réseau de bord du véhicule, le convertisseur de repos étant destiné à une alimentation du véhicule lorsque celui-ci est en mode veille, et
- une unité de contrôle du convertisseur de repos, alimentée par le réseau de bord du véhicule et apte à réguler la tension de sortie du convertisseur de repos à une tension de consigne strictement inférieure aux première et deuxième consignes des tensions de sortie des premier et deuxième convertisseurs d'exploitation. La tension de consigne du convertisseur de repos peut être utilisée comme valeur de référence pour calculer les différences de tension entre des capteurs de tension des convertisseurs d'exploitation.

[0026] Les termes « amont » ou « aval » dans cette demande se réfèrent à la position relative de composants ou ensembles électriques par rapport à la direction du courant sortant de la batterie et se dirigeant vers les consommateurs du véhicule. Ainsi un premier composant est en amont d'un deuxième composant si le courant sortant de la batterie traverse d'abord le premier composant puis le deuxième composant avant de revenir vers la batterie de traction, celle-ci étant en décharge.

[0027] La tension de consigne de régulation du convertisseur de repos est inférieure à la valeur basse de tension de consigne des premier et deuxième convertisseurs, avec une marge de sécurité pour ne pas fonctionner en phase d'exploitation. Par exemple la tension de consigne de régulation du convertisseur de repos est au moins de 0,5V inférieure à la valeur basse de tension de consigne des premier et deuxième convertisseurs.

[0028] Dans ce mode de réalisation, les deux convertisseurs d'exploitation sont désactivés lorsque le véhicule est en mode veille, pour économiser l'énergie de la batterie, le réseau de bord étant alimenté en mode veille par le convertisseur de repos, plus petit que chacun des convertisseurs d'exploitation et donc plus efficace pour de petits courants électriques.

[0029] Il est à noter que dans cette demande, l'activation du convertisseur d'exploitation correspond au réveil de son unité de contrôle, permettant le fonctionnement du convertisseur d'exploitation, donc la conversion de courant par le convertisseur d'exploitation, dès que la tension du réseau de bord mesurée par l'unité de contrôle du

convertisseur d'exploitation est inférieure à une consigne de tension imposée par l'unité de contrôle du convertisseur d'exploitation. L'unité de contrôle du convertisseur d'exploitation est par exemple un microcalculateur ou un micro-contrôleur. Le fonctionnement d'un convertisseur correspond donc au découpage du courant par le convertisseur dès que sa mesure de tension de sortie est inférieure à sa consigne de tension de régulation.

- [0030] Il est à noter que dans l'invention, le réseau de bord n'a plus besoin d'être alimenté par une batterie de servitude comme dans l'art antérieur. En effet dans l'invention, que les interrupteurs de puissance soient fermés ou ouverts, le réseau de bord est alimenté soit par le convertisseur d'exploitation, soit par le convertisseur de repos, celui-ci au moins étant connecté à la batterie en amont de ces interrupteurs de puissance.
- [0031] Ainsi, lorsque le véhicule est en mode veille ou « endormi », les calculateurs du véhicule sont alimentés a minima par le convertisseur de repos pour leur permettre de recevoir par exemple des messages d'activation uniquement. Pour cela le convertisseur de repos est connecté en amont des interrupteurs de puissance ce qui lui permet d'être toujours alimenté par le troisième ensemble de cellules de la batterie. Il est en effet à noter que dans l'invention, les dispositifs connectés en entrée à un ensemble de cellules de la batterie, le sont sans convertisseur intermédiaire. De plus l'unité de contrôle du convertisseur de repos étant alimentée par le réseau de bord directement en sortie du convertisseur de repos, son fonctionnement est sécurisé.
- [0032] Lorsque le dispositif de supervision du véhicule, par exemple le calculateur principal du véhicule, reçoit un message d'un serveur externe ou une requête utilisateur telle qu'une demande de déverrouillage du véhicule, il se réactive, réactive les autres calculateurs du véhicule et les convertisseurs d'exploitation dont l'un au moins alimente à son tour le réseau de bord du véhicule durant toute cette phase où le dispositif de supervision est réactivé, dite phase d'exploitation. Les convertisseurs d'exploitation sont connectés à la batterie en amont ou bien en aval des interrupteurs de puissance. De préférence les convertisseurs d'exploitation sont connectés à la batterie en amont des interrupteurs de puissance pour éviter de devoir fermer les interrupteurs de puissance en phase d'exploitation lorsque le réseau haute tension n'est pas sollicité par ailleurs, cette fermeture nécessitant des vérifications sécuritaires.
- [0033] De préférence, le convertisseur de repos est apte à fournir une puissance maximale au réseau de bord inférieure ou égale à une puissance maximale de consommation du réseau de bord lorsque le véhicule est en mode veille. Cette puissance maximale est déterminée par exemple en moyennant la puissance consommée sur le réseau de bord pendant toute la durée d'une phase de veille du véhicule et en y ajoutant une marge de sécurité. Elle est largement inférieure à la puissance nécessaire lorsque le véhicule est dans une phase d'exploitation (roulage ou vie à bord par exemple). En effet, n'étant

utilisé qu'en mode veille du véhicule, le convertisseur de repos est par exemple dimensionné pour fournir quelques Watt, et au maximum entre 5% et 10% de la puissance nominale du réseau de bord, c'est-à-dire de la puissance consommée par le réseau de bord en fonctionnement nominal, mesurée par exemple en moyennant la puissance consommée sur le réseau de bord pendant toute la durée d'une phase d'exploitation du véhicule. Cela permet des économies en termes de ressources matérielles (petite taille du convertisseur de repos) et en consommation d'énergie (meilleur rendement à faible puissance du convertisseur de repos).

- [0034] De préférence encore, le système d'alimentation électrique selon l'invention comporte en outre un organe de stockage d'énergie électrique connecté au réseau de bord en amont d'un boîtier fusible auquel sont connectés des consommateurs du réseau de bord.
- [0035] Cet organe de stockage d'énergie est par exemple une supercapacité. Elle permet de diminuer l'amplitude des appels de courant sur le réseau de bord, et de lisser le courant lors de phases transitoires comme notamment un passage en mode veille, en phase d'exploitation ou un changement de convertisseur d'exploitation pour alimenter le réseau de bord. En variante cet organe de stockage d'énergie est une petite batterie sans plomb telle qu'une petite batterie au Lithium.
- [0036] Dans un mode de réalisation de l'invention, le premier ensemble de cellules de la batterie est identique au deuxième ensemble de cellules de la batterie et comprend l'ensemble des cellules de la batterie. Ce mode de réalisation de l'invention dispense de la nécessité d'avoir un système d'équilibrage spécifique de chaque ensemble de cellules de la batterie. Pour la même raison, le troisième ensemble de cellules de la batterie est de préférence l'ensemble des cellules de la batterie.
- [0037] Les deux convertisseurs d'exploitation sont par exemple chacun connecté en amont des interrupteurs de puissance, ce qui permet de ne pas avoir à fermer les interrupteurs de puissance pour les utiliser et donc pour alimenter le réseau de bord, évitant ainsi une procédure de vérification de sécurité du réseau haute tension lorsqu'aucun équipement haute tension du véhicule ne nécessite d'être alimenté. En variante de réalisation, l'un des deux convertisseurs d'exploitation est connecté en entrée en aval des interrupteurs de puissance et l'autre des convertisseurs d'exploitation est connecté en entrée en amont des interrupteurs de puissance. Cette variante permet d'utiliser le convertisseur connecté à la batterie en aval des interrupteurs de puissance, pour précharger les capacités ou inductances en entrée d'un équipement tel qu'un chargeur ou un onduleur de pilotage d'une machine électrique, avant de connecter cet équipement à la batterie. Ainsi on peut se passer d'un système de précharge spécifique, notamment si les interrupteurs de puissance sont des relais de puissance.
- [0038] En variante de réalisation de l'invention, le premier ensemble et le deuxième

ensemble de cellules forment une partition d'au moins une partie de la batterie.

[0039] Dans cette variante, le premier ensemble et le deuxième ensemble comportent de préférence chacun une moitié des cellules de la batterie. Un dispositif d'équilibrage permet de décharger chaque moitié de cellules de façon quasi identique, ce dispositif d'équilibrage pouvant être logiciel et consister en l'alternance de fonctionnement de chacun des convertisseurs sur une durée identique, ou de sorte à ce qu'ils fournissent chacun une même quantité d'énergie aux consommateurs du réseau de bord du véhicule. Bien sûr d'autres variantes de réalisation de l'invention sont envisageables, avec par exemple plus de deux convertisseurs d'exploitation, chacun s'alimentant avec toutes les cellules de la batterie ou avec un sous-ensemble de cellules de la batterie, les sous-ensembles pouvant former une partition des cellules de la batterie. Le premier, le deuxième et le troisième ensembles de cellules de la batterie peuvent notamment se superposer entièrement ou deux à deux, ou former une partition de la totalité des cellules de la batterie.

[0040] L'invention concerne aussi un bloc batterie pour véhicule électrique ou hybride, comportant un boîtier logeant un système d'alimentation électrique selon l'invention, le bloc batterie comportant deux bornes de connexion haute tension et une borne de connexion basse tension. En plus des avantages liés au système d'alimentation électrique selon l'invention, le bloc batterie a l'avantage de sécuriser celui-ci, en isolant électriquement les composants haute tension du système d'alimentation électrique du châssis du véhicule, et en les protégeant des chocs. Les convertisseurs d'exploitation et leurs commandes sont notamment protégés dans le bloc batterie, des sollicitations vibratoires et thermiques du compartiment moteur. Eventuellement, lorsque le système d'alimentation électrique selon l'invention comporte un convertisseur d'exploitation en aval des interrupteurs de puissance et/ou un dispositif de supervision, ceux-ci sont disposés en dehors du bloc batterie. Enfin, lorsque le système d'alimentation électrique selon l'invention comporte deux convertisseurs d'exploitation et que l'un est dédié à l'alimentation des systèmes sécuritaires, l'autre étant dédié à l'alimentation de tous les systèmes sécuritaires et non sécuritaires du véhicule, le bloc batterie comporte deux connexions basse tension, c'est-à-dire une connexion basse tension pour l'alimentation des systèmes sécuritaires et l'autre pour l'alimentation des systèmes non sécuritaires. Il est à noter que le bloc batterie est par ailleurs connecté à la masse du véhicule, pour y relier l'une des sorties de chaque convertisseur d'exploitation ou de repos.

[0041] L'invention concerne enfin un véhicule équipé d'un système d'alimentation électrique selon l'invention, intégré par exemple dans le bloc batterie selon l'invention. Le véhicule comporte de plus le dispositif de supervision apte à gérer la consommation d'équipements du véhicule en phases d'exploitation.

- [0042] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront encore au travers de la description qui suit d'une part, et de plusieurs exemples de réalisation donnés à titre indicatif et non limitatif en référence aux dessins schématiques annexés d'autre part, sur lesquels :
- [0043] [Fig.1] représente un système d'alimentation électrique selon l'invention, d'équipements d'un véhicule électrique ou hybride, dans un mode de réalisation de l'invention,
- [0044] [Fig.2] représente une première variante de réalisation du système d'alimentation électrique de la [Fig.1],
- [0045] [Fig.3] représente une deuxième variante de réalisation du système d'alimentation électrique de la [Fig.1],
- [0046] [Fig.4] représente des tensions de consigne présentant une alternance en fonction du temps et appliquées à des convertisseurs courant continu – courant continu du système d'alimentation électrique des figures 1, 2 ou 3 dans l'hypothèse où des mesures de tension utilisées par les convertisseurs ne présentent pas de biais,
- [0047] [Fig.5] représente des dispersions de mesures utilisées par des convertisseurs courant continu – courant continu du système d'alimentation électrique des figures 1, 2 ou 3 autour de consignes haute et basse de tension de sortie des convertisseurs,
- [0048] [Fig.6] illustre des tensions de consigne présentant une alternance en fonction du temps appliquées à des convertisseurs courant continu – courant continu du système d'alimentation électrique des figures 1, 2 ou 3, et les tensions de régulation correspondantes de ces convertisseurs alors que des mesures de tension utilisées par les convertisseurs présentent un biais et alors qu'un procédé de détermination de tensions de consigne selon l'invention n'est pas mis en œuvre dans le système d'alimentation électrique,
- [0049] [Fig.7] représente des étapes d'un procédé de détermination de tensions de consigne selon l'invention, appliquées à des convertisseurs courant continu – courant continu du système d'alimentation électrique des figures 1, 2 ou 3, dans un mode de réalisation de l'invention,
- [0050] [Fig.8] illustre un cas d'évolution de la tension du réseau de bord en fonction du temps lorsque le procédé de détermination de la [Fig.7] est appliqué, et
- [0051] [Fig.9] illustre un autre cas d'évolution de la tension du réseau de bord en fonction du temps lorsque le procédé de détermination de la [Fig.7] est appliqué.
- [0052] Selon un mode de réalisation de l'invention représenté [Fig.1], un système d'alimentation électrique 1 d'un véhicule électrique ou hybride selon l'invention comporte une batterie 8 d'accumulateurs électriques connectés en série, ces accumulateurs étant par exemple des cellules utilisant la technologie Lithium-ion. Bien sûr d'autres technologies sont utilisables, par exemple celle des batteries Nickel métal

hydrure. La batterie 8 du système d'alimentation électrique 1 est une batterie dite de traction, donc « haute tension », dépourvue de plomb, dont la puissance permet de faire fonctionner un groupe motopropulseur électrique du véhicule. Sa tension maximale à vide est comprise par exemple entre 200V et 800V, dans ce mode de réalisation.

[0053] La batterie 8 est logée dans un bloc batterie 3, qui est un boîtier résistant aux crashes. Le bloc batterie 3 comporte deux sorties haute tension 12 et 22 connectées à un réseau haute tension du véhicule. Notamment le groupe motopropulseur électrique est connecté en entrée à ces sorties, qui sont d'une part une borne de connexion haute tension positive 12, connectée à l'une des extrémités de la batterie 8 par l'intermédiaire d'un fusible 15 et d'un interrupteur de puissance positif 14, connectés en série, et d'autre part une borne de connexion haute tension négative 22, connectée à l'autre des extrémités de la batterie 8 par l'intermédiaire d'un pyrocommutateur 17 et d'un interrupteur de puissance négatif 16, connectés en série. Le fusible 15 et le pyrocommutateur 17 sont connectés en amont des interrupteurs de puissance respectivement 14 et 16. Un système de précharge est par ailleurs connecté en parallèle de l'interrupteur de puissance 14, ce système de précharge comportant en série une résistance de précharge 19 et un interrupteur de précharge 18. Le système de précharge permet d'éviter la formation d'un appel de courant trop important lors du branchement de la batterie 8 à un chargeur de batterie ou à une borne de charge comportant des inductances ou des capacités d'entrée. En variante, notamment lorsque les interrupteurs de puissance positif 14 et négatif 16 sont réalisés par des transistors MOSFET (pour l'anglais « metal-oxide-semiconductor field-effect transistor »), le système d'alimentation électrique 1 ne comporte pas de système de précharge et/ou de dispositifs fusibles 15, 17.

[0054] Les interrupteurs de puissance 14, 16, 18 ainsi que le système de précharge et les dispositifs fusibles 15, 17 sont des éléments du système d'alimentation électrique 1 qui sont intégrés dans le bloc batterie 3, ce qui permet de les isoler électriquement dans le compartiment moteur du véhicule, et de les protéger en cas de crash.

[0055] Afin d'alimenter en 14V des consommateurs basse tension du véhicule, connectés par des liaisons électriques 92 à un boîtier fusible 90, le système d'alimentation électrique 1 comporte, dans le bloc batterie 3 :

[0056] - un premier convertisseur courant continu – courant continu 4 ou premier « convertisseur d'exploitation », connecté en entrée en parallèle à la batterie 8 en amont des interrupteurs de puissance 14, 16, 18 et en sortie à un réseau de bord 50 du véhicule. Plus précisément, une première sortie du premier convertisseur d'exploitation 4 est connectée à une sortie basse tension 14V du bloc batterie 3, cette sortie basse tension 14V étant connectée au réseau de bord 50, lui-même connecté au boîtier fusible 90, et une deuxième sortie du premier convertisseur d'exploitation 4 est reliée à une

masse du véhicule.

- [0057] - et un deuxième convertisseur courant continu – courant continu 6 ou deuxième « convertisseur d'exploitation », connecté en entrée en parallèle à la batterie 8 en amont des interrupteurs de puissance 14, 16, 18 et en sortie au réseau de bord 50 du véhicule. Une première sortie du deuxième convertisseur d'exploitation 6 est connectée à la sortie basse tension 14V du bloc batterie 3, et une deuxième sortie du deuxième convertisseur d'exploitation 6 est reliée à la masse du véhicule.
- [0058] Le premier et le deuxième convertisseurs d'exploitation 4, 6 alimentent le réseau de bord 50 lorsque le véhicule est « réveillé » c'est-à-dire en phase d'exploitation. Dans cet état, un dispositif de supervision 10 du véhicule, par exemple un calculateur principal, gère la consommation et l'activation des différents équipements du véhicule, qui peuvent être aussi bien des consommateurs basse tension tels qu'un autoradio ou des calculateurs spécifiques, que des dispositifs de puissance tels qu'un compresseur de climatisation ou un moteur électrique de traction. Le dispositif de supervision 10 fait partie du système d'alimentation électrique 1.
- [0059] Dans ce mode de réalisation de l'invention, chacun des premier et deuxième convertisseurs d'exploitation 4, 6 est dimensionné pour délivrer 2kW en fonctionnement maximal, soit la moitié d'une consommation totale sur le réseau de bord 50, estimée à 4kW (ces valeurs sont fonction de l'équipement du véhicule). Autrement dit le rendement de chacun des convertisseurs d'exploitation 4, 6 est optimal entre 0 et 2kW.
- [0060] La puissance nominale de chaque convertisseur d'exploitation 4, 6 est ainsi sensiblement égale à la moitié de la puissance d'un convertisseur standard de véhicule électrique, et fournit au plus 2KW en fonctionnement nominal soit par exemple 150 ampères sous 12,5V. Cette puissance nominale d'un seul convertisseur d'exploitation 4, 6 est ainsi suffisante pour alimenter les systèmes sécuritaires du véhicule et permettre un arrêt d'urgence en cas de panne, notamment elle est supérieure à 1KW, et peut fournir au moins 100A sous 12,5V.
- [0061] Ces choix permettent d'avoir deux convertisseurs d'exploitation qui, en coût, en volume et en poids, permettent d'économiser par rapport à deux convertisseurs standards de véhicule électrique. En variante, chaque convertisseur d'exploitation 4, 6 a une puissance nominale supérieure à 2kW mais inférieure à 3kW.
- [0062] Pour alimenter a minima le réseau de bord 50 lorsque le véhicule est en mode veille, c'est-à-dire à l'arrêt sans utilisation d'équipements du véhicule pendant une durée prolongée, le système d'alimentation électrique 1 comporte également dans le bloc batterie 3, un convertisseur courant continu – courant continu 2 appelé « convertisseur de repos », connecté en entrée en parallèle à la batterie 8 en amont des interrupteurs de puissance 14, 16, 18 et en sortie au réseau de bord 50 du véhicule. Une première sortie du convertisseur de repos 2 est connectée à la sortie basse tension 14V du bloc batterie

3, et une deuxième sortie du convertisseur de repos 2 est reliée à la masse du véhicule.

[0063] Le convertisseur de repos 2 permet aux calculateurs du véhicule, par le faible voltage qu'il fournit au réseau de bord 50, par exemple de 11V, de recevoir des requêtes déclenchant leur réveil. Etant destiné à l'alimentation en mode veille du véhicule, il est dimensionné pour fournir en fonctionnement nominal quelques dizaines de milliampères, soit par exemple entre 0,5 et 5 Watts. Autrement dit le rendement du convertisseur de repos 2 est optimisé pour quelques Watts. Son fonctionnement est assuré par une unité de contrôle 20 alimentée directement en sortie du convertisseur de repos 2, donc toujours activée. L'unité de contrôle 20 n'est pas soumise à un dispositif de désactivation externe, ce qui participe à la fiabilité de son alimentation. L'unité de contrôle 20 est par exemple un microcontrôleur.

[0064] Les convertisseurs d'exploitation 4, 6 sont activés lors d'une phase transitoire de réveil du véhicule, par le dispositif de supervision 10 qui envoie un ou plusieurs messages d'activation à des unités de contrôle correspondantes 40, 60. Ces messages d'activation codent par exemple chacun une tension de consigne de régulation pour le convertisseur d'exploitation 4, 6 auquel il est adressé. Le fonctionnement respectif de chaque convertisseur d'exploitation 4, 6 est en effet assuré par l'unité de contrôle respective 40, 60 alimentée par la première sortie du convertisseur d'exploitation 4, 6 correspondant, à l'intérieur du bloc batterie 3 ce qui sécurise ces alimentations. Les unités de contrôles 40, 60 sont par exemple des microcontrôleurs ou des microcalculateurs.

[0065] Le bloc batterie 3 intègre, en plus des unités de contrôle 20, 40, 60 des convertisseurs de repos 2 et d'exploitation 4, 6, un module de gestion 32 de la batterie, surveillant, via des capteurs, la température et la tension des cellules de la batterie. Le module de gestion 32 est notamment apte à ouvrir les interrupteurs de puissance 14, 16, 18 en cas de défaut de la batterie 8. Le module de gestion 32 est matériel et logiciel, pouvant notamment comporter des capteurs de température et/ou un ou plusieurs circuits électroniques pré-programmés.

[0066] Le bloc batterie 3 comporte une sortie 70 de bus CAN (d'après l'anglais « Controller Area Network ») à laquelle sont connectés les unités de contrôle 20, 40, 60 et le module de gestion 32 de la batterie 8. La sortie 70 de bus CAN est connectée à un bus CAN du véhicule, bus auquel est connecté le dispositif de supervision 10, qui se trouve à l'extérieur du bloc batterie 3. Ainsi le dispositif de supervision 10 peut notamment envoyer des messages CAN aux unités de contrôles 40, 60 pour les activer en phase transitoire de réveil du véhicule, ou pour les désactiver en phase transitoire d'endormissement du véhicule. Le bus CAN permet aussi au dispositif de supervision 10 de communiquer avec le module de gestion 32 lorsqu'un utilisateur branche le véhicule à une borne de charge.

- [0067] Lorsque les unités de contrôles 20, 40, 60 sont activées, chacune est apte à faire fonctionner son convertisseur respectif 20, 40, 60 de sorte à ce qu'il fournisse un courant basse tension en sa sortie lorsque la tension du réseau de bord 50 est inférieure à une tension de consigne de régulation de l'unité de contrôle respective 20, 40 ou 60, comme cela sera détaillé plus loin en relation avec la [Fig.4]. La tension du réseau de bord 50 est mesurée indépendamment par chaque unité de contrôle 20, 40, 60, par exemple l'unité de contrôle 40 utilise un capteur de tension 42 en sortie du premier convertisseur d'exploitation 4, et l'unité de contrôle 60 utilise un capteur de tension 62 distinct en sortie du deuxième convertisseur d'exploitation 6.
- [0068] Le système d'alimentation électrique 1 comporte également, intégré dans le bloc batterie 3, une supercapacité 24, par exemple de type DLC (d'après l'anglais « Double Layer Capacitance »), connectée en parallèle aux sorties des convertisseurs de repos 2 et d'exploitation 4, 6. Cette supercapacité 24 permet de lisser les appels de courant sur le réseau de bord 50 en garantissant toujours une tension stable sur le réseau de bord 50, par exemple comprise dans l'intervalle 10,5V à 15V. La supercapacité 24 permet aussi de sécuriser certaines phases transitoires, qui sont par exemple le réveil ou l'endormissement du véhicule, ou bien le moment entre l'apparition d'une défaillance électrique dans un des convertisseurs 2, 4, 6 et la fonte d'un dispositif fusible interne à ces composants. L'intégration de celle-ci dans le bloc batterie 3 permet de sécuriser le système d'alimentation électrique 1, mais aussi de simplifier le câblage électrique du système d'alimentation électrique 1 et donc son coût.
- [0069] Par ailleurs, lorsqu'il y a un court-circuit au niveau du boîtier fusible, le fusible correspondant au consommateur défaillant provoquant ce court-circuit fond grâce au courant électrique de plusieurs centaines d'ampères fourni sur un bref intervalle (inférieur à une seconde) par au moins un des convertisseurs d'exploitation 4, 6 et/ou la supercapacité 24. En variante un pyrocommutateur est disposé sur une des liaisons électriques 92, desservant de préférence plusieurs consommateurs, ce qui évite de surdimensionner la supercapacité 24 ou les convertisseurs d'exploitation 4, 6. Dans encore une autre variante, un capteur de courant détecte un tel court-circuit et agit sur un interrupteur, par exemple un transistor, pour couper la liaison électrique 92 concernée.
- [0070] Les convertisseurs de repos 2 et d'exploitation 4, 6 étant connectés en amont des interrupteurs de puissance 14, 16, 18, le système d'alimentation électrique 1 de la [Fig.1] permet de ne pas avoir besoin de fermer les interrupteurs de puissance 14, 16 pour pouvoir alimenter le réseau de bord 50 par l'intermédiaire des convertisseurs de repos 2 ou d'exploitation 4, 6.
- [0071] La [Fig.2] présente un système d'alimentation électrique 11 selon l'invention, qui est une première variante de réalisation du mode de réalisation de la [Fig.1]. Le système

d'alimentation électrique 11 comporte des éléments communs au système d'alimentation électrique 1 qui sont référencés de la même manière et non redétaillés. Les composants du système d'alimentation électrique 11 sont intégrés dans un bloc batterie 30 similaire au bloc batterie 3. Le bloc batterie 30 diffère uniquement du bloc batterie 3 en ce qu'il ne comporte pas de système de précharge, et en ce que le deuxième convertisseur d'exploitation 6 est connecté à la batterie 8 en aval des interrupteurs de puissance 14, 16, alors que le premier convertisseur d'exploitation 4 est connecté en amont des interrupteurs de puissance 14, 16. Ainsi dans cette première variante de réalisation :

- [0072] - lorsque le véhicule est en mode veille, le réseau de bord 50 est alimenté par le convertisseur de repos 2 uniquement,
- [0073] - lorsque le véhicule est réveillé mais les interrupteurs de puissance ouverts, le réseau de bord 50 est alimenté par le premier convertisseur d'exploitation 4 uniquement, et
- [0074] - lorsque le véhicule est réveillé et les interrupteurs de puissance fermés, le réseau de bord 50 est alimenté par le premier convertisseur d'exploitation 4 et/ou le deuxième convertisseur d'exploitation 6.
- [0075] Dans cette première variante de réalisation, le deuxième convertisseur d'exploitation 6 est réversible, c'est-à-dire apte à alimenter électriquement le réseau haute tension du véhicule à partir du réseau de bord 50, ce qui permet de ne pas nécessiter de système de précharge. En effet, par exemple lorsqu'un chargeur comportant une capacité d'entrée est connecté au réseau haute tension, il faut précharger la capacité d'entrée avant de fermer les interrupteurs de puissance 14, 16 si l'on veut éviter un arc électrique pouvant coller ces interrupteurs de puissance, lorsque ceux-ci sont des relais électriques.
- [0076] Grâce à cette première variante de réalisation, le deuxième convertisseur d'exploitation 6 utilise l'énergie du réseau de bord 50, alimenté par le premier convertisseur d'exploitation 4, pour précharger cette capacité avant la fermeture des relais 14, 16.
- [0077] Dans cette première variante de réalisation, le deuxième convertisseur d'exploitation 6 et son unité de contrôle 60 sont préférentiellement intégrés dans le bloc batterie 30 pour les sécuriser, mais ils peuvent éventuellement être agencés à l'extérieur du bloc batterie 30 par exemple pour des raisons d'encombrement dans le bloc batterie 30.
- [0078] La [Fig.3] présente un système d'alimentation électrique 111 selon l'invention, qui est une deuxième variante de réalisation du mode de réalisation de la [Fig.1]. Dans cette deuxième variante, les éléments communs au système d'alimentation électrique 1 sont référencés de la même manière et non redétaillés. Les composants du système d'alimentation électrique 111 sont intégrés dans un bloc batterie 300 similaire au bloc batterie 3. Le bloc batterie 300 diffère uniquement du bloc batterie 3 en ce que la

batterie est une batterie d'accumulateurs 80 partitionnée en deux blocs 81 et 82 d'accumulateurs électriques, entre lesquels une borne de connexion dite point milieu permet de scinder l'alimentation des deux convertisseurs d'exploitation 4, 6 en deux alimentations indépendantes. Ainsi le premier convertisseur d'exploitation 4 est alimenté par le bloc 81 en étant connecté en entrée au point milieu et à l'extrémité de la batterie 80 reliée à la borne de connexion haute tension positive 12 par l'intermédiaire du fusible 15 et de l'interrupteur de puissance positif 14. Le deuxième convertisseur d'exploitation 6 est alimenté par le bloc 82 en étant connecté en entrée au point milieu et à l'extrémité de la batterie 80 reliée à la borne de connexion haute tension négative 22 par l'intermédiaire du pyrocommutateur 17 et de l'interrupteur de puissance négatif 16.

[0079] Le système d'alimentation électrique 111 permet ainsi de sécuriser l'alimentation du réseau de bord 50 par une redondance de sources d'énergies. Ainsi en cas de défaillance d'un des blocs 81, 82 d'accumulateurs, le réseau de bord 50 est alimenté par l'autre des blocs 81, 82 ce qui permet aux systèmes sécuritaires du véhicule d'être fonctionnels le temps pour un conducteur du véhicule de stationner celui-ci sur le bas-côté. Les premier et deuxième convertisseurs d'exploitation 4, 6 sont identiques dans cette deuxième variante de réalisation, pour permettre l'équilibrage de la batterie 80. De plus les premier et deuxième convertisseurs d'exploitation 4, 6 fournissent chacun une même quantité d'énergie au réseau de bord 50 pour permettre cet équilibrage, grâce à un fonctionnement en alternance présenté maintenant en relation avec la [Fig.4].

[0080] La [Fig.4] montre un exemple de tensions de consigne de régulation des convertisseurs de repos 2 et d'exploitation 4, 6 des systèmes d'alimentation électriques 1, 11 ou 111 lorsque le véhicule est dans une phase d'exploitation donc réveillé, en supposant que les capteurs de tension 42, 62 des convertisseurs d'exploitation 4, 6 ne présentent pas de biais de mesure, et donc que les tensions de régulation des convertisseurs d'exploitation 4, 6 sont égales à leurs tensions de consigne V_{c4} , V_{c6} respectives. Pendant cette phase d'exploitation, le convertisseur de repos 2, dont on suppose également que le capteur de tension ne comporte pas de biais de mesure, est activé avec une tension de consigne V_{c2} de 11,5V, ce qui signifie que son unité de contrôle 20 est apte à le faire fonctionner dès que la tension du réseau de bord 50 descend sous 11,5V. Cependant pendant cette phase d'exploitation le convertisseur de repos 2 ne fonctionne pas, la tension du réseau de bord 50 étant maintenue à 14V par l'un des convertisseurs de repos 4, 6 pendant toute cette phase d'exploitation, dans cet exemple d'utilisation de l'invention.

[0081] On suppose de plus que pendant cette phase d'exploitation, le réseau de bord 50 consomme peu, et qu'un seul des convertisseurs d'exploitation 4, 6, dont le courant de

sortie est limité à une valeur de courant maximal de 150A (ampères) pour éviter la surchauffe du convertisseur d'exploitation 4, 6, est apte à fournir l'énergie requise par les consommateurs du réseau de bord 50. De ce fait un seul des convertisseurs 4, 6 fonctionne en alternance, par exemple sur une durée d'une heure h chacun, pour alimenter le réseau de bord 50. Ainsi pendant la première heure h_1 de la phase d'exploitation, le premier convertisseur d'exploitation 4 est régulé par son unité de contrôle 40 à une tension de consigne V_{c4} de 14V, prise égale à une valeur haute de tension de consigne permettant le fonctionnement nominal des consommateurs du réseau de bord 50, tandis que le deuxième convertisseur d'exploitation 6 est régulé par son unité de contrôle 60 à une deuxième tension de consigne V_{c6} de 12V, prise égale à une valeur basse de tension de consigne strictement inférieure à la valeur haute de tension de consigne. L'heure suivante h_2 , le premier convertisseur d'exploitation 4 est régulé par son unité de contrôle 40 à la valeur basse de tension de consigne tandis que le deuxième convertisseur d'exploitation 6 est régulé par son unité de contrôle 60 à la valeur haute de tension de consigne. La valeur haute de tension de consigne et la valeur basse de tension de consigne diffèrent d'au moins un volt pour éviter un fonctionnement intempestif des deux convertisseurs d'exploitation 4, 6 simultanément.

[0082] La supercapacité 24 filtre, pendant cette phase d'exploitation, les oscillations en tension sur le réseau de bord 50, notamment entre deux transitions de tension de consigne des convertisseurs 4, 6.

[0083] Bien sûr d'autres façons d'alterner l'utilisation des convertisseurs d'exploitation 4,6 sont envisageables, par exemple l'un des convertisseurs d'exploitation 4, 6 fonctionne seul sur une phase d'exploitation complète du véhicule, puis l'autre des convertisseurs d'exploitation 4, 6 fonctionne seul sur la phase suivante d'exploitation du véhicule. Lorsque les durées des phases d'exploitation du véhicule diffèrent significativement, l'un des convertisseurs d'exploitation 4,6 est par exemple utilisé seul sur deux phases d'exploitation successives pour compenser ces différences.

[0084] De plus, lorsque la puissance électrique requise sur le réseau de bord 50 est plus importante que la puissance maximale pouvant être fournie par l'un des deux convertisseurs d'exploitation 4, 6, alors les deux convertisseurs d'exploitation 4, 6 fonctionnent simultanément en étant par exemple régulés chacun à la valeur haute de tension de consigne.

[0085] La [Fig.5] montre en réalité que les capteurs de tension 42, 62 sont soumis à des dispersions de mesure, dans un intervalle autour de la tension de consigne de chacun des convertisseurs d'exploitation 4, 6. Lorsque la tension de consigne d'un des convertisseurs 4, 6 est fixée à un seuil haut de tension V_{sh} , de 13,5V dans l'exemple de la [Fig.5], la tension de régulation du convertisseur sera dans l'intervalle $[V_{sh} - \Delta v, V_{sh} + \Delta v]$ avec Δv de l'ordre de 0,2V. Lorsque la tension de consigne d'un des conver-

tisseurs 4, 6 est fixée à un seuil bas de tension V_{sl} , de 12,5V dans l'exemple de la [Fig.5], la tension de régulation du convertisseur sera dans l'intervalle $[V_{sl} - \Delta v, V_{sl} + \Delta v]$ avec Δv de l'ordre de 0,2V.

- [0086] On a donc un intervalle ΔV_s entre les deux tensions de régulation des convertisseurs, lorsqu'ils fonctionnent en alternance, de 0,5V minimum dans cet exemple de réalisation. Cet intervalle favorise cependant le fonctionnement transitoire du convertisseur d'exploitation 4, 6 dont la consigne de régulation est fixée au seuil bas de tension V_{sl} , dès qu'une surconsommation sur le réseau de bord 50 fait baisser sa tension de 0,5V. Or il faut éviter qu'un tel fonctionnement transitoire arrive trop fréquemment car cela favorise la fatigue des pièces du convertisseur et in fine leur casse. L'intervalle ΔV_s est donc de préférence supérieur ou égal à 1V.
- [0087] L'intervalle ΔV_s entre les deux tensions de régulation des convertisseurs ne doit pas non plus être fixé trop grand car cela induit des oscillations importantes de tension sur le réseau de bord 50 lorsqu'on change de convertisseur d'exploitation 4, 6 en fonctionnement pour s'assurer qu'ils sont sollicités sur des durées identiques. Pour réduire ces oscillations la supercapacité 24 doit être alors surdimensionnée.
- [0088] Cependant le seuil haut de tension V_{sh} ne doit pas être choisi trop haut pour ne pas contraindre les consommateurs du réseau de bord 50 à avoir un dimensionnement compatible avec une tension nominale élevée et donc à être plus chers. Le seuil haut de tension V_{sh} est donc de préférence compris entre 13 et 14V.
- [0089] Inversement le seuil bas de tension V_{sl} ne doit pas être choisi trop bas pour ne pas contraindre les consommateurs du réseau de bord 50 à avoir un dimensionnement compatible avec une tension nominale basse et pour avoir une marge de tension, sur fort appel de courant, avant que le convertisseur d'exploitation régulé à ce seuil bas de tension ne fonctionne et n'assure l'alimentation des équipements sécuritaires. Le seuil bas de tension V_{sl} est donc de préférence compris entre 11 et 12,5V.
- [0090] La [Fig.6] montre un cas limite où le capteur de tension 42 présente une dispersion de mesure ΔV_1 de $\pm 1V$ par rapport à la tension de consigne V_{c4} du premier convertisseur d'exploitation 4 qui régule de ce fait à une tension de régulation V_{t4} un volt au-dessus de la tension de consigne V_{c4} , et où le capteur de tension 62 présente une dispersion de mesure ΔV_2 de $\pm 1V$ par rapport à la tension de consigne V_{c6} du deuxième convertisseur d'exploitation 6 qui régule de ce fait à une tension de régulation V_{t6} un volt au-dessous de la tension de consigne V_{c6} .
- [0091] Dans les intervalles de temps pendant lesquelles le premier convertisseur d'exploitation 4 est régulé à une valeur haute de tension de consigne V_{ch4} de 13,5V et le deuxième convertisseur d'exploitation 6 est régulé à une valeur basse de tension de consigne V_{cl6} de 12,5V, c'est-à-dire pendant les heures h_1 et h_3 sur la [Fig.6], la tension de régulation du premier convertisseur 4 est de 14V et celle du deuxième

convertisseur de 12V, seul le premier convertisseur 4 fonctionne donc.

- [0092] En revanche, dans les intervalles de temps pendant lesquelles le premier convertisseur d'exploitation 4 est régulé à une valeur basse de tension de consigne V_{cl4} de 12,5V et le deuxième convertisseur d'exploitation 6 est régulé à une valeur haute de tension de consigne V_{ch6} de 13,5V, c'est-à-dire pendant les heures h2 et h4 sur la [Fig.6], la tension de régulation du premier convertisseur 4 est de 13V et celle du deuxième convertisseur de 13V également. De ce fait les deux convertisseurs d'exploitation 4, 6 fonctionnent en même temps. Le premier convertisseur d'exploitation 4 fonctionne donc beaucoup plus que le deuxième convertisseur d'exploitation 6 dans ce cas limite de la [Fig.6], ce qui n'est pas souhaitable.
- [0093] Pour compenser la dispersion des capteurs de tension 4, 6 de sorte à respecter une alternance de fonctionnement des convertisseurs d'exploitation 4, 6 lors d'une consommation modérée sur le réseau de bord, de manière robuste aux petites oscillations de courant, un procédé de détermination 100 des consignes de tension des convertisseurs d'exploitation 4, 6 selon l'invention, représenté [Fig.7], est mis en œuvre par le système d'alimentation électrique 1, 11, 111.
- [0094] Une première étape e0 du procédé de détermination 100 est une étape d'initialisation pendant laquelle une variable entière i est mise à la valeur nulle. Cette étape e0 a lieu par exemple préalablement à une première utilisation du véhicule ou suite à une mise à jour logicielle du dispositif de supervision 10, et est par exemple mise en œuvre par le dispositif de supervision 10.
- [0095] L'étape suivante e1 est la détermination de la valeur paire ou impaire de la variable entière i. Si la variable entière i est paire (donc égale à deux fois un entier n), on passe (branche Y) à l'étape e2 pour faire fonctionner prioritairement le premier convertisseur d'exploitation 4, sinon (branche N) on passe à l'étape e8 pour faire fonctionner prioritairement le deuxième convertisseur d'exploitation 6. L'étape e1 est par exemple mise en œuvre par le dispositif de supervision 10.
- [0096] L'étape e2 est l'initialisation de la première consigne de tension de sortie V_{c4} du premier convertisseur d'exploitation 4 au seuil haut de tension V_{sh} fixé par exemple à 13,5V, et l'initialisation de la deuxième consigne de tension de sortie V_{c6} du deuxième convertisseur d'exploitation 6 au seuil bas de tension V_{sl} fixé par exemple à 12,5V. Pour cela le dispositif de supervision 10 envoie par exemple un message CAN à l'unité de contrôle 40, et un message CAN à l'unité de contrôle 60, puis l'unité de contrôle 40 du premier convertisseur d'exploitation 4 régule la tension de sortie de ce dernier à une tension de régulation V_{t4} proche de 13,5V, c'est-à-dire à 13,5V au biais de mesure près du capteur de tension 42 du premier convertisseur d'exploitation 4. L'unité de contrôle 60 en revanche ne déclenche normalement pas le fonctionnement du deuxième convertisseur d'exploitation 6 puisque la tension sur le réseau de bord étant proche de

13,5V est supérieure à 12,5V.

[0097] L'étape suivant l'étape e2 est une étape e3 de mesure de tension du réseau de bord 50 par les capteurs de tension 42, 62 des premier et deuxième convertisseurs d'exploitation 4, 6. Lors de cette étape e3 qui dure quelques secondes, le capteur de tension 42 du premier convertisseur d'exploitation 4 effectue plusieurs mesures de la tension du réseau de bord 50, qui sont moyennées pour obtenir une tension moyenne V_{m4} . De même lors de cette étape e3, le capteur de tension 62 du deuxième convertisseur d'exploitation 6 effectue plusieurs mesures de la tension du réseau de bord 50, qui sont moyennées pour obtenir une tension moyenne V_{m6} .

[0098] L'étape e4 suivant l'étape e3 est l'estimation, par exemple par le dispositif de supervision 10, d'une tension moyenne V_{mb} du réseau de bord 50. Plus précisément dans cette étape e4 on moyenne les tensions moyennes V_{m4} et V_{m6} obtenues lors de l'étape précédente e3 :

[0099] $V_{mb} = (V_{m4} + V_{m6})/2$

[0100] L'étape e5 suivante est le calcul d'une valeur haute de tension de consigne V_{ch4} pour le premier convertisseur d'exploitation 4, et d'une valeur basse de tension de consigne V_{cl6} pour le deuxième convertisseur d'exploitation 6, la première consigne de tension de sortie V_{c4} du premier convertisseur d'exploitation 4 étant prise égale à la valeur haute de tension de consigne V_{ch4} et la deuxième consigne de tension de sortie V_{c6} du deuxième convertisseur d'exploitation 6 étant prise égale à la valeur basse de tension de consigne V_{cl6} . Dans cette étape e5, on calcule la valeur haute de tension de consigne V_{ch4} en ajoutant au seuil haut de tension V_{sh} , une tension de compensation prise égale à la tension moyenne V_{m4} vue par le capteur de tension 42 du premier convertisseur d'exploitation 4, calculée à l'étape e3, à laquelle on soustrait la tension moyenne V_{mb} du réseau de bord estimée à l'étape e4 :

[0101] $V_{ch4} = V_{sh} + V_{m4} - V_{mb}$

[0102] De façon similaire, dans cette étape e5, on calcule la valeur basse de tension de consigne V_{cl6} en ajoutant au seuil bas de tension V_{sl} , une tension de compensation prise égale à la tension moyenne V_{m6} vue par le capteur de tension 62 du deuxième convertisseur d'exploitation 6, calculée à l'étape e3, à laquelle on soustrait la tension moyenne V_{mb} du réseau de bord estimée à l'étape e4 :

[0103] $V_{cl6} = V_{sl} + V_{m6} - V_{mb}$

[0104] Ces valeurs haute et basse de tension de consigne V_{ch4} et V_{cl6} sont par exemple calculées par le dispositif de supervision 10 qui envoie ensuite ces valeurs comme respectivement première et deuxième consignes de tension sortie V_{c4} , V_{c6} aux unités de contrôle respectives 40, 60.

[0105] Bien sûr d'autres types de tension de compensation peuvent être utilisés en variante de réalisation, notamment il est possible de choisir une tension de compensation

inverse de la tension de compensation appliquée dans la variante principale de réalisation de l'invention ; dans ce cas on a une valeur haute de tension de consigne égale à $(V_{sh} + V_{mb} - V_{m4})$ et une valeur basse de tension de consigne égale à $(V_{sl} + V_{mb} - V_{m6})$. Une autre possibilité est d'utiliser comme référence commune, au lieu de V_{mb} , la valeur de tension du réseau de bord fournie par un capteur de tension du convertisseur de tension de repos, pour calculer les différences entre les tensions de sortie des deux convertisseurs d'exploitation lors des réveils de ces derniers.

- [0106] L'étape suivante e6 est l'attente de la fin de la période de sollicitation du convertisseur qui fonctionne, c'est-à-dire ici de la durée prédéterminée pendant laquelle le dispositif de supervision 10 par exemple, laisse le premier convertisseur d'exploitation 4 dont la première consigne de tension V_{c4} est prise égale à la valeur haute de tension de consigne V_{ch4} , fonctionner seul. Cette période de sollicitation est choisie assez grande pour éviter de fatiguer les composants des convertisseurs, par trop de mises en route puis de mises en repos successives. Elle est donc de préférence prise égale à une mission du véhicule, ou à plusieurs missions successives du véhicule sur un nombre de jours prédéterminés. Lorsque la période de sollicitation du premier convertisseur 4 est finie (branche Y), la variable entière i est incrémentée de un lors d'une étape suivante e7, puis le procédé de détermination 100 reprend à l'étape e1. Lors la prochaine période de sollicitation du véhicule, le deuxième convertisseur d'exploitation 6 sera donc choisi pour alimenter seul le réseau de bord 50 lorsque la consommation électrique sur celui-ci est modérée.
- [0107] Notamment au début de cette prochaine période de sollicitation, l'étape e8 suivant l'étape e1 est l'initialisation de la première consigne de tension de sortie V_{c4} du premier convertisseur d'exploitation 4 au seuil bas de tension V_{sl} de 12,5V, et l'initialisation de la deuxième consigne de tension de sortie V_{c6} du deuxième convertisseur d'exploitation 6 au seuil haut de tension V_{sh} de 13,5V. Pour cela le dispositif de supervision 10 envoie par exemple des messages CAN aux unités de contrôle 40, 60, et le deuxième convertisseur d'exploitation 6 régule donc sa tension de sortie à une tension de régulation V_{t6} proche de 13,5V, c'est-à-dire à 13,5V au biais de mesure près du capteur de tension 62 du deuxième convertisseur d'exploitation 6, tandis que le premier convertisseur d'exploitation 4 régulé à 12,5V ne fonctionne pas.
- [0108] L'étape e9 suivant l'étape e8 est la mesure de tension du réseau de bord 50 par les capteurs de tension 42, 62 des premier et deuxième convertisseurs d'exploitation 4, 6. Cette étape e8 est identique à l'étape e3 et permet d'obtenir la tension moyenne V_{m4} du réseau de bord vue par le capteur de tension 42 du premier convertisseur d'exploitation 4 et la tension moyenne V_{m6} du réseau de bord vue par le capteur de tension 62 du deuxième convertisseur d'exploitation 6.
- [0109] L'étape suivante e10 est l'estimation de la tension moyenne V_{mb} du réseau de bord

50, de manière identique à l'étape e4.

[0110] Puis l'étape e11 est le calcul d'une valeur haute de tension de consigne Vch6 pour le deuxième convertisseur d'exploitation 6, et d'une valeur basse de tension de consigne Vcl4 pour le premier convertisseur d'exploitation 4, la première consigne de tension de sortie Vc4 du premier convertisseur d'exploitation 4 étant prise égale à la valeur basse de tension de consigne Vcl4 et la deuxième consigne de tension de sortie Vc6 du deuxième convertisseur d'exploitation 6 étant prise égale à la valeur haute de tension de consigne Vch6. Dans cette étape e11, on calcule la valeur haute de tension de consigne Vch6 en ajoutant au seuil haut de tension Vsh, une tension de compensation prise égale à la tension moyenne Vm6 vue par le capteur de tension 62 du deuxième convertisseur d'exploitation 6, calculée à l'étape e9, à laquelle on soustrait la tension moyenne Vmb du réseau de bord estimée à l'étape e10 :

[0111]
$$Vch6 = Vsh + Vm6 - Vmb$$

[0112] De façon similaire, dans cette étape e11, on calcule la valeur basse de tension de consigne Vcl4 en ajoutant au seuil bas de tension Vsl, une tension de compensation prise égale à la tension moyenne Vm4 vue par le capteur de tension 42 du premier convertisseur d'exploitation 4, calculée à l'étape e9, à laquelle on soustrait la tension moyenne Vmb du réseau de bord estimée à l'étape e10 :

[0113]
$$Vcl4 = Vsl + Vm4 - Vmb$$

[0114] Ces valeurs basse et haute de tension de consigne Vcl4 et Vch6 sont par exemple calculées par le dispositif de supervision 10 qui envoie ensuite ces valeurs comme respectivement première et deuxième consignes de tension sortie Vc4, Vc6 aux unités de contrôle respectives 40, 60.

[0115] Enfin l'étape suivante e12 est l'attente de la fin de la période de sollicitation du deuxième convertisseur d'exploitation 6 pour alimenter seul le réseau de bord 50. Lorsque cette période est terminée (branche Y), le procédé de détermination 100 reprend à l'étape e7.

[0116] Le procédé de détermination 100 est donc mis en œuvre de manière matérielle et logicielle, en partie par les capteurs tension 42 et 62 et en partie par le dispositif de supervision 10, qui communique avec les capteurs de tension 42, 62 et les unités de contrôle 40, 60 par le bus CAN. En variante, le procédé de détermination 100 est mis en œuvre de manière matérielle et logicielle uniquement par les capteurs de tension 42, 62 et les unités de contrôle 40, 60 qui communiquent entre elles via le bus CAN.

[0117] Bien sûr l'ordre des étapes e0 à e12 n'est pas figé et certaines étapes sont optionnelles ou peuvent être implémentées différemment, par exemple on peut utiliser une seule valeur de mesure de tension par capteur, et/ou bien utiliser des capteurs de courant pour déterminer quel(s) convertisseur(s) alimente(nt) le réseau de bord notamment à l'étape e3, ce qui peut permettre le calcul d'une autre tension de com-

pensation utilisable en lieu et place de celle utilisée dans cet exemple de réalisation de l'invention. Notamment en faisant la différence entre la consigne de tension du convertisseur qui régule la tension du réseau de bord et la tension moyenne V_{mb} , on obtient une telle autre tension de compensation. Il est à noter que l'étape e4 est optionnelle, les première et deuxième consignes de tension pouvant être formulées directement en fonction des tensions moyennes V_{m4} , V_{m6} et des seuils haut ou bas de tension.

[0118] La [Fig.8] montre une évolution de la tension V_r du réseau de bord 50 en utilisant le procédé de détermination 100 dans le système d'alimentation électrique 1, 11, 111.

[0119] Dans une première période de quelques secondes, correspondant aux étapes e2 et e3 du procédé de détermination 100, et lors de laquelle on suppose la consommation du réseau de bord 50 relativement faible et la tension V_r du réseau de bord régulée uniquement par le premier convertisseur d'exploitation 4, la première consigne V_{c4} de tension de sortie du premier convertisseur d'exploitation 4 est fixée à 13,5V et la deuxième consigne V_{c6} de tension de sortie du deuxième convertisseur d'exploitation 6 est fixée à 12,5V. Dans cet exemple, le capteur de tension 42 surestime de 0,05V la tension V_r du réseau de bord 50 et régule donc celle-ci à 13,45V au lieu de 13,5V. De plus, le capteur de tension 62 sous-estime la tension V_r du réseau de bord 50 de 0,1V mais le deuxième convertisseur d'exploitation 6 ne fonctionne pas lors de cette première période puisque sa consigne de tension de régulation est inférieure à la tension V_r du réseau de bord 50.

[0120] Lors de cette première période, les capteurs de tension effectuent des mesures de la tension V_r du réseau de bord et les moyennent. On a donc :

[0121] $V_{m4} = 13,5V$ puisque le capteur de tension 42 surestime la tension V_r du réseau de bord de 0,05V, et

[0122] $V_{m6} = V_r - 0,1 = 13,35V$ puisque le capteur de tension 62 sous-estime la tension V_r du réseau de bord de 0,1V.

[0123] Lors de l'étape e5, on calcule donc la première consigne V_{c4} et la deuxième consigne V_{c6} comme suit :

[0124] $V_{c4} = V_{ch4} = V_{sh} + V_{m4} - V_{mb} = 13,5 + 13,5 - (13,5 + 13,35)/2 = 13,575V$

[0125] $V_{c6} = V_{cl6} = V_{sl} + V_{m6} - V_{mb} = 12,5 + 13,35 - (13,5 + 13,35)/2 = 12,425V$

[0126] Lors de la période e5_1 suivante, suite à l'envoi des première et deuxième consignes V_{c4} , V_{c6} aux unités de contrôle 40, 60, la tension V_r du réseau de bord est régulée uniquement par le premier convertisseur d'exploitation 4 à la tension de régulation $V_{t4} = V_{c4} - 0,05 = 13,525V = V_r$ puisque le capteur de tension 42 surestime la tension V_r du réseau de bord de 0,05V.

[0127] Lors d'une période e5_2 suivante, on suppose que la consommation du réseau de bord 50 est relativement importante et nécessite donc le fonctionnement simultané des

deux convertisseurs d'exploitation 4, 6 dont les consignes de tension V_{c4} , V_{c6} n'ont pas changé. Etant donné la chute de tension résultant de cette consommation, le premier convertisseur d'exploitation 4 n'arrive plus à réguler la tension V_r du réseau de bord 50, c'est donc le deuxième convertisseur d'exploitation 6 qui la régule.

[0128] La tension V_r du réseau de bord est donc égale sur cette période $e5_2$ à la tension de régulation $V_{t6} = V_{c6} + 0,1 = 12,525V$ puisque le capteur de tension 62 sous-estime la tension V_r du réseau de bord de 0,1V.

[0129] A l'inverse, dans l'exemple de la [Fig.9], on part d'une situation, avant mise en œuvre du procédé de détermination 100 dans le système d'alimentation électrique 1, 11, 111, dans laquelle la consommation du réseau de bord 50 est relativement importante et nécessite donc le fonctionnement simultané des deux convertisseurs d'exploitation 4, 6. Lors d'une première période de quelques secondes, correspondant aux étapes $e2$ et $e3$ du procédé de détermination 100, la première tension de consigne V_{c4} du premier convertisseur d'exploitation 4 est fixée à 13,5V et la deuxième tension de consigne V_{c6} du deuxième convertisseur d'exploitation 6 est fixée à 12,5V. La tension V_r du réseau est donc régulée par le deuxième convertisseur d'exploitation 6 à 12,6V puisque le capteur de tension 62 sous-estime la tension V_r du réseau de bord de 0,1V.

[0130] Comme précédemment, dans cette première période, les capteurs de tension effectuent des mesures de la tension V_r du réseau de bord et les moyennent. On a :

[0131] $V_{m6} = 12,5V$ puisque le capteur de tension 62 sous-estime la tension V_r du réseau de bord de 0,1V, et

[0132] $V_{m4} = 12,6 + 0,05 = 12,65V$ puisque le capteur de tension 42 surestime la tension V_r du réseau de bord de 0,05V.

[0133] Lors de l'étape $e5$, on calcule donc la première consigne V_{c4} et la deuxième consigne V_{c6} comme suit :

[0134] $V_{c4} = V_{ch4} = V_{sh} + V_{m4} - V_{mb} = 13,5 + 12,65 - (12,5 + 12,65)/2 = 13,575V$

[0135] $V_{c6} = V_{cl6} = V_{sl} + V_{m6} - V_{mb} = 12,5 + 12,5 - (12,5 + 12,65)/2 = 12,425V$

[0136] Lors de la période $e5_3$ suivante, suite à l'envoi des première et deuxième consignes V_{c4} , V_{c6} aux unités de contrôle 40, 60, la tension V_r du réseau de bord est régulée par le deuxième convertisseur d'exploitation 6 à la tension de régulation $V_{t6} = V_{c6} + 0,1 = 12,525V = V_r$ puisque le capteur de tension 62 sous-estime la tension V_r du réseau de bord de 0,1V.

[0137] Lors d'une période $e5_4$ suivante, on suppose que la consommation du réseau de bord 50 est devenue plus faible et ne nécessite le fonctionnement que d'un seul des convertisseurs d'exploitation 4, 6 dont les consignes de tension V_{c4} , V_{c6} n'ont pas changé. Le réseau de bord 50 est donc régulé par le premier convertisseur d'exploitation 4 dont la première tension de consigne V_{c4} est la plus grande, à une

tension de régulation $V_{t4} = V_r = V_{ch4} - 0,05 = 13,575 - 0,05 = 13,525V$ puisque le capteur de tension 42 surestime la tension V_r du réseau de bord de 0,05V.

[0138] Dans ces deux exemples des figures 8 et 9, on voit que la différence initiale entre les tensions de régulation, de $13,45 - 12,6 = 0,85V$, a été ramenée à $13,525 - 12,525 = 1V$ grâce à l'invention. La différence entre les tensions de régulation est de plus identique sur deux périodes successives de l'alternance de tensions de consigne mise en œuvre par le dispositif de supervision 10, en utilisant le procédé de détermination 100 selon l'invention.

[0139] Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits et de nombreux aménagements peuvent être apportés à ces exemples sans sortir du cadre de l'invention. Notamment le procédé de détermination selon l'invention est utilisable sur une architecture d'alimentation électrique pouvant être différente de celles décrites en relation avec les figures 1 à 3. En effet le procédé de détermination selon l'invention est utilisable par exemple sur une architecture d'alimentation électrique ne comportant pas de convertisseur de repos ni d'organe de stockage par exemple, et pouvant comporter plus de deux convertisseurs courant continu – courant continu. Dans ce dernier cas l'alternance des tensions de consigne peut concerner plus de deux convertisseurs, un ou plusieurs convertisseurs fonctionnant sur une période de cette alternance pour alimenter le réseau de bord tandis qu'un ou plusieurs autres convertisseurs ne fonctionnent pas, lorsque la consommation sur le réseau de bord ne nécessite pas l'utilisation de tous les convertisseurs.

Revendications

[Revendication 1]

Procédé de détermination (100) d'une première consigne (V_{c4}) de tension de sortie d'un premier convertisseur courant continu – courant continu (4) et d'une deuxième consigne (V_{c6}) de tension de sortie d'un deuxième convertisseur courant continu – courant continu (6), le premier convertisseur (4) et le deuxième convertisseur (6) étant connectés en entrée respectivement à un premier ensemble de cellules (8, 81) d'une batterie (8, 80) d'un véhicule et à un deuxième ensemble (8, 82) de cellules de la batterie (8, 80) du véhicule, en étant connectés en sortie à un réseau de bord (50) du véhicule, la première consigne (V_{c4}) et la deuxième consigne (V_{c6}) alternant entre une valeur haute de tension de consigne (V_{ch4} , V_{ch6}) et une valeur basse de tension de consigne (V_{cl4} , V_{cl6}), la deuxième consigne (V_{c6}) prenant la valeur basse de tension de consigne (V_{cl4} , V_{cl6}) quand la première consigne (V_{c4}) prend la valeur haute de tension de consigne (V_{ch4} , V_{ch6}), et la deuxième consigne (V_{c6}) prenant la valeur haute de tension de consigne (V_{ch4} , V_{ch6}) quand la première consigne (V_{c4}) prend la valeur basse de tension de consigne (V_{cl4} , V_{cl6}), le premier convertisseur (4) régulant sa tension de sortie en fonction d'au moins une mesure de tension effectuée par un premier capteur de tension (42) et le deuxième convertisseur (6) régulant sa tension de sortie en fonction d'au moins une mesure de tension effectuée par un deuxième capteur de tension (62),

le procédé de détermination (100) étant caractérisé en ce que la première consigne (V_{c4}) est déterminée en fonction de la mesure de tension effectuée par le deuxième capteur de tension (62), et en ce que la deuxième consigne (V_{c6}) est déterminée en fonction de la mesure de tension effectuée par le premier capteur de tension (42).

[Revendication 2]

Procédé de détermination (100) selon la revendication 1, dans lequel la valeur haute de tension de consigne (V_{ch4} , V_{ch6}) dépend d'un seuil haut de tension (V_{sh}), et la valeur basse de tension de consigne (V_{cl4} , V_{cl6}) dépend d'un seuil bas de tension (V_{sl}), la différence entre le seuil haut de tension (V_{sh}) et le seuil bas de tension (V_{sl}) étant supérieure à un seuil minimum de différence de tension (ΔV_s).

[Revendication 3]

Procédé de détermination (100) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la première consigne (V_{c4}) est déterminée en fonction d'une moyenne de mesures de tension (V_{m6}) effectuées par le deuxième

capteur de tension (62) et la deuxième consigne (Vc6) est déterminée en fonction d'une moyenne de mesures de tension (Vm4) effectuées par le premier capteur de tension (42).

[Revendication 4] Procédé de détermination (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la première consigne (Vc4) et la deuxième consigne (Vc6) sont fonction d'une somme entre d'une part le seuil haut de tension (Vsh) ou le seuil bas de tension (Vsl), et d'autre part une tension de compensation.

[Revendication 5] Procédé de détermination (100) selon la revendication 4, dans lequel la tension de compensation est fonction de la moitié d'une différence entre ladite au moins une mesure de tension effectuée par le premier capteur de tension (42) et de ladite au moins une mesure de tension effectuée par le deuxième capteur de tension (62).

[Revendication 6] Système d'alimentation électrique (1, 11, 111) d'équipements d'un véhicule électrique ou hybride, comportant :

- une batterie (8, 80), apte à fournir l'énergie nécessaire au fonctionnement d'un groupe motopropulseur électrique du véhicule,
- un premier convertisseur courant continu - courant continu (4), dit convertisseur d'exploitation, apte à alimenter un réseau de bord (50) du véhicule lors de phases d'exploitation du véhicule, le premier convertisseur d'exploitation (4) étant connecté en entrée à un premier ensemble (8, 81) de cellules de la batterie (8, 80) et en sortie au réseau de bord (50) du véhicule,
- un deuxième convertisseur courant continu - courant continu (6), dit convertisseur d'exploitation, apte à alimenter le réseau de bord (50) du véhicule lors de phases d'exploitation du véhicule, le deuxième convertisseur d'exploitation (6) étant connecté en entrée à un deuxième ensemble (8, 82) de cellules de la batterie (8, 80) et en sortie au réseau de bord (50) du véhicule,
- une première unité de contrôle (40) du premier convertisseur d'exploitation (4) et un premier capteur de tension (42), la première unité de contrôle (40) étant alimentée par le réseau de bord (50) du véhicule et étant apte à réguler la tension de sortie du premier convertisseur d'exploitation (4) en fonction d'au moins une mesure de tension fournie par le premier capteur de tension (42), pour ajuster la tension de sortie du premier convertisseur d'exploitation (4) à une première consigne (Vc4) de tension de sortie,
- une deuxième unité de contrôle (60) du deuxième convertisseur

d'exploitation (6) et un deuxième capteur de tension (62), la deuxième unité de contrôle (60) étant alimentée par le réseau de bord (50) du véhicule et étant apte à réguler la tension de sortie du deuxième convertisseur d'exploitation (6) en fonction d'au moins une mesure de tension fournie par le deuxième capteur de tension (62), pour ajuster la tension de sortie du deuxième convertisseur d'exploitation (6) à une deuxième consigne (V_{c6}) de tension de sortie, et

- des moyens de détermination de la première consigne (V_{c4}) de tension de sortie du premier convertisseur d'exploitation (4) et de la deuxième consigne (V_{c6}) de tension de sortie du deuxième convertisseur d'exploitation (6), aptes à mettre en œuvre le procédé de détermination (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, lorsque la première consigne (V_{c4}) et la deuxième consigne (V_{c6}) alternent entre une valeur haute de tension de consigne (V_{ch4} , V_{ch6}) et une valeur basse de tension de consigne (V_{cl4} , V_{cl6}), la deuxième consigne (V_{c6}) prenant la valeur basse de tension de consigne (V_{cl4} , V_{cl6}) quand la première consigne (V_{c4}) prend la valeur haute de tension de consigne (V_{ch4} , V_{ch6}), et la deuxième consigne (V_{c6}) prenant la valeur haute de tension de consigne (V_{ch4} , V_{ch6}) quand la première consigne (V_{c4}) prend la valeur basse de tension de consigne (V_{cl4} , V_{cl6}).

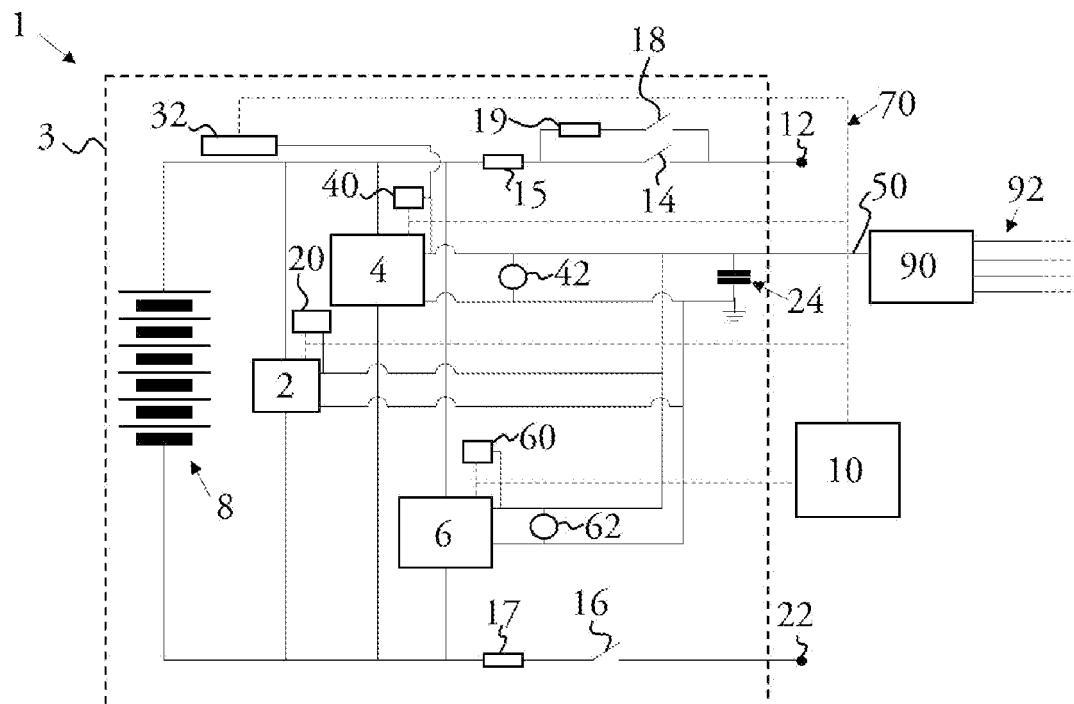
[Revendication 7] Système d'alimentation électrique (1, 11, 111) selon la revendication 6, comportant en outre un dispositif de supervision (10) apte à envoyer la première consigne (V_{c4}) à la première unité de contrôle (40) et la deuxième consigne (V_{c6}) à la deuxième unité de contrôle (60).

[Revendication 8] Système d'alimentation électrique (1, 11, 111) selon la revendication 6 ou 7, dans lequel chacun des convertisseurs d'exploitation (4, 6) est apte à fournir une puissance nominale au réseau de bord (50) strictement inférieure à une puissance maximale de consommation du réseau de bord (50) lorsque le véhicule est en phase d'exploitation.

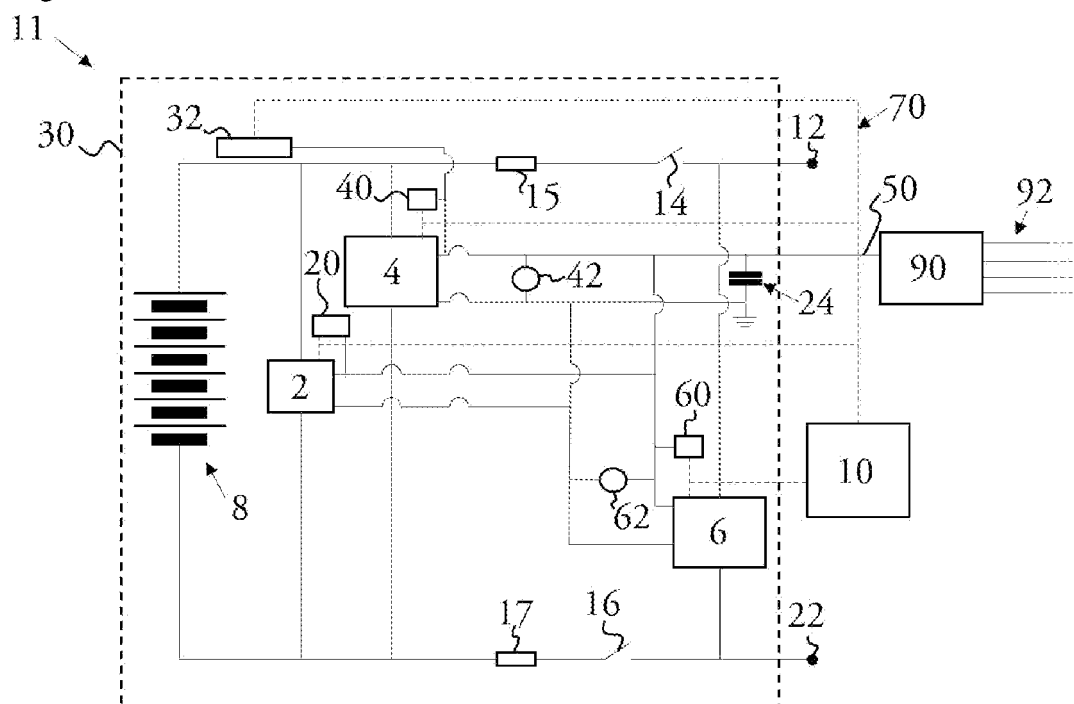
[Revendication 9] Système d'alimentation électrique (1, 11, 111) selon la revendication 8, dans lequel la valeur basse de tension de consigne (V_{cl4} , V_{cl6}) est déterminée de sorte à ce que les premier et deuxième convertisseurs d'exploitation (4, 6) alimentent simultanément le réseau de bord (50) dans une plage nominale de fonctionnement du réseau de bord (50) dès que la consommation électrique sur le réseau de bord (50) est supérieure à une puissance maximale apte à être fournie par le premier ou deuxième convertisseur d'exploitation (4, 6) dont la première ou respectivement deuxième consigne de tension de sortie (V_{c4} , V_{c6}) est égale à

- la valeur haute de tension de consigne (V_{ch4} , V_{ch6}).
- [Revendication 10] Système d'alimentation électrique (1, 11, 111) selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, comportant en outre :
- des interrupteurs de puissance (14, 16, 18) aptes à connecter la batterie (8, 80) au groupe motopropulseur électrique du véhicule,
 - un convertisseur courant continu - courant continu (2), dit convertisseur de repos, connecté d'une part en entrée à un troisième ensemble (8, 80) de cellules de la batterie (8, 80) en amont des interrupteurs de puissance (14, 16, 18) et d'autre part en sortie au réseau de bord (50) du véhicule, le convertisseur de repos (2) étant destiné à une alimentation du véhicule lorsque celui-ci est en mode veille, et
 - une unité de contrôle (20) du convertisseur de repos (2), alimentée par le réseau de bord (50) du véhicule et apte à réguler la tension de sortie du convertisseur de repos (2) à une tension de consigne strictement inférieure aux première et deuxième consignes (V_{c4} , V_{c6}) des tensions de sortie des premier et deuxième convertisseurs d'exploitation (4, 6).
- [Revendication 11] Système d'alimentation électrique (1, 11, 111) selon la revendication 10, dans lequel le convertisseur de repos (2) est apte à fournir une puissance maximale au réseau de bord (50) inférieure ou égale à une puissance maximale de consommation du réseau de bord (50) lorsque le véhicule est en mode veille.
- [Revendication 12] Système d'alimentation électrique (1, 11, 111) selon l'une quelconque des revendications 6 à 11, comportant en outre un organe de stockage d'énergie électrique (24) connecté au réseau de bord (50) en amont d'un boîtier fusible (90) auquel sont connectés des consommateurs du réseau de bord.
- [Revendication 13] Système d'alimentation électrique (1, 11, 111) selon l'une quelconque des revendications 6 à 12, dans lequel le premier ensemble (8) de cellules de la batterie est identique au deuxième ensemble (8) de cellules de la batterie et comprend l'ensemble des cellules de la batterie (8).
- [Revendication 14] Système d'alimentation électrique (1, 11, 111) selon l'une quelconque des revendications 6 à 12, dans lequel le premier ensemble (81) et le deuxième ensemble (82) de cellules forment une partition d'au moins une partie de la batterie (80).
- [Revendication 15] Véhicule équipé d'un système d'alimentation électrique (1, 11, 111) selon l'une quelconque des revendications 6 à 14.

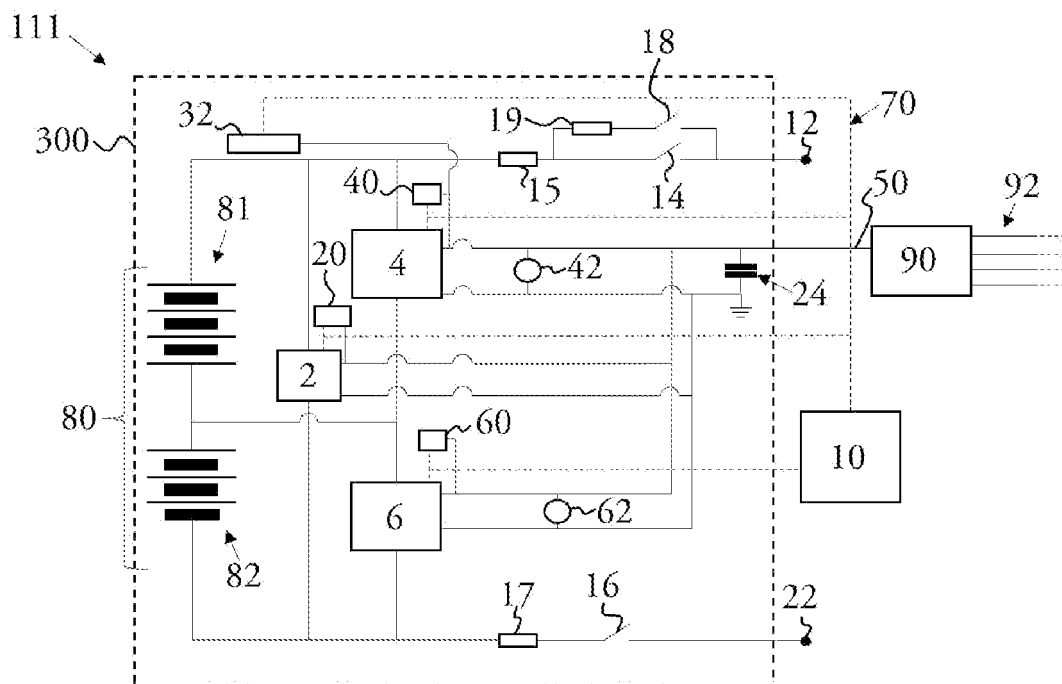
[Fig. 1]



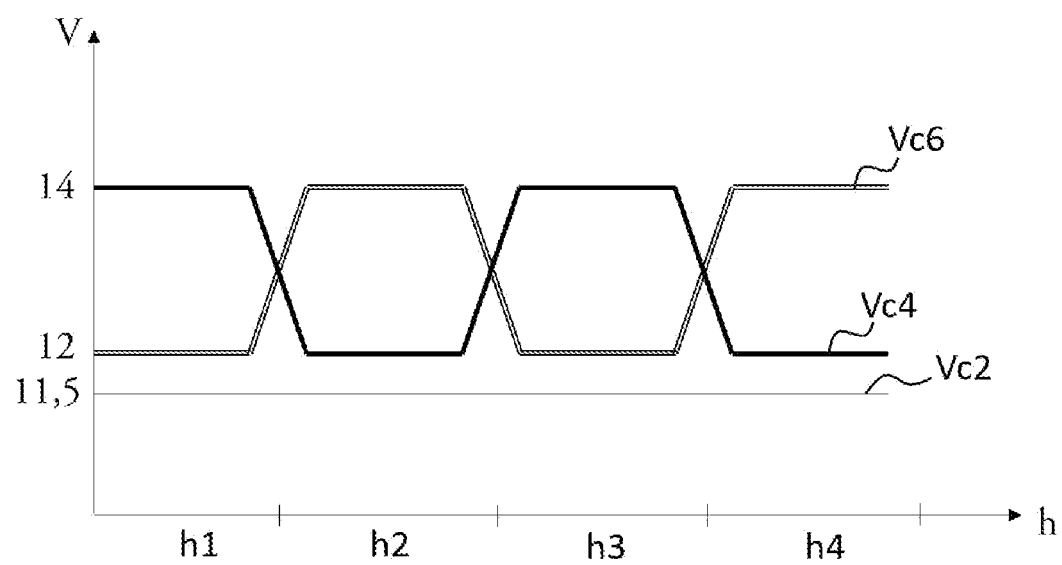
[Fig. 2]



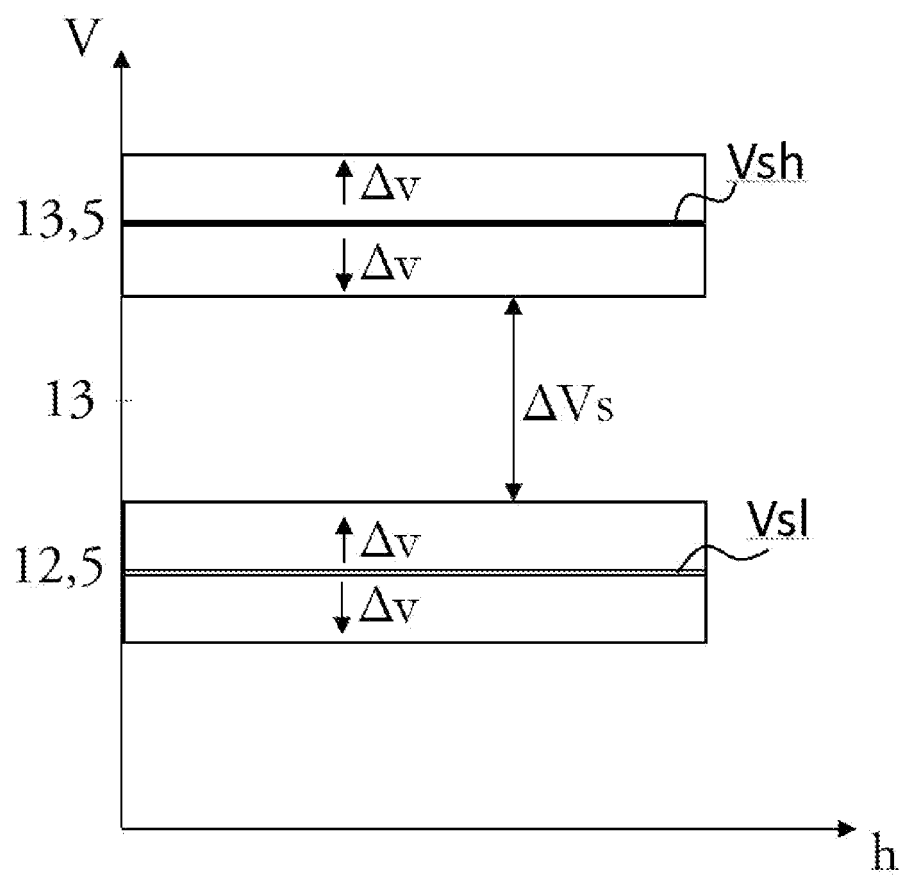
[Fig. 3]



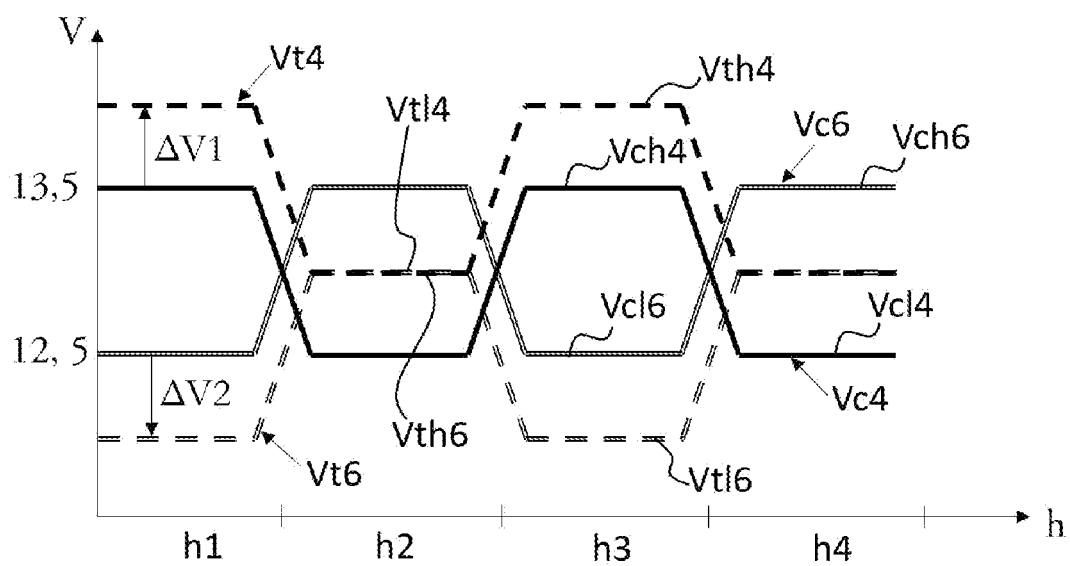
[Fig. 4]



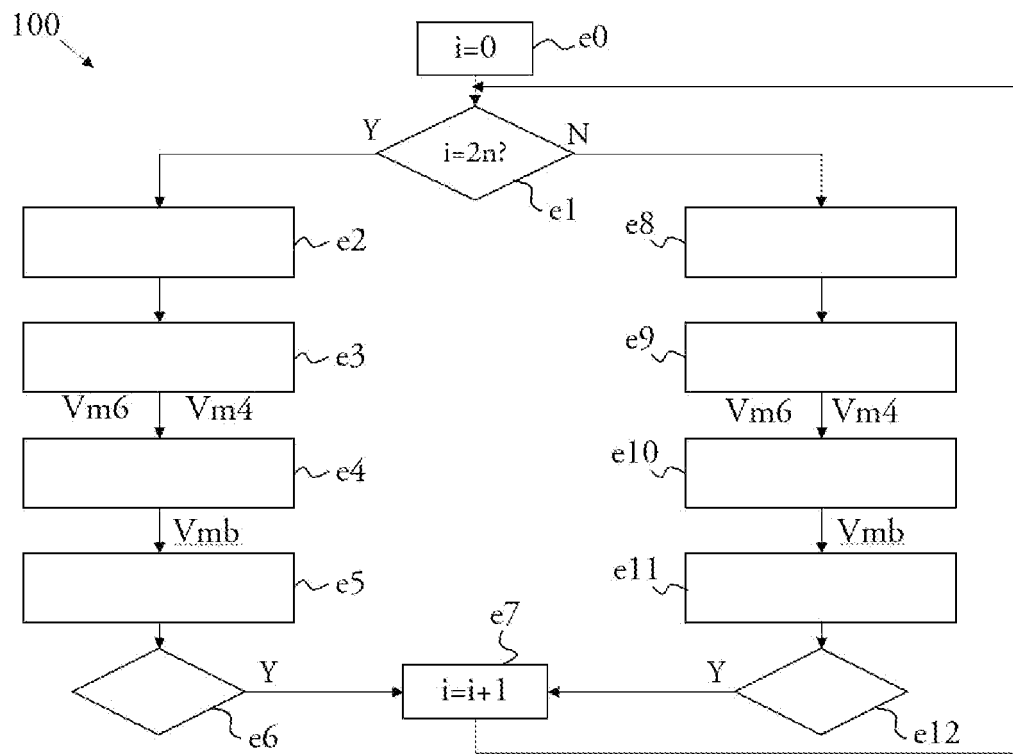
[Fig. 5]



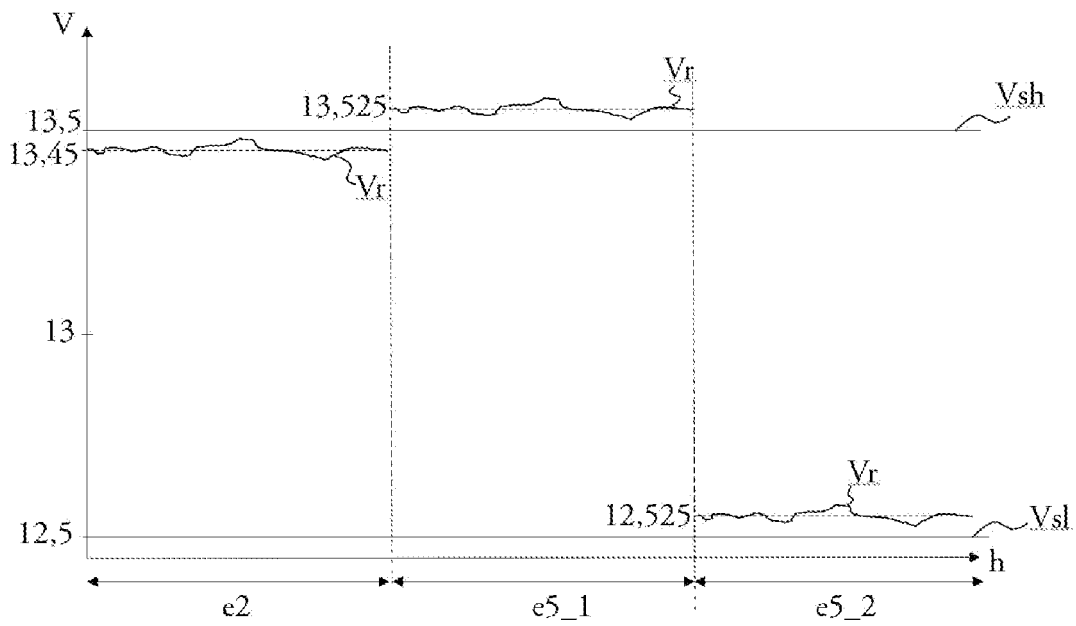
[Fig. 6]



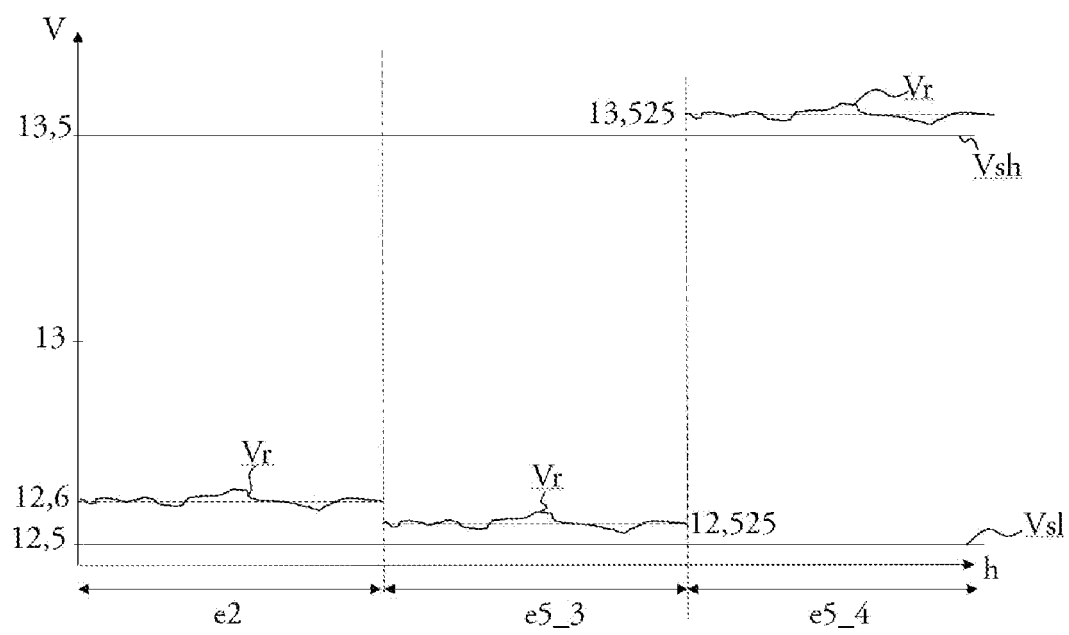
[Fig. 7]



[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 918930
FR 2304903

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 2015 214231 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 2 février 2017 (2017-02-02) * abrégé * * alinéas [0004] - [0010], [0021] - [0024], [0029] - [0036], [0041] - [0046]; figures 1-8 * -----	1-11, 13-15	B60L 50/61 B60L 58/10 B60L 58/20
X	DE 10 2017 202295 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 16 août 2018 (2018-08-16) * abrégé * * alinéas [0002] - [0004], [0017] - [0020], [0035] - [0037], [0060] - [0071], [0077] - [0083]; figures 1-10 * -----	1-9, 12-15	
X	FR 3 089 072 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 29 mai 2020 (2020-05-29) * abrégé * * alinéas [0002] - [0004], [0008] - [0018], [0033] - [0062]; figures 1-4C * -----	1-11, 13-15	
X	DE 10 2019 214720 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 1 avril 2021 (2021-04-01) * abrégé * * alinéas [0004] - [0005], [0009] - [0010], [0021] - [0023], [0029] - [0034], [0042] - [0045]; figures 1-3 * -----	1-9, 12-15	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B60L H02J H01M B60R G05B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
1 décembre 2023		Molnar, Sabinus	
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 2304903 FA 918930**

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 **01-12-2023**
 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 102015214231 A1	02-02-2017	DE 102015214231 A1	02-02-2017
		WO 2017016747 A1	02-02-2017

DE 102017202295 A1	16-08-2018	CN 110248848 A	17-09-2019
		DE 102017202295 A1	16-08-2018
		EP 3583004 A1	25-12-2019
		US 2019389405 A1	26-12-2019
		WO 2018149663 A1	23-08-2018

FR 3089072 A1	29-05-2020	AUCUN	

DE 102019214720 A1	01-04-2021	CN 114466762 A	10-05-2022
		DE 102019214720 A1	01-04-2021
		EP 4034410 A1	03-08-2022
		US 2022348086 A1	03-11-2022
		WO 2021058538 A1	01-04-2021
