

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 126 500

21 N° d'enregistrement national : 21 08975

51 Int Cl⁸ : G 01 R 31/00 (2020.12)

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 27.08.21.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 03.03.23 Bulletin 23/09.

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) : PSA Automobiles SA SA — FR.

72 Inventeur(s) : LI HAI.

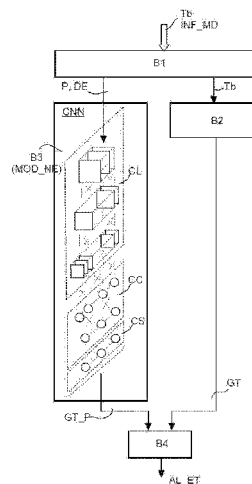
73 Titulaire(s) : PSA Automobiles SA SA.

54 **PROCÉDÉ DE DÉTECTION DE L'EMBALLÉMENT
THERMIQUE D'UNE BATTERIE ÉLECTRIQUE.**

57 Le procédé est du type comprenant une mesure d'une

température interne (T_b) de la batterie électrique. Conformément à l'invention, le procédé comprend les étapes de a) (B2) calcul d'un premier gradient de température (GT) à partir de la température interne (T_b) mesurée, b) (B3) prédiction d'un

deuxième gradient de température (GT_P) par un modèle de prédiction (MOD_NE) de type à apprentissage automatique à partir de données (DE_INF_MD) de la batterie électrique et d'un système thermique associé à la batterie électrique, et c) (B4) décision d'émission d'une alerte de détection d'emballement thermique (AL_ET) sur la base d'une comparaison entre les premier et deuxième gradients de température.
Fig.3



FR 3 126 500 - A1



Description

Titre de l'invention : PROCÉDÉ DE DÉTECTION DE L'EMBALLEMENT THERMIQUE D'UNE BATTERIE ÉLECTRIQUE

- [0001] La présente invention concerne le domaine des batteries électriques. Plus particulièrement, l'invention se rapporte à un procédé de détection de l'emballlement thermique d'une batterie électrique, applicable notamment pour une batterie de traction d'un véhicule électrifié.
- [0002] Une batterie électrique de traction lorsqu'elle est en service dans un véhicule électrifié, tel qu'un véhicule tout électrique ou un véhicule hybride thermique-électrique, peut dégager une puissance calorifique conséquente. La puissance calorifique dégagée doit être évacuée pour maintenir la température interne de la batterie en dessous d'un certain seuil de température et éviter un emballlement thermique de celle-ci. L'emballlement thermique de la batterie peut conduire à une explosion de celle-ci et est un évènement de sécurité majeur. Il est donc important de détecter au plus tôt le risque d'un emballlement thermique de la batterie.
- [0003] Dans l'état de la technique, il est connu deux méthodes industrialisables pour détecter l'emballlement thermique d'une batterie.
- [0004] Une première méthode est de détecter l'emballlement thermique de la batterie par une surveillance de la tension électrique aux bornes de celle-ci, l'emballlement thermique étant détecté lorsqu'intervient une chute brutale de cette tension électrique. Cette méthode autorise une détection rapide. Cependant, elle ne suffit à elle seule pour une détection fiable d'un emballlement thermique. En effet, une chute brutale de la tension électrique aux bornes d'une batterie peut avoir une autre cause qu'un emballlement, comme par exemple l'activation sur le réseau électrique connecté à la batterie d'un dispositif à forte consommation électrique.
- [0005] Une autre méthode est de détecter l'emballlement thermique de la batterie par une surveillance de la pression de gaz dans les cellules électrochimiques de la batterie. Cette méthode offre une détection fiable d'un emballlement thermique. Cependant, la détection de l'emballlement thermique intervient tardivement, alors que l'explosion de la batterie est proche.
- [0006] Par ailleurs, par le document US20130049971A1, il est connu un dispositif qui se base sur une mesure de la résistance d'isolation électrique du pack batterie pour détecter une défaillance d'une cellule électrochimique de celui-ci.
- [0007] Les documents CN104330743A et WO2016118250A1 proposent quant à eux des méthodes pour détecter un emballlement thermique d'une batterie à partir de la tem-

pérature de celle-ci.

- [0008] Le document WO2016118250A1 divulgue une méthode de principe dans laquelle l'emballage thermique est détecté par des calculs de dérivées sur des mesures de température et une comparaison à un seuil. L'agencement d'un capteur de température pour l'acquisition des mesures n'est pas décrit dans ce document.
- [0009] Le document CN104330743A décrit une méthode de laboratoire pour une batterie de type lithium-ion. Cette méthode faisant appel à un tube caloporteur et à un capteur de température à fil résistif pour mesurer la température de la batterie. Le tube caloporteur comporte une partie intégrée dans la structure de la batterie et une extrémité externe sur laquelle est enroulé le fil résistif du capteur de température.
- [0010] Il est souhaitable de fournir une solution ne présentant pas les inconvénients susmentionnés de la technique antérieure et bien adaptée à une industrialisation, pour détecter de façon fiable et au plus tôt l'emballage thermique d'une batterie électrique.
- [0011] Selon un premier aspect, l'invention concerne un procédé de détection de l'emballage thermique d'une batterie électrique du type effectuant une mesure d'une température interne de la batterie électrique. Conformément à l'invention, le procédé comprend également les étapes de a) calcul d'un premier gradient de température à partir de la température interne mesurée, b) prédiction d'un deuxième gradient de température par un modèle de prédiction de type à apprentissage automatique à partir de données de la batterie électrique et d'un système thermique associé à la batterie électrique, et c) décision d'émission d'une alerte de détection d'emballage thermique sur la base d'une comparaison entre les premier et deuxième gradients de température.
- [0012] Selon une caractéristique particulière du procédé, la mesure de la température interne est réalisée avec un capteur de température de type dit « PVD » intégré dans la batterie électrique.
- [0013] Selon une autre caractéristique particulière du procédé, dans l'étape b), les données comprennent une puissance électrique de la batterie électrique et un débit de fluide caloporteur dans le système thermique.
- [0014] Selon encore une autre caractéristique particulière du procédé, dans l'étape b), le modèle de prédiction est un modèle neuronal d'un réseau neuronal convolutif.
- [0015] Selon encore une autre caractéristique particulière du procédé, dans l'étape c), la comparaison comprend le calcul d'un rapport entre les premier et deuxième gradients de température et la comparaison de ce rapport à un seuil de décision.
- [0016] L'invention concerne aussi un ordinateur comprenant une mémoire stockant des instructions de programme pour la mise en œuvre du procédé tel que décrit brièvement ci-dessus.

- [0017] L'invention concerne aussi un ensemble d'une batterie électrique et d'un ordinateur, intégré dans un véhicule, le ordinateur étant un ordinateur tel que décrit ci-dessus. Dans une forme de réalisation particulière pour un véhicule électrifié, la batterie électrique est une batterie électrique de traction. Dans une autre forme de réalisation particulière, le ordinateur compris dans cet ensemble est un ordinateur de gestion de batterie du type dit « BMS ».
- [0018] L'invention concerne aussi un véhicule comprenant un ensemble tel que décrit brièvement ci-dessus.
- [0019] D'autres avantages et caractéristiques de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description détaillée ci-dessous de plusieurs modes de réalisation particuliers de l'invention, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :
- [0020] [Fig.1] La [Fig.1] est un bloc-diagramme montrant schématiquement de manière simplifiée une architecture électrique d'un véhicule électrique dans lequel est mis en œuvre un mode de réalisation particulier du procédé selon l'invention.
- [0021] [Fig.2] La [Fig.2] est un bloc-diagramme montrant des blocs fonctionnels du procédé selon l'invention.
- [0022] [Fig.3] La [Fig.3] est une coupe transversale partielle schématique d'un module de batterie équipé d'un capteur de température de type « PVD ».
- [0023] [Fig.4] La [Fig.4] est un bloc-diagramme d'un exemple de système thermique d'un module de batterie.
- [0024] [Fig.5] La [Fig.5] montre des premières courbes comparatives entre des résultats de prédiction et de simulation obtenus avec une puissance de batterie fixe et un débit de fluide caloporteur de refroidissement variable.
- [0025] [Fig.6] La [Fig.6] montre des deuxièmes courbes comparatives entre des résultats de prédiction et de simulation obtenus avec une puissance de batterie variable et un débit de fluide caloporteur de refroidissement fixe.
- [0026] En référence aux Figs.1 à 6, il est maintenant décrit un mode de réalisation particulier du procédé selon l'invention. Dans cet exemple de réalisation, le procédé est mis en œuvre dans un véhicule électrifié sous la forme d'un véhicule tout électrique VE. Le véhicule VE comprend une chaîne de traction électrique intégrant un groupe motopropulseur électrique eGMP. Le groupe motopropulseur électrique eGMP est alimenté en énergie par un pack batterie BAT_HV, à travers un convertisseur électrique réversible de type DC/AC (non représenté).
- [0027] Le pack batterie BAT_HV est par exemple un pack batterie haute tension de type lithium-ion qui est géré par un ordinateur dit « BMS », pour « Battery Management System » en anglais. Le pack batterie BAT_HV comprend notamment une pluralité de modules de batterie MP qui stockent l'énergie électrique, ainsi que des bus conducteurs de connexion électrique des modules de batterie et un système de gestion

thermique de ceux-ci.

- [0028] Le calculateur BMS est relié à un réseau de communication de données eCAN, typiquement de type « CAN », du véhicule et héberge des modules logiciels embarqués qui réalisent différentes fonctions de gestion et de mesure pour le pack batterie BAT_HV. Ainsi, typiquement, le calculateur BMS estime notamment l'état de charge « SOC » (pour « State Of Charge » en anglais) et l'état de santé « SOH » (pour « State Of Health » en anglais) du pack batterie.
- [0029] La mise en œuvre du procédé selon l'invention fait appel à un module logiciel embarqué MOD_SW hébergé dans un calculateur du véhicule et à au moins un capteur de température CT logé dans un module de batterie MP du pack batterie BAT_HV.
- [0030] Dans ce mode de réalisation particulier de l'invention, comme représenté à la [Fig.1], le module logiciel MOD_SW est implanté dans une mémoire MEM du calculateur BMS. Le calculateur BMS peut coopérer, sous la supervision du module logiciel MOD_SW, avec un ou plusieurs autres calculateurs du véhicule pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention, en particulier le calculateur eVCU qui est le calculateur superviseur de la chaîne de traction électrique du véhicule. Le module logiciel MOD_SW autorise la mise en œuvre du procédé selon l'invention par l'exécution d'instructions de code de programme par un processeur (non représenté) du calculateur BMS.
- [0031] Comme montré schématiquement à la [Fig.1], le calculateur BMS reçoit en entrée une information de température Tb produite à partir de la mesure de température du capteur de température CT. Le capteur de température CT est relié à un circuit électronique de mesure (non représenté) ayant pour fonction d'acquérir la mesure de température du capteur CT et de la transmettre au calculateur BMS sous la forme de l'information de température Tb. L'information de température Tb est exploitée par le module logiciel MOD_SW pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention. Pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention, le module logiciel MOD_SW exploite d'autres informations INF_MD, détaillées plus bas, qui sont disponibles typiquement dans le calculateur BMS ou obtenues en provenance d'un autre calculateur, comme le calculateur eVCU, par exemple via le réseau eCAN.
- [0032] Dans ce mode de réalisation de l'invention, le capteur de température CT est du type décrit dans la demande de brevet français non publiée FR2103618 de la demanderesse, déposée le 08 avril 2021. Cette technologie est décrite brièvement ci-dessous, en référence à la [Fig.2], pour une meilleure compréhension de ce mode de réalisation de l'invention.
- [0033] Comme bien visible à la [Fig.2], le capteur de température CT de température est disposé entre des parois en regard 2a, 2b, respectivement de deux cellules électrochimiques adjacentes 1a, 1b, du module de batterie MP.

- [0034] Chaque cellule 1a, 1b, est recouverte d'une couche externe 3a, 3b, d'isolation électrique. Chaque paroi 2a, 2b, est donc recouverte de la couche d'isolation électrique 3a, 3b, respectivement, qui est mince, de l'ordre de 0,1 mm. Cette couche d'isolation électrique 3a, 3b, est typiquement en plastique PET (polytéréphtalate d'éthylène).
- [0035] De plus, le module de batterie MP comprend également une tranche 4 d'isolant thermique prise en sandwich entre les parois 2a, 2b, des cellules 1a, 1b. La tranche d'isolant thermique 4 est destinée à la prévention de l'emballement thermique du module de batterie MP. La tranche d'isolant thermique 4 est plus épaisse que la couche d'isolation électrique 3a, 3b, par exemple d'environ 1,5 mm. Cette tranche d'isolant thermique 4 peut être en plastique, également en PET (Polytéréphtalate d'éthylène).
- [0036] Le capteur de température CT est disposé ici entre la tranche d'isolant thermique 4 et la couche d'isolation électrique 3a de la cellule 1a. Le capteur CT est ici un capteur de température de type « PVD », c'est-à-dire, un capteur dont l'élément sensible est déposé en revêtement, typiquement par la technologie de dépôt en phase vapeur « PVD » pour « Physical Vapor Deposition » en anglais. La technologie « PVD » autorise la réalisation de l'élément sensible du capteur CT avec une très faible épaisseur, quelques microns, ce qui facilite son insertion entre la couche d'isolation électrique 3a et la tranche d'isolant thermique 4, sans aménagement spécifique de celles-ci.
- [0037] Les essais réalisés par l'entité inventive ont montré que le capteur de température CT de type « PVD », avec une épaisseur d'élément sensible de 5 μm environ, permet une mesure de la température du module de batterie MP qui est proche de la température maximale à l'intérieur des cellules électrochimiques 1a, 1b.
- [0038] Le processus de traitement mis en œuvre dans le procédé selon l'invention est maintenant décrit ci-dessous en référence plus particulièrement à la [Fig.3].
- [0039] Comme représenté schématiquement à la [Fig.3], le processus de traitement comprend essentiellement quatre blocs fonctionnels B1 à B4. Ces blocs fonctionnels B1 à B4 sont respectivement un bloc d'acquisition de données, un bloc de calcul de gradient de température, un bloc de prédiction de gradient de température et un bloc de décision d'alerte d'emballement thermique.
- [0040] Le bloc fonctionnel B1 a pour fonction d'acquérir les différentes informations nécessaires à la mise en œuvre du procédé de l'invention, à savoir, l'information de température T_b susmentionnée qui est utilisée par le bloc fonctionnel B2, ainsi que les autres informations INF_MD susmentionnées qui sont utilisées par le bloc fonctionnel B3. Les informations INF_MD comprennent notamment une puissance électrique P du module de batterie MP et un débit DE de liquide caloporteur dans un système thermique décrit plus bas prévu pour le refroidissement du module de batterie MP.
- [0041] Le bloc fonctionnel B2 a pour fonction de calculer un gradient de température GT à

l'intérieur du module de batterie MP à partir de l'information de température T_b délivrée en temps réel. Le gradient de température GT est obtenu grâce à la mesure précise du capteur CT de type « PVD ». Le gradient de température GT, désigné également ci-après « gradient de température mesuré », indique directement la génération de chaleur dans le module de batterie MP et offre donc un indicateur fiable pour la détection de l'emballement thermique.

- [0042] Le bloc fonctionnel B3 a pour fonction de prédire un gradient de température GT_P qui correspond au gradient de température à l'intérieur du module de batterie MP lorsque celui-ci fonctionne normalement, c'est-à-dire, hors d'une phase d'emballement thermique. Le gradient de température GT_P , désigné également ci-après « gradient de température prédit », est obtenu au moyen d'un modèle mathématique MOD_NE qui est modèle neuronal.
- [0043] Le bloc fonctionnel B4 a pour fonction de décider de l'émission d'une alerte d'emballement thermique AL_ET, sur la base d'une comparaison entre le gradient de température mesuré GT et le gradient de température prédit GT_P . Cette comparaison permet de détecter une brusque augmentation anormale du gradient de température GT indicatrice d'un emballement thermique à un stade précoce. Ainsi, dans ce mode de réalisation particulier, l'alerte d'emballement thermique AL_ET est émise lorsqu'un rapport R entre GT et S_GT, $R=GT/S_GT$, devient supérieur à un seuil calibré S_R.
- [0044] Le modèle neuronal MOD_NE est un modèle d'intelligence artificielle obtenu par apprentissage automatique, typiquement au moyen d'un réseau neuronal convolutif dit « CNN » (pour « Convolutional Neural Network » en anglais). Le réseau neuronal convolutif « CNN » est capable d'un apprentissage automatique approfondi dit « deep learning » en anglais.
- [0045] L'architecture et le fonctionnement d'un réseau neuronal convolutif ne seront pas décrits ici en détail, ceux-ci étant connus de l'homme du métier et largement documentés dans la littérature. Brièvement, comme montré schématiquement à la [Fig.3], le réseau neuronal convolutif « CNN » comporte un certain nombre de couches de convolution CL qui assurent l'extraction de caractéristiques, des couches de classification CC qui assurent la classification et la hiérarchisation des caractéristiques extraites et des couches de sortie CS qui délivrent la prédiction sortante, ici GT_P , du modèle neuronal. Le nombre des couches et le nombre de nœuds dans chaque couche devront être ajustés, en fonction de l'application, pour obtenir la précision voulue pour le gradient de température prédit GT_P .
- [0046] Conformément à l'invention, afin d'obtenir le modèle neuronal MOD_NE, le réseau neuronal convolutif « CNN » est entraîné avec des données obtenues par des essais réalisés sur le module de batterie MP et son système thermique.
- [0047] Un exemple d'un système thermique de module de batterie, désigné ST, est re-

présenté schématiquement à la [Fig.4].

- [0048] Comme visible à la [Fig.4], le système thermique ST comprenant essentiellement un refroidisseur de batterie RE, un circuit de fluide caloporteur CF, une pompe hydraulique PO et un échangeur thermique ET.
- [0049] Ce système thermique ST a pour fonction de refroidir le module de batterie MP en évacuant une partie des calories produites dans celui-ci. Le refroidisseur de batterie RE est ici en contact étroit avec la base du module de batterie MP, en partie basse de celui-ci. Les calories extraites du module de batterie MP au niveau du refroidisseur de batterie RE sont transportées jusqu'à l'échangeur thermique ET par le liquide caloporteur du circuit CF. La circulation forcée du fluide caloporteur dans le circuit CF est commandée par la pompe hydraulique PO, avec un débit DE.
- [0050] Le module de batterie MP lors de son fonctionnement, en mode de charge ou décharge, est une source de la chaleur ayant une capacité thermique et une résistance thermique. La chaleur produite par le module de batterie MP dépend de plusieurs facteurs, à savoir, principalement la puissance électrique P de fonctionnement du module de batterie MP, sa température, l'état de charge « SOC », et aussi l'état de santé « SOH ».
- [0051] Le débit DE du fluide caloporteur et la puissance électrique P du module de batterie MP sont des données utilisées pour le modèle neuronal MOD_NE. La température TF en entrée du refroidisseur de batterie RE, ainsi que la température TH en partie haute du module de batterie MP, sont également utilisables pour le modèle neuronal MOD_NE. La température TH en partie haute du module de batterie MP est donnée ici par l'information de température Tb obtenue à l'aide du capteur CT.
- [0052] Les essais avec le système thermique du module de batterie MP, nécessaires au développement du modèle neuronal MOD_NE, sont réalisés de la manière suivante, en considérant l'exemple de système thermique ST décrit brièvement :
- [0053] A- Le module de batterie MP est monté sur le refroidisseur RE ayant un coefficient de transfert de chaleur de valeur connue et adéquate.
- [0054] B- Le module de batterie MP est isolé thermiquement au niveau de toutes ses surfaces externes, excepté sa surface d'interface avec le refroidisseur RE.
- [0055] C- Conditionner le module de batterie MP à une température déterminée en fonction de l'exigence (par exemple 30°B) pendant une durée suffisante pour obtenir une température interne homogène.
- [0056] D- Démarrer le fonctionnement du module de batterie MP à puissance P constante, et démarrer la pompe hydraulique PO à une vitesse constante pour obtenir un débit de fluide caloporteur DE constant. Appliquer une matrice de test basée sur une combinaison de la puissance P et du débit de fluide caloporteur DE. Le nombre des points des tests doit être suffisant pour représenter des courbes de caractéristiques géné-

ralement non linéaires sur la totalité de leur plage de valeur.

- [0057] E- Répéter la matrice de tests pour différents états de charge « SOC » et différents états de santé « SOH ».
- [0058] F- Arrêter les tests dès que l'équilibre thermique est atteint dans le module de batterie MP, ou dès que la puissance P du module de batterie MP commence à baisser (réduction de puissance dite « power derating » en anglais).
- [0059] Les données obtenues par les essais réalisés comme décrit, avec le système thermique du module de batterie MP, sont ensuite utilisées pour entraîner le réseau neuronal convolutif « CNN » et obtenir le modèle neuronal MOD_NE.
- [0060] Une simulation en régime transitoire du module de batterie MP avec son système thermique ST a été réalisée par l'entité inventive pour vérifier par comparaison des résultats la performance prédictive du modèle neuronal MOD_NE obtenu. Cette simulation a été réalisée à partir des équations mathématiques détaillées ci-dessous issues de l'analyse du fonctionnement physique du module de batterie MP avec son système thermique ST.
- [0061] La production de chaleur dans le module de batterie MP, en négligeant l'influence du « SOC » et du « SOH », est régie par l'égalité :
- [0062] $Q_{\text{gen}} = c1.TH.P$,
- [0063] dans laquelle, Q_{gen} est la chaleur générée, TH est la température susmentionnée mesurée en partie haute du module M, P est la puissance électrique susmentionnée du module de batterie MP et c1 est un coefficient considéré ici comme étant constant.
- [0064] La température TL en partie basse du module de batterie MP, c'est-à-dire au niveau de son interface avec le refroidisseur de batterie RE, est sensiblement plus basse que la température TH en partie haute du module de batterie MP, en raison de la résistance thermique interne dans les cellules électrochimiques. La différence entre ces températures est donnée par l'égalité suivante :
- [0065] $TH-TL = c2.Q_{\text{gen}}$,
- [0066] dans laquelle, c2 est un coefficient constant représentant la résistance thermique interne susmentionnée.
- [0067] De manière simplifiée, en négligeant la corrélation entre un coefficient de transfert de chaleur c3 du module de batterie MP et le débit de fluide caloporteur DE, le transfert de la chaleur du module de batterie MP vers le refroidisseur de batterie RE est régi par l'égalité suivante :
- [0068] $Q_{\text{trans}} = c3.DE.(TL-TF)$,
- [0069] dans laquelle, Q_{trans} est la chaleur transférée, DE est le débit de fluide caloporteur, TF est la température susmentionnée du fluide caloporteur en entrée du refroidisseur de batterie RE et c3 est le coefficient de transfert de chaleur susmentionné considéré ici comme étant constant.

[0070] La variation transitoire de la température du module de batterie MP est exprimée dans l'équation suivante :

$$[0071] \quad (Q_{\text{gen}} - Q_{\text{trans}}) \cdot Dt = c4 \cdot [(TH_{t_n} + TL_{t_n})/2 - (TH_{t_{(n-1)}} + TL_{t_{(n-1)}})/2],$$

[0072] dans laquelle Dt est le pas de temps de la simulation, les indices tn et t(n-1) affectés aux températures TH et TL indiquent que les valeurs considérées pour ces températures sont respectivement celles du pas de temps n considéré et celles du pas de temps n-1 antérieur, et c4 est un coefficient considéré ici comme étant constant.

[0073] Le gradient de température recherché par simulation, désigné GT_S, est :

$$[0074] \quad GT_S = (TH_{t_n} - TH_{t_{(n-1)}})/Dt.$$

[0075] Pour obtenir le gradient GT_S, les équations sont résolues de manière itérative par la méthode implicite, en prenant un pas de temps Dt par exemple de 1s, $Dt = 1s$, et en ajustant les valeurs des coefficients de façon à obtenir des valeurs de température dans la plage de température réelle du module de batterie MP avec son système thermique ST.

[0076] Les Figs.5 et 6 montrent l'évolution en fonction du temps des températures internes T_P et T_S obtenues par intégration respectivement des gradients de température GT_P et GT_S prédit par le modèle MOD_NE et calculé par la simulation. Les courbes de la [Fig.5] ont été obtenues avec une puissance P fixe de 50 kW et un débit de fluide caloporteur DE variant sinusoïdalement de 0 à 10 litres/minute. Les courbes de la [Fig.6] ont été obtenues avec une puissance P variant sinusoïdalement de 0 à 100 kW et un débit de fluide caloporteur DE fixe de 10 litres/minute. La concordance clairement visible des courbes dans les Figs.5 et 6 démontre la justesse de la prédiction fournie par le modèle neuronal MOD_NE.

[0077] L'invention ne se limite pas au mode de réalisation particulier qui a été décrit ici à titre d'exemple. L'homme du métier, selon les applications de l'invention, pourra apporter différentes modifications et variantes entrant dans le champ de protection de l'invention.

Revendications

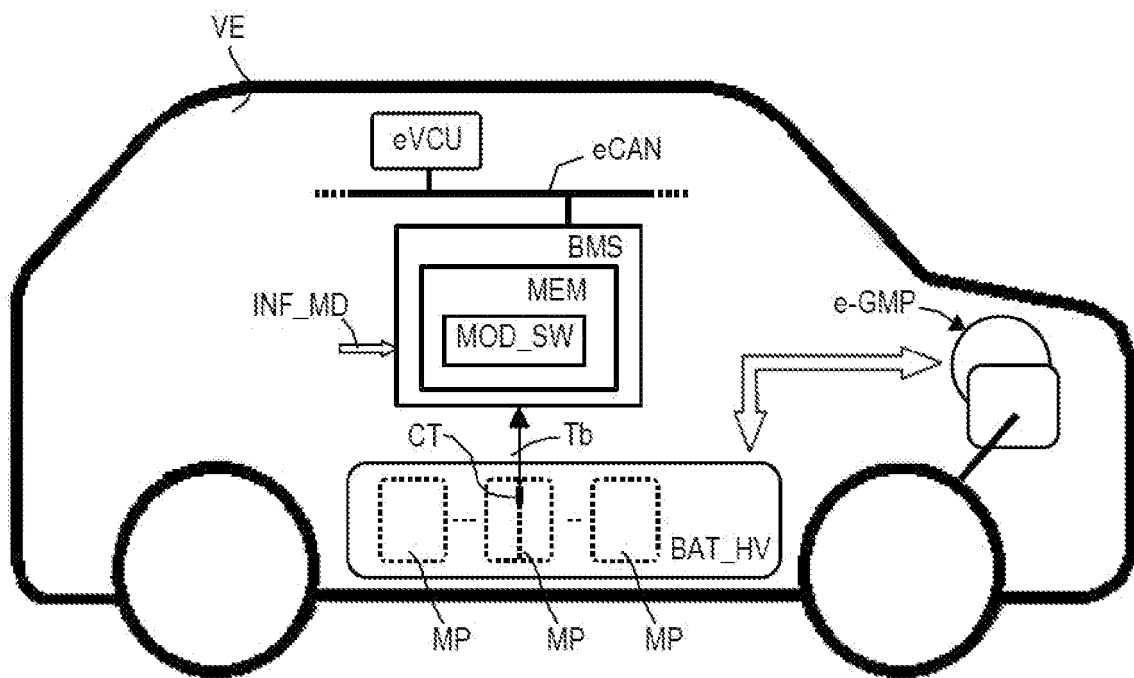
- [Revendication 1] Procédé de détection de l'emballement thermique d'une batterie électrique (BAT_HT) du type effectuant une mesure d'une température interne (Tb) de ladite batterie électrique (BAT_HT), caractérisé en ce qu'il comprend les étapes de a) (B2) calcul d'un premier gradient de température (GT) à partir de ladite température interne (Tb) mesurée, b) (B3) prédiction d'un deuxième gradient de température (GT_P) par un modèle de prédiction (MOD_NE) de type à apprentissage automatique à partir de données (PE, DE INF_MD) de ladite batterie électrique (BAT_HV) et d'un système thermique (ST) associé à ladite batterie électrique (BAT_HV), et c) (B4) décision d'émission d'une alerte de détection d'emballement thermique (AL_ET) sur la base d'une comparaison entre lesdits premier et deuxième gradients de température (GT, GT_P).
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la mesure de ladite température interne (Tb) est réalisée avec un capteur de température (CT) de type dit « PVD » intégré dans ladite batterie électrique (BAT_HV).
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que, dans l'étape b), lesdites données comprennent une puissance électrique (P) de ladite batterie électrique (BAT_HV) et un débit de fluide caloporteur (DE) dans ledit système thermique (ST).
- [Revendication 4] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que, dans l'étape b), ledit modèle de prédiction est un modèle neuronal (MOD_NE) d'un réseau neuronal convolutif.
- [Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que, dans l'étape c), ladite comparaison comprend le calcul d'un rapport (R) entre lesdits premier et deuxième gradients de température (GT, GT_P) et la comparaison dudit rapport (R) à un seuil de décision.
- [Revendication 6] Calculateur (BMS) caractérisé en ce qu'il comprend une mémoire (MEM) stockant des instructions de programme (MOD_SW) pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5.
- [Revendication 7] Ensemble d'une batterie électrique (BAT_HV) et d'un calculateur, intégré dans un véhicule (VE), caractérisé en ce que ledit calculateur est un calculateur (BMS) selon la revendication 6.
- [Revendication 8] Ensemble selon la revendication 7, intégré dans un véhicule électrifié

(VE), caractérisé en ce que ladite batterie électrique est une batterie électrique de traction (BAT_HV).

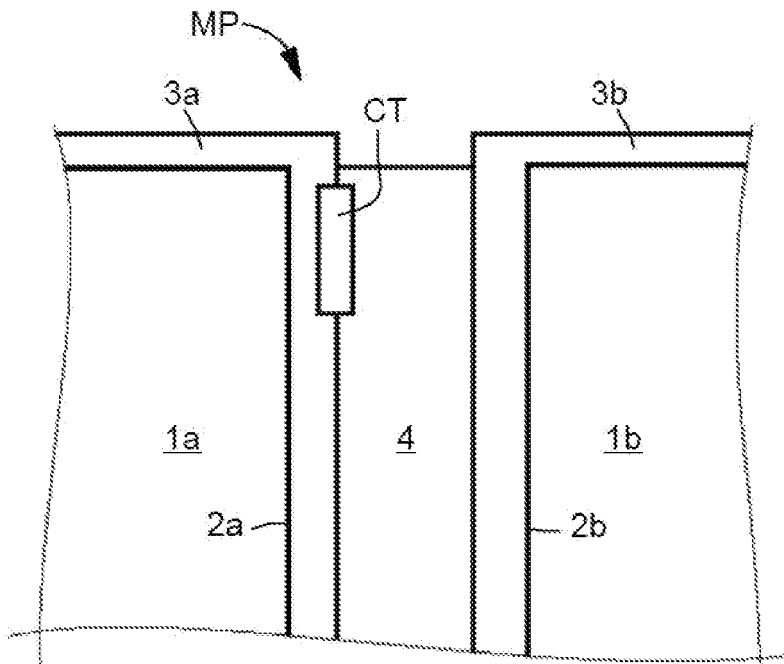
[Revendication 9] Ensemble selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce que ledit calculateur est un calculateur de gestion de batterie du type dit « BMS ».

[Revendication 10] Véhicule (VE) caractérisé en ce qu'il comprend un ensemble (BAT_HV, BMS) selon l'une quelconque des revendications 7 à 9.

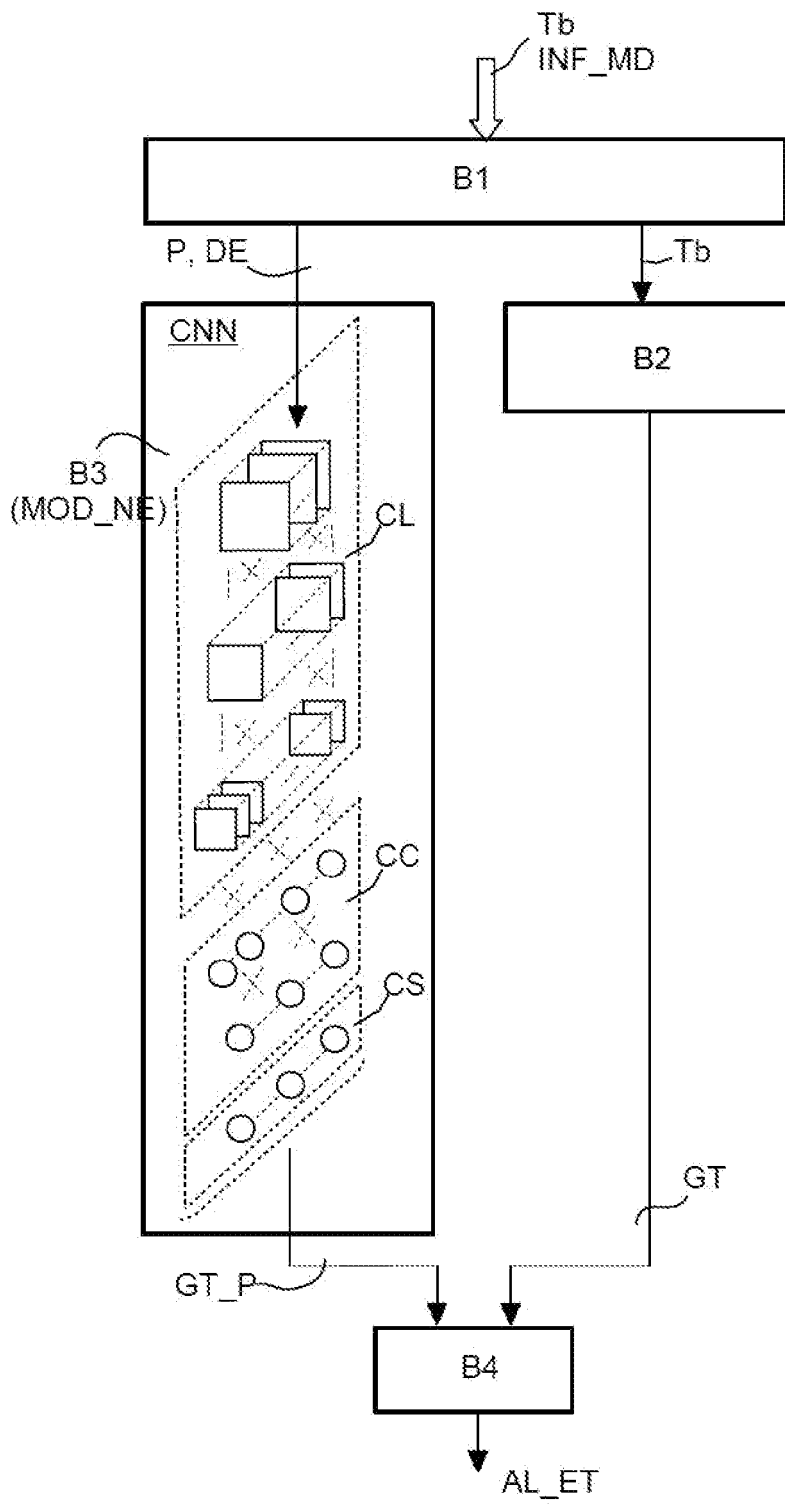
[Fig. 1]



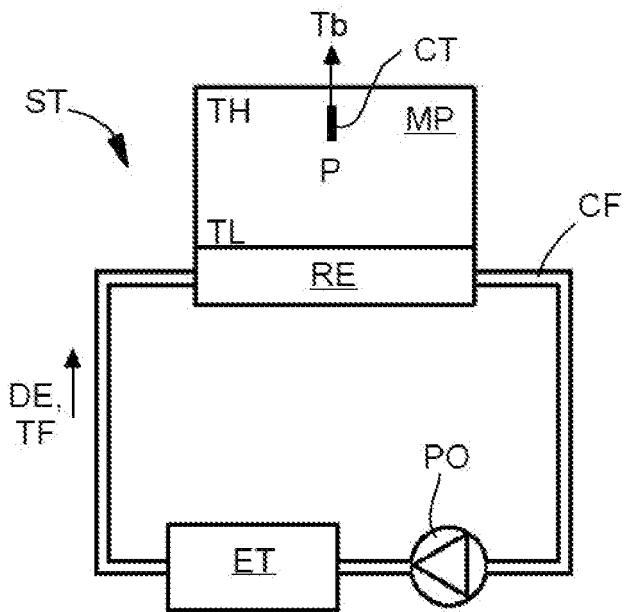
[Fig. 2]



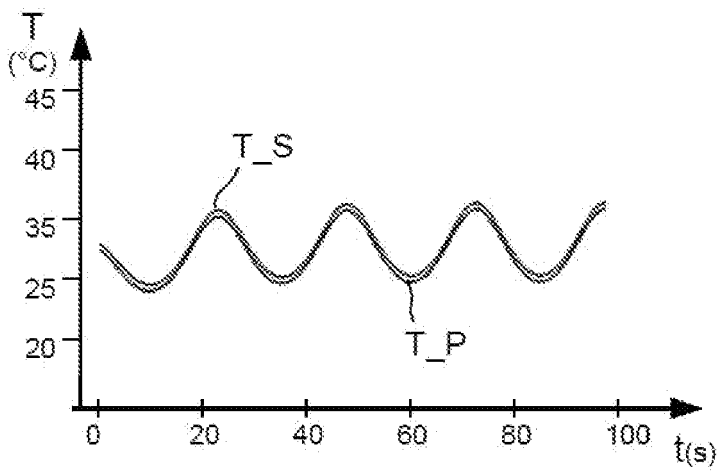
[Fig. 3]



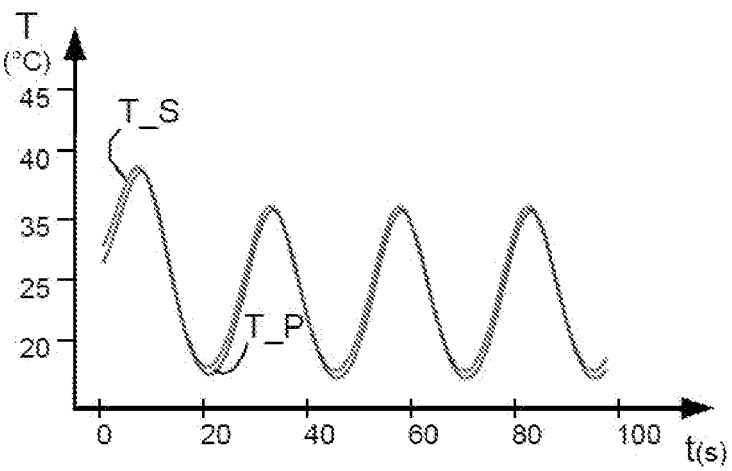
[Fig. 4]



[Fig. 5]



[Fig. 6]



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 896817
FR 2108975

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	WO 2020/219747 A2 (JOBV AERO INC [US]) 29 octobre 2020 (2020-10-29)	1, 3-10	G01R31/00
Y	* alinéas [0003], [0030] - [0033], [0037], [0040], [0056], [0058], [0103] - [0105] * * alinéas [0110], [0113], [0118] - [0120], [0138], [0140] - [0143] * * figure 4 *	2	
Y	----- CHI-YUAN LEE ET AL: "In situ monitoring of voltage and temperature in lithium batteries", NANO/MICRO ENGINEERED AND MOLECULAR SYSTEMS (NEMS), 2011 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, 20 février 2011 (2011-02-20), pages 237-240, XP031965893, DOI: 10.1109/NEMS.2011.6017338 ISBN: 978-1-61284-775-7	2	
A	* abrégé * * sections II.A et III * -----	1, 3-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H01M B60L G01W G06N G01K
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
20 mai 2022		Grave, Christian	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		
		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2108975 FA 896817**

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 **20-05-2022**
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
WO 2020219747 A2	29-10-2020	CN 114041229 A	11-02-2022
		EP 3959770 A2	02-03-2022
		US 2020339010 A1	29-10-2020
		US 2021162884 A1	03-06-2021
		US 2021170908 A1	10-06-2021
		WO 2020219747 A2	29-10-2020
