

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 26.04.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 01.11.24 Bulletin 24/44.

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 Société par
actions simplifiée (SAS) — FR.

72 Inventeur(s) : GUERIN STEPHANE.

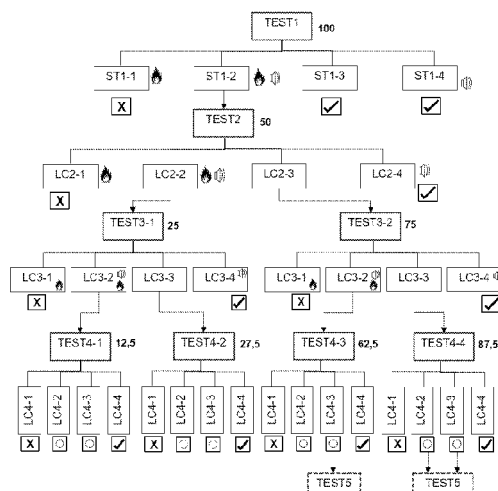
73 Titulaire(s) : STELLANTIS AUTO SAS Société par
actions simplifiée.

54 **PROCÉDÉ POUR METTRE EN ŒUVRE DES TESTS
D'EMBALLAGE THERMIQUE CONCERNANT
UNE BATTERIE ÉLECTRIQUE.**

57 L'invention concerne un procédé pour mettre en œuvre des tests d'emballage thermique pour une batterie électrique surveillée par un système de surveillance de batterie, caractérisé en ce que l'on déroule, sur un type de batterie prédéfini, en ayant à disposition plusieurs exemplaires de batteries ayant le type de batterie prédéfini, des tests successifs

suivant une logique de séquençage de tests, où les conditions initiales d'un test à réaliser dépendent du résultat du test précédemment réalisé, notamment du point de vue de la logique de dichotomie.

Figure 4



Description

Titre de l'invention : PROCEDE POUR METTRE EN ŒUVRE DES TESTS D'EMBALLEMENT THERMIQUE CONCERNANT UNE BATTERIE ELECTRIQUE

- [0001] L'invention concerne un procédé pour mettre en œuvre des tests d'emballlement thermique concernant une batterie électrique.
- [0002] Dans un véhicule automobile à propulsion/traction électrique, on trouve une batterie de traction qui est prévue pour emmagasiner une quantité importante d'énergie électrique sous forme électrochimique.
- [0003] On parle en pratique de plusieurs dizaines de kWh. Une batterie de véhicule 100% électrique présente une capacité de stockage énergétique comprise typiquement entre 50 kWh et 100 kWh, en fonction de l'autonomie cible, du poids et de la consommation dudit véhicule.
- [0004] Les batteries de traction les plus courantes sur les véhicules électriques sont des batteries à base d'une électrochimie de type Lithium-Ion.
- [0005] Parmi celles-ci, il en existe deux types les plus répandus, à savoir les NMC (Nickel Manganèse Cobalt) et les LFP (Lithium Fer Phosphate / LifePo4).
- [0006] Dans un véhicule électrique, la batterie est protégée des agressions mécaniques par des éléments structurels du véhicule, dont le plancher du véhicule fait partie en général. La batterie est également protégée généralement de l'environnement physico-chimique, par exemple humidité, brouillard, écoulement de liquides, et cetera.
- [0007] Les batteries sont composées habituellement d'une juxtaposition de cellules électrochimiques unitaires.
- [0008] En outre, il est prévu avec la batterie un système de surveillance de la batterie, appelé dans le métier 'BMS' (de l'anglais Battery Management System), le système de surveillance étant configuré pour acquérir diverses informations à propos de la batterie et de ses paramètres de fonctionnement : tension, courant, température, dégazage, et cetera.
- [0009] Il s'avère qu'en pratique, pour les batteries lithium-ion, le risque d'un phénomène appelé « emballement thermique » ne peut pas complètement être éliminé.
- [0010] Ce phénomène d'emballlement thermique, appelé aussi communément dans la pratique « thermal runaway », arrive lorsqu'une cellule électrochimique atteint une température trop élevée et commence à se consumer tout en communiquant à aux cellules voisines une énergie calorifique suffisante pour augmenter la température des cellules voisines de sorte qu'elles vont elles aussi se mettre à se consumer, ce qui conduit de proche en proche à la destruction de la batterie.

- [0011] Sur les véhicules automobiles, toutes les mesures de précaution sont prises pour éviter à tout prix un événement inflammatoire ou incandescent non désiré pour l'ensemble du véhicule, batterie y compris.
- [0012] À cet effet, les véhicules automobiles électrique sont équipés de systèmes de refroidissement performants pour refroidir les cellules électrochimiques de leur batterie. S'agissant de la batterie, il est aussi prévu de limiter la sollicitation appliquée à la batterie si la température s'approche d'un seuil prédéfini (on parle de détarage volontaire de performance aussi appelé 'derating').
- [0013] Malgré toutes les précautions idoines prises, on ne peut pas complètement exclure le risque d'un échauffement local voire d'un phénomène de type emballement thermique, fusse-t-il de probabilité extrêmement faible.
- [0014] Selon les aspects réglementaires en vigueur, il faut que si un tel événement apparaissait, le système de surveillance de la batterie ('BMS') puisse le détecter afin d'alerter à temps les occupants et/ou les propriétaires du véhicule en question, pour qu'il(s) puisse(ent) prendre toutes les actions pertinentes et adéquates au vu de la situation.
- [0015] Pour l'homologation, il est demandé aux constructeurs de véhicules électriques de procéder à des essais réels pour montrer que, soit le phénomène d'emballement thermique ne peut pas survenir, soit au cas où il survient, qu'il est accompagné d'une alerte suffisamment précoce délivrée par le BMS.
- [0016] De plus, les essais réels en question doivent apporter la démonstration attendue, et ceci quel que soit l'état de charge de la batterie. Pour procéder à un tel essai réel, on surchauffe une des cellules de la pluralité de cellules composant une batterie, ladite cellule étant chauffée au-delà de sa température d'embrasement (dite température de 'onset').
- [0017] Classiquement, on procède à une dizaine de tests à savoir pour les différents états de charge de batterie suivants : 100%, 90%, 80%, 70%, 60%, 50%, 40%, 30%, 20%, 10%, ce qui veut dire la mise en œuvre de dix tests pour tester un type de batterie avec un type de BMS.
- [0018] Conduire dix tests potentiellement plus ou moins destructifs représente une activité coûteuse et longue à mettre en œuvre.
- [0019] Il est apparu un besoin d'optimiser la logique de mise en œuvre de ces tests pour en diminuer la quantité et par conséquent en diminuer le budget à mobiliser. Ceci a conduit à la genèse de la présente invention.
- [0020] A cet effet, l'invention propose un procédé pour mettre en œuvre des tests d'emballement thermique pour une batterie électrique surveillée par un système de surveillance de batterie, caractérisé en ce que l'on déroule, sur un type de batterie prédéfini, en ayant à disposition plusieurs exemplaires de batteries ayant le type de

batterie prédéfini, la séquence de test suivante :

- procéder à un premier test de sollicitation thermique, sur un premier exemplaire de batterie présentant un état de charge supérieur à 95%, puis :
- si aucun feu ne se déclare, alors la sortie du test est positive et la séquence de test est déclarée terminée,
- si un feu se déclare et qu'aucune alerte n'est déclarée par le système de surveillance de batterie, alors le test est déclaré échoué et la séquence de test est déclarée terminée,
- si un feu se déclare alors qu'une alerte y relative est déclarée par le système de surveillance de batterie, alors la séquence de test est poursuivie,
- procéder à un deuxième test de sollicitation thermique, sur un deuxième exemplaire de batterie présentant un premier état de charge intermédiaire, le deuxième test de sollicitation thermique fournissant un résultat selon une logique conditionnelle définie selon les quatre clauses qui suivent :
- si aucun feu ne se déclare alors qu'une alerte y relative est déclarée par le système de surveillance de batterie, alors la sortie du test est positive et la séquence de test est déclarée terminée,
- si aucun feu ne se déclare, et qu'aucune alerte n'est déclarée par le système de surveillance de batterie, alors la séquence de test est poursuivie avec une nouvelle valeur d'état de charge intermédiaire plus élevée d'un incrément,
- si un feu se déclare et qu'aucune alerte n'est déclarée par le système de surveillance de batterie, alors le test est déclaré échoué et la séquence de test est déclarée terminée,
- si un feu se déclare alors qu'une alerte y relative est déclarée par le système de surveillance de batterie, alors la séquence de test est poursuivie, avec une nouvelle valeur d'état de charge intermédiaire plus basse d'un décrétement,
- procéder à un troisième test de sollicitation thermique, sur un troisième exemplaire de batterie présentant un état de charge intermédiaire plus élevé ou plus bas selon la sortie de la logique conditionnelle du test précédent, en appliquant à nouveau la logique conditionnelle, comme premier rebouclage,
- procéder à un quatrième test de sollicitation thermique, sur un quatrième exemplaire de batterie présentant un état de charge intermédiaire plus élevé ou plus bas selon la sortie de la logique conditionnelle du test précédent, en appliquant à nouveau la logique conditionnelle, comme deuxième rebouclage.

[0021] Avec un tel agencement de logique arborescente, on obtient le résultat recherché sur l'homologation en mettant en œuvre seulement quatre essais destructifs ou moins, au lieu de dix essais destructifs selon la méthode conventionnelle. Le budget est donc fortement réduit en conséquence ainsi que la durée nécessaire.

[0022] L'inventeur a remarqué que la propagation du flux thermique à partir de la cellule critique sollicitée était d'autant plus facile que l'état de charge de la batterie était élevé.

L'inventeur a aussi remarqué que la détection d'un phénomène d'emballement est d'autant plus facile que l'état de charge de la batterie est élevé. Dit autrement, la facilité d'emballement thermique est croissante avec l'état de charge et la fiabilité de détection est également croissante avec l'état de charge de la batterie.

- [0023] Ce sont les deux hypothèses ci-dessus qui ont permis de développer la logique de séquençage de test présentée ci-dessus.
- [0024] Ainsi par exemple, si pour une un état de charge de donné, la sollicitation thermique de la cellule critique ne provoque pas le phénomène d'emballement thermique de la batterie complète, alors il n'est pas nécessaire de pratiquer le test avec des états de charge plus faibles car le phénomène d'emballement thermique n'aura pas lieu non plus.
- [0025] On remarque que la séquence de test est poursuivie lorsque le phénomène d'emballement a lieu mais qu'il est correctement signalé par le BMS, la séquence de test est poursuivie avec un niveau de charge plus faible. Inversement lorsque le phénomène d'emballement n'a pas lieu et qu'il n'y a pas d'alerte non plus, la séquence de test est poursuivie avec un niveau de charge plus élevée que le test précédent.
- [0026] On note que la démonstration concerne d'une part le type de batterie concernée mais aussi le logiciel de surveillance du système de surveillance qui va avec la batterie concernée. C'est donc un couple (batterie + BMS) dont on prouve l'homologation.
- [0027] Pour chaque test, on repart d'un exemplaire de batterie à l'état neuf, i.e. n'ayant pas subi un des tests antérieurs.
- [0028] Selon une réalisation, le procédé prévoit que le premier état de charge intermédiaire est compris entre 45% et 55%. Selon un exemple, il vaut environ 50%. C'est le début d'un processus de dichotomie dont la suite sera vue plus loin. On se place au milieu de l'intervalle entre 100% et 0%.
- [0029] Selon une autre réalisation, on pourrait choisir pour première valeur intermédiaire une valeur un peu plus élevée que 50% en focalisant sur la gamme des états de charges éloignés de zéro.
- [0030] Selon une réalisation, le procédé prévoit un incrément ou respectivement un décrétement de plus en plus petit pour les nouvelles valeurs d'état de charge intermédiaire à chaque rebouclage de la logique conditionnelle. On fait avancer la logique de proche en proche en affinant la précision pour identifier le cas où un feu se déclare effectivement pour un état de charge différent.
- [0031] Selon une réalisation, le procédé prévoit que l'incrément ou respectivement le décrétement a pour valeur la moitié de la valeur de l'incrément ou respectivement du décrétement de la boucle précédente de la logique conditionnelle. On applique ainsi une logique de dichotomie pure. On se place au milieu de l'intervalle d'incertitude pour réaliser le test suivant.

- [0032] Selon une réalisation, le procédé prévoit que la sortie du quatrième test est considérée positive si la séquence de test n'a pas été déclarée terminée avant par la logique conditionnelle. Selon cette configuration virgule le test n'est pas poursuivi au-delà, et la sanction des branches qui auraient conduit à poursuivre le test est déclarée positive.
- [0033] Selon une réalisation, le procédé peut prévoir un cinquième test, similaire aux précédents tests, réalisé à la suite du quatrième test. On peut ainsi encore les résultats affiner dans la zone des états de charge compris entre 75% et 100%.
- [0034] Selon une réalisation, les tests sont mis en œuvre alors que les batteries sous test sont placées à l'air libre. On peut plus facilement observer le comportement de la batterie et seule la batterie est endommagée à l'issue du test.
- [0035] Selon une réalisation alternative, les tests sont mis en œuvre alors que les batteries sous test sont placées à l'intérieur d'un véhicule. Le test d'emballement peut être dans ce cas plus représentatif de la vie réelle du véhicule et de sa batterie.
- [0036] Selon une réalisation, le procédé peut prévoir que pour les premier, deuxième, troisième et quatrième tests, on chauffe la batterie dans une plage de température comprise entre 40°C et 50°C et on surchauffe une cellule dite critique dans une plage de température comprise entre 130 et 140°C. On dépasse ainsi la température connue sous le terme de 'onset température' pour provoquer un embrasement local.
- [0037] Selon une réalisation, la cellule dite critique est située dans une partie intermédiaire de la batterie ou dans une portion moins bien refroidie de la batterie. On augmente ainsi la représentativité du test d'emballement.
- [0038] L'invention sera davantage détaillée par la description de modes de réalisation non limitatifs, et sur la base des figures annexées illustrant des variantes de l'invention, dans lesquelles :
- [Fig.1] est une représentation schématique donne un exemple de véhicule électrique avec une batterie de traction,
- [Fig.2] est une représentation schématique d'un exemple de batterie formée par une juxtaposition de cellules électrochimiques,
- [Fig.3] représente un exemple graphique illustrant la dépendance de la probabilité d'emballement thermique et de la fiabilité de la détection en fonction de l'état de charge de la batterie.
- [Fig.4] représente un exemple de logigramme du séquençage de tests.
- [0039] On décrit à présent, en références à la [Fig.1], un véhicule automobile 1 à propulsion/traction électrique. La puissance motrice peut être transmise à l'essieu avant et/ou à l'essieu arrière du véhicule.
- [0040] Le véhicule comprend un bloc batterie principal repéré 2 qui est situé dans la structure de plancher du véhicule. Le bloc batterie principal est appelé simplement « batterie » dans la suite. Il est prévu une prise de recharge 22 grâce à laquelle on peut

procéder à une recharge standard de la batterie ou dans certains cas à une recharge rapide de la batterie laquelle sollicite fortement thermiquement les cellules de la batterie.

- [0041] Le véhicule comprend un système de surveillance de batterie 3.
- [0042] Le système de surveillance de la batterie 3 est appelé dans le métier 'BMS' (de l'anglais Battery Management System). Le système de surveillance est configuré pour acquérir diverses informations à propos de la batterie et de ses paramètres de fonctionnement : tension, courant, température, dégazage, et cetera. Le système de surveillance est configuré pour délivrer une ou plusieurs alertes à propos de la batterie. Il peut y avoir un premier niveau d'alerte qui incite le conducteur à stopper le véhicule. Il peut y avoir un second niveau d'alerte qui incite les occupants du véhicule à quitter le véhicule.
- [0043] Le véhicule 1 comprend un combiné d'instruments 4 qui permet de délivrer des messages, graphique et/ou textuel au conducteur et le véhicule peut comprendre en outre un système audio qui permet de délivrer des messages plus généralement aux occupants des véhicules. Il faut aussi comprendre que le véhicule peut délivrer un message à distance via le système de connectivité du système de télématique automobile, à destination d'un terminal portable connecté comme par exemple un smartphone.
- [0044] Les messages en question correspondent aux alertes de premier ou deuxième niveau générés par le système de surveillance de la batterie.
- [0045] [Fig.2]
- [0046] selon l'exemple illustré, la batterie 2 est formée par une juxtaposition de cellules électrochimiques unitaires 5.
- [0047] Parmi ces cellules, on choisit une cellule dite critique 51 à laquelle on va appliquer une surchauffe censée représenter une source potentielle d'emballement thermique de la batterie.
- [0048] Comme illustré à la [Fig.3], la facilité de propagation d'un flux thermique à partir de la cellule critique sollicitée est d'autant plus facile que l'état de charge de la batterie est élevé. Ceci est représenté sur la [Fig.3] la courbe 61. La raison en est que les cellules contenant une énergie électrochimique élevée sont plus faciles à déclencher en terme d'emballement thermique.
- [0049] De façon analogue mais non identique, il s'avère que la détection d'un phénomène d'emballement par le système de surveillance de batterie BMS est d'autant plus facile que l'état de charge de la batterie est élevé. Ceci est représenté sur la [Fig.3] la courbe 62. La raison en est que le dégazage, par exemple, est plus important sur une cellule plus chargée, donc est plus facile à détecter.
- [0050] Exprimé autrement, la facilité d'emballement thermique est croissante avec l'état de

charge et la fiabilité de détection est également croissante avec l'état de charge de la batterie. Toutefois les courbes 61, 62 ne peuvent pas être connues théoriquement par simulation et dans la pratique leur position dépend d'une multiplicité de paramètres, ce qui rend l'exigence de procéder des essais réels tout à fait légitime.

- [0051] La conception de la batterie, notamment l'isolation thermique entre les cellules, ainsi que les fonctions du logiciel permettant de détecter un phénomène d'emballement, doivent être tels que les courbes ne sont pas trop éloignées ou encore mieux que la courbe à 62 passe au-dessus de la courbe 61.
- [0052] La [Fig.4] illustre la logique de mise en œuvre des tests. On commence par procéder à un test avec un exemplaire de batterie à l'état complètement chargé, e.g. en pratique on vérifie que l'état de charge est au moins de 95%.
- [0053] Le premier test est appelé TEST1 et à droite de la boîte sur la [Fig.4], on a indiqué le taux de charge de la batterie au début du test (ici 100). Comporte l'ensemble de la batterie a une température générale comprise entre 40°C et 50°C. On provoque une surchauffe d'une des cellules de la batterie, en l'occurrence une cellule appelée cellule critique que l'on porte une température supérieure à sa température d'emballement propre (dite 'onset temperature'). Par exemple cette température de surchauffe est comprise entre 130°C et 140°C.
- [0054] Selon un exemple, la batterie est à l'air libre et on peut l'observer librement. Selon un autre exemple de configuration de test, la batterie est située dans un véhicule cible avec le système de surveillance de la batterie du véhicule cible en question.
- [0055] On applique de l'énergie thermique dans la cellule critique grâce à une résistance électrique parcouru par un courant.
- [0056] Lorsque la cellule critique atteint la température prescrite, on surveille ce qui se produit au niveau de la batterie complète, et ce sur un temps long e.g. au moins une heure, mais en pratique on surveille pendant plusieurs heures.
- [0057] La sanction du test est la suivante en fonction de ce qui est constaté.
- [0058] Sur la [Fig.4], on a symbolisé une sortie positive des tests par un carré entourant une virgule dite « check » et on a symbolisé un échec par un carré entourant une croix.
- [0059] Si aucun feu ne se déclare (branche ST1-3), alors la sortie du test est positive et la séquence de test est déclarée terminée. Il n'est pas besoin de procéder à un test complémentaire.
- [0060] Si aucun feu ne se déclare (branche ST1-4), et qu'en outre une alerte est déclarée par le BMS 3, alors la sortie du test est également positive et la séquence de test est également déclarée terminée. Il n'est pas besoin de procéder à un test complémentaire. On note qu'il est possible de le regrouper logiquement les deux branches susmentionnées ST1-3 et ST1-4 dans une seule sortie conditionnelle.
- [0061] Si un feu se déclare et qu'aucune alerte n'est déclarée par le système de surveillance

de batterie (branche ST1-1), alors le test est déclaré échoué et la séquence de test est déclarée terminée. Le couple (batterie + système de surveillance) ne passe pas la barrière de l'homologation.

- [0062] Si un feu se déclare alors qu'une alerte y relative est déclarée par le système de surveillance de batterie (branche ST1-2), alors la séquence de test est poursuivie par un deuxième test qui va être détaillé dans les paragraphes suivants. Le phénomène d'emballlement a eu lieu mais une alerte a été correctement signalée, le test complémentaire sera destiné à vérifier que ceci se produit correctement pour des états de charges plus faibles.
- [0063] On prend donc un nouvel exemplaire de batterie à l'état neuf du type considéré, et on le soumet à un test appelé ici deuxième test, repéré par la boîte TEST2. D'abord, on prépare cette deuxième batterie pour qu'elle ait un état de charge prescrit, ici à hauteur de 50%. Plus génériquement, le deuxième test est réalisé avec un état de charge intermédiaire noté SOCint.
- [0064] Comme décrit précédemment, on provoque une surchauffe de la cellule critique. Puis on surveille ce qui se produit au niveau de la batterie complète, et ce sur un temps long e.g. au moins une heure, mais en pratique on surveille pendant plusieurs heures.
- [0065] La sanction du deuxième test est la suivante en fonction de ce qui est constaté. Ce qui suit est appelé la logique conditionnelle à quatre clauses, elle est utilisée non seulement pour le deuxième test mais également pour les tests subséquents.
- [0066] Si aucun feu ne se déclare alors qu'une alerte y relative est déclarée par le système de surveillance de batterie (branche LC2-4), alors la sortie du test est positive et la séquence de test est déclarée terminée. Il n'est pas besoin de procéder à un test complémentaire.
- [0067] Si aucun feu ne se déclare, et qu'aucune alerte n'est déclarée par le système de surveillance de batterie (branche LC2-3), alors la séquence de test est poursuivie avec une nouvelle valeur d'état de charge intermédiaire plus élevée d'un incrément (INC2),
- [0068] Si un feu se déclare et qu'aucune alerte n'est déclarée par le système de surveillance de batterie (branche LC2-1), alors le test est déclaré échoué et la séquence de test est déclarée terminée.
- [0069] Si un feu se déclare alors qu'une alerte y relative est déclarée par le système de surveillance de batterie (branche LC2-2), alors la séquence de test est poursuivie, avec une nouvelle valeur d'état de charge intermédiaire plus basse d'un décrement (DEC2).
- [0070] Ici INC2 et DEC2 valent 25%. Donc pour les troisièmes tests, on aura d'un côté SOCint+INC2 soit $50+25 = 75$ et de l'autre côté SOCint-DEC2 soit $50-25=25$.
- [0071] D'une façon générale, on peut utiliser un indice i pour désigner le quantième du test en cours ; dans l'exemple illustré, l'indice i peut valoir 2, 3 ou 4. Cet indice i vaut pour l'appellation des branches et pour la désignation des incréments et décrets.

- [0072] Dans le cas où la séquence de tests est poursuivie, on procède alors à un troisième test. On prend donc un nouvel exemplaire de batterie à l'état neuf du type considéré, et on le soumet à un test appelé ici troisième test, repéré par la boîte TEST3-1 ou TEST3-2 en fonction du résultat du deuxième test. D'abord, on prépare cette troisième batterie pour qu'elle ait un état de charge prescrit, ici à hauteur de 25% pour la branche TEST3-1 et à hauteur de 75% pour la branche TEST3-2, les deux branches en question étant exclusives entre elles et l'une étant choisie en fonction du résultat du deuxième test.
- [0073] Comme décrit précédemment, on provoque une surchauffe de la cellule critique 51. Puis on surveille ce qui se produit au niveau de la batterie complète, et ce sur un temps long e.g. au moins une heure, mais en pratique on surveille pendant plusieurs heures.
- [0074] La sanction du troisième test est la suivante en fonction de la logique conditionnelle déjà exposée plus haut.
- [0075] Si aucun feu ne se déclare alors qu'une alerte y relative est déclarée par le système de surveillance de batterie (branche LC3-4), alors la sortie du test est positive et la séquence de test est déclarée terminée. Il n'est pas besoin de procéder à un test complémentaire.
- [0076] Si aucun feu ne se déclare, et qu'aucune alerte n'est déclarée par le système de surveillance de batterie (branche LC3-3), alors la séquence de test est poursuivie avec une nouvelle valeur d'état de charge intermédiaire plus élevée d'un incrément (INC3),
- [0077] Si un feu se déclare et qu'aucune alerte n'est déclarée par le système de surveillance de batterie (branche LC3-1), alors le test est déclaré échoué et la séquence de test est déclarée terminée.
- [0078] Si un feu se déclare alors qu'une alerte y relative est déclarée par le système de surveillance de batterie (branche LC3-2), alors la séquence de test est poursuivie, avec une nouvelle valeur d'état de charge intermédiaire plus basse d'un décrétement (DEC3).
- [0079] Comme apparent sur la [Fig.4], il y a à l'issue des troisièmes possibles tests, quatre configurations qui conduisent à procéder à un quatrième test d'emballage thermique.
- [0080] Ici INC3 et DEC3 valent 12,5%. On a donc pour l'étape du quatrième test : une première possibilité de quatrième test appelée TEST4-1, avec un état de charge pour le test de 12,5 %, une deuxième possibilité de quatrième test appelée TEST4-2, avec un état de charge pour le test de 27,5 %, une troisième possibilité de quatrième test appelée TEST4-3, avec un état de charge pour le test de 62,5 %, une quatrième possibilité de quatrième test appelée TEST4-4, avec un état de charge pour le test de 87,5 %.
- [0081] Bien entendu, il faut préparer la quatrième batterie à tester pour qu'elle ait un état de charge en concordance avec la valeur prescrite résultant du résultat du troisième test (à savoir 82,5% ou 62,5% ou 37,5% ou 12,5%).

- [0082] Comme décrit précédemment, on provoque une surchauffe de la cellule critique. Puis on surveille ce qui se produit au niveau de la batterie complète, et ce sur un temps long e.g. au moins une heure, mais en pratique on surveille pendant plusieurs heures.
- [0083] La sanction du quatrième test est similaire à ce qui a été présenté précédemment, toujours en fonction de la logique conditionnelle déjà exposée plus haut.
- [0084] La branche LC4-4 correspond à la condition : Si aucun feu ne se déclare alors qu'une alerte y relative est déclarée par le système de surveillance de batterie.
- [0085] La branche LC4-3 correspond à la condition : Si aucun feu ne se déclare, et qu'aucune alerte n'est déclarée par le système de surveillance de batterie.
- [0086] La branche LC4-1 correspond à la condition : Si un feu se déclare et qu'aucune alerte n'est déclarée par le système de surveillance de batterie.
- [0087] La branche LC4-2 correspond à la condition : Si un feu se déclare alors qu'une alerte y relative est déclarée par le système de surveillance de batterie.
- [0088] Les quatre sorties LC4-4 correspondent à une sortie positive et la séquence de test est déclarée terminée.
- [0089] Les quatre sorties LC4-1 correspondent à une sortie négative et le test est déclaré échoué.
- [0090] Pour les quatre sorties LC4-2 et les quatre sorties LC4-3, il est décidé par convention de ne pas poursuivre la séquence par des tests complémentaires et d'accepter le résultat comme positif (symbolisé par un rond dans un carré à la [Fig.4]).
- [0091] Optionnellement, il peut être prévu, comme représenté en traits pointillés sur la [Fig.4] de poursuivre la séquence de test par un cinquième test, notamment pour la gamme des états de charge les plus élevés, à savoir dans la zone 60% à 100%.
- [0092] Selon une option, la cellule critique 51 est située dans une partie intermédiaire de la batterie. Selon une option, la cellule critique 51 est située dans une portion moins bien refroidie de la batterie

Revendications

[Revendication 1]

Procédé pour mettre en œuvre des tests d'emballage thermique pour une batterie électrique (2) surveillée par un système de surveillance de batterie (3), caractérisé en ce que l'on déroule, sur un type de batterie prédéfini, en ayant à disposition plusieurs exemplaires de batteries ayant le type de batterie prédéfini, la séquence de test suivante :

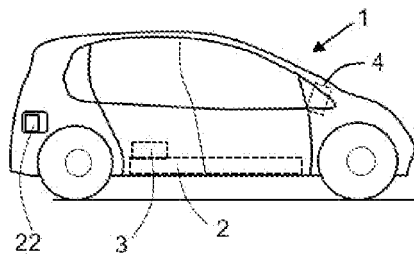
- procéder à un premier test de sollicitation thermique (TEST1), sur un premier exemplaire de batterie présentant un état de charge supérieur à 95%, puis :
 - si aucun feu ne se déclare (ST1-3,ST1-4), alors la sortie du test est positive et la séquence de test est déclarée terminée,
 - si un feu se déclare et qu'aucune alerte n'est déclarée par le système de surveillance de batterie (ST1-1), alors le test est déclaré échoué et la séquence de test est déclarée terminée,
 - si un feu se déclare alors qu'une alerte y relative est déclarée par le système de surveillance de batterie (ST1-2), alors la séquence de test est poursuivie,
- procéder à un deuxième test de sollicitation thermique (TEST2), sur un deuxième exemplaire de batterie présentant un premier état de charge intermédiaire , le deuxième test de sollicitation thermique fournissant un résultat selon une logique conditionnelle définie selon les quatre clauses qui suivent :
 - si aucun feu ne se déclare alors qu'une alerte y relative est déclarée par le système de surveillance de batterie , alors la sortie du test est positive et la séquence de test est déclarée terminée,
 - si aucun feu ne se déclare, et qu'aucune alerte n'est déclarée par le système de surveillance de batterie , alors la séquence de test est poursuivie avec une nouvelle valeur d'état de charge intermédiaire plus élevée d'un incrément ,
 - si un feu se déclare et qu'aucune alerte n'est déclarée par le système de surveillance de batterie , alors le test est déclaré échoué et la séquence de test est déclarée terminée,
 - si un feu se déclare alors qu'une alerte y relative est déclarée par le système de surveillance de batterie , alors la séquence de test est poursuivie, avec une nouvelle valeur d'état de charge intermédiaire plus basse d'un décrement ,
- procéder à un troisième test de sollicitation thermique (TEST3-1,

TEST3-2), sur un troisième exemplaire de batterie présentant un état de charge intermédiaire plus élevé ou plus bas (75 ; 25) selon la sortie de la logique conditionnelle du test précédent, en appliquant à nouveau la logique conditionnelle, comme premier rebouclage,

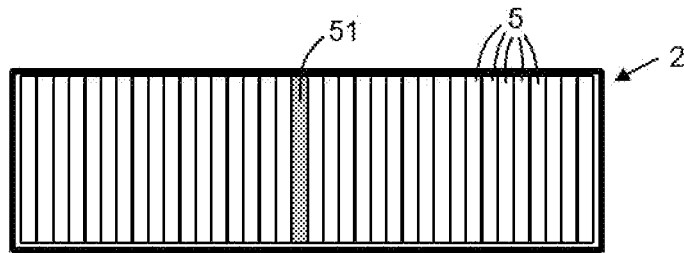
- procéder à un quatrième test de sollicitation thermique, sur un quatrième exemplaire de batterie présentant un état de charge intermédiaire plus élevé ou plus bas (87,5 ; 62,5 ; 27,5 ; 12,5) selon la sortie de la logique conditionnelle du test précédent, en appliquant à nouveau la logique conditionnelle, comme deuxième rebouclage.

- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le premier état de charge intermédiaire est compris entre 45% et 55%.
- [Revendication 3] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, caractérisé en ce qu'il est prévu un incrément ou respectivement un décrement de plus en plus petit pour les nouvelles valeurs d'état de charge intermédiaire à chaque rebouclage de la logique conditionnelle.
- [Revendication 4] Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'incrément ou respectivement le décrement a pour valeur la moitié de la valeur de l'incrément ou respectivement du décrement de la boucle précédente de la logique conditionnelle.
- [Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la sortie du quatrième test est considérée positive si la séquence de test n'a pas été déclarée terminée avant par la logique conditionnelle.
- [Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il est prévu un cinquième test, similaire aux précédents tests, réalisé à la suite du quatrième test.
- [Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les tests sont mis en œuvre alors que les batteries sous test sont placées à l'air libre.
- [Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que pour les premier, deuxième, troisième et quatrième tests, on chauffe la batterie dans une plage de température comprise entre 40°C et 50°C et on surchauffe une cellule dite critique (51) dans une plage de température comprise entre 130°C et 140°C.
- [Revendication 9] Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que la cellule dite critique (51) est située dans une partie intermédiaire de la batterie ou dans une portion moins bien refroidie de la batterie.

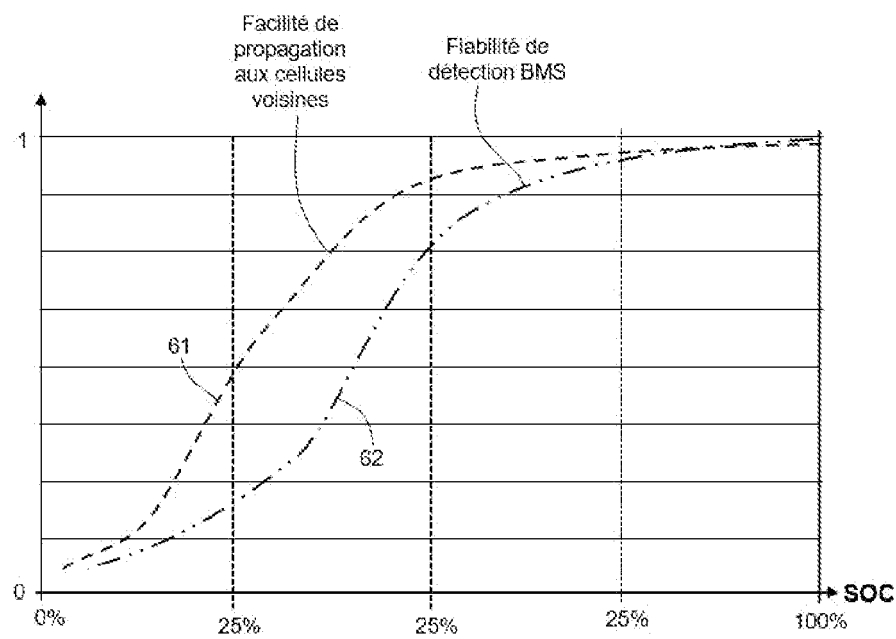
[Fig. 1]



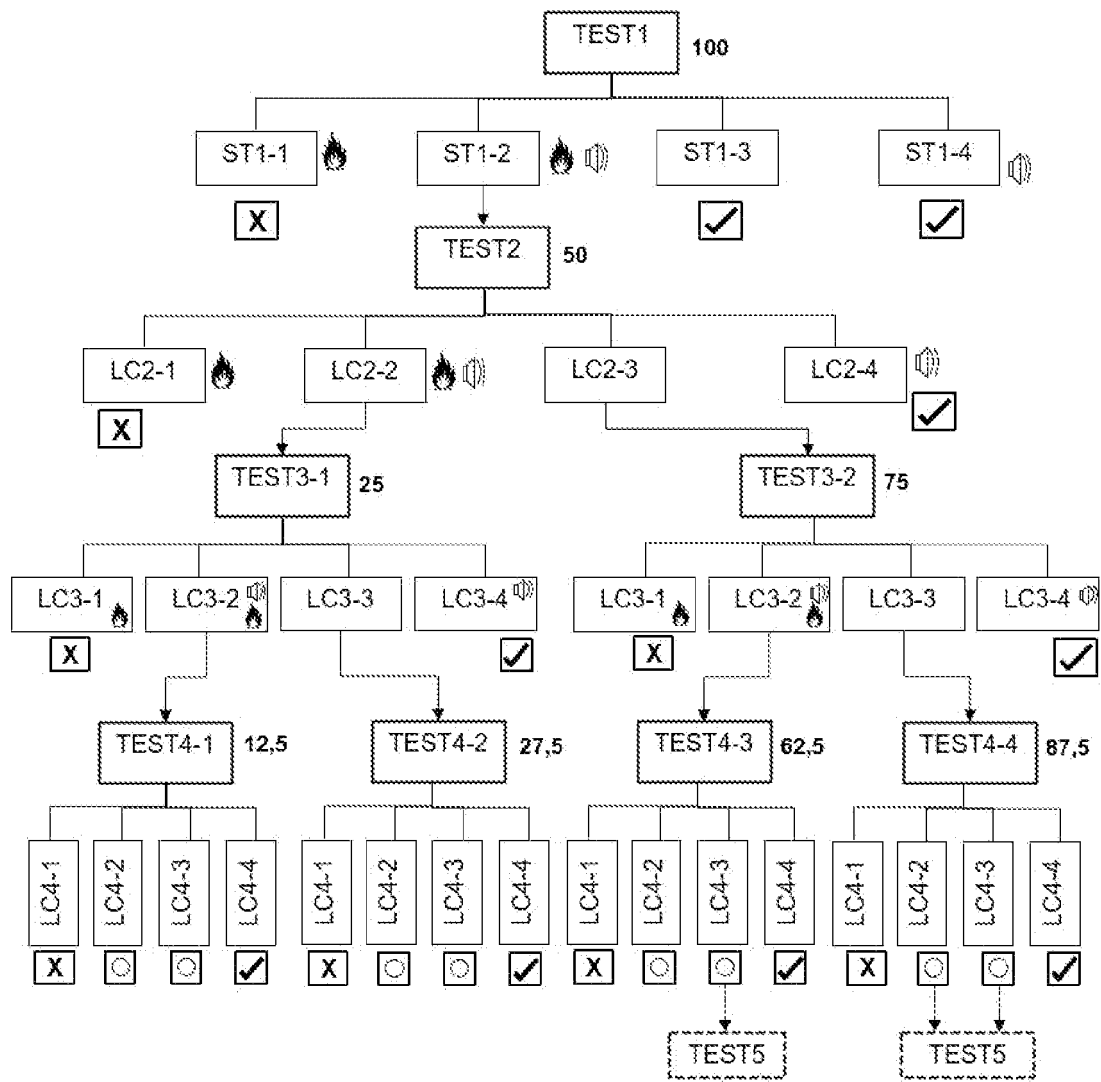
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 919147
FR 2304194

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	Lamb Joshua: "Evaluation of Multi-cell Failure Propagation", , 31 mars 2020 (2020-03-31), pages 1-44, XP093110779, Extrait de l'Internet: URL:https://www.osti.gov/servlets/purl/1605985 [extrait le 2023-12-11] * abrégé * * figures 2, 4, 5 * * partie II; tableau 4 *	1-9	G01K 3/00 G01R 31/382 H01M 10/48
X	Min Jin: "Study on Thermal Propagation of Traction Battery and Systematic Optimization", , 25 mars 2021 (2021-03-25), pages 1-66, XP093110766, Extrait de l'Internet: URL:https://web.archive.org/web/20210425133849id_/https://repositum.tuwien.at/bitstream/20.500.12708/17270/1/Jin%20Min%20-%202021%20-%20Study%20on%20Thermal%20Propagation%20of%20Traction%20Battery%20and%20Systematic...pdf [extrait le 2023-12-11] * abrégé * * section 5.3.2, schéma 2 *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G01N H01M G01R
A	CN 114 859 232 A (ELECTRIC POWER SCIENCE RES INST OF STATE GRID ANHUI ELECTRIC POWER CO) 5 août 2022 (2022-08-05) * abrégé *	1-9	
----- -/--			
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
11 décembre 2023		Rosciano, Fabio	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		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	
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			

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 919147
FR 2304194

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		
A	JIN CHANGYONG ET AL: "No thermal runaway propagation optimization design of battery arrangement for cell-to-chassis technology", ETRANSPORTATION, vol. 14, 18 août 2022 (2022-08-18), page 100199, XP093110771, ISSN: 2590-1168, DOI: 10.1016/j.etrans.2022.100199 Extrait de l'Internet: URL:https://pdf.sciencedirectassets.com/32 0274/1-s2.0-S2590116822X00040/1-s2.0-S2590 116822000443/main.pdf?X-Amz-Security-Token =IQoJb3JpZ2luX2VjEJr////////wEaCXVzLWVhc 3QtMSJHMEUCIH1V64hVcUxgtGpLuPcrdyHh257TKCc lVjNz9JMVnEu+AiEAw4dwz5C8j92OsN+Nt0gl1JZd1 XBy5x1ooVGnmuedNwqswUIEhAFGgwwNTkwMDM1NDY 4NjUiDO8z9> * abrégé * -----	1-9	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
11 décembre 2023		Rosciano, Fabio	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		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	
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			

RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2304194 FA 919147

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

CN 114859232 A 05-08-2022 AUCUN