

⑫ **BREVET D'INVENTION** **B1**

⑤④ Procédé et dispositif de détermination d'un profil de sollicitation représentatif de l'usage futur d'une batterie pour une application donnée.

②② Date de dépôt : 14.12.22.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE
ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES
Etablissement Public — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 21.06.24 Bulletin 24/25.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 20.12.24 Bulletin 24/51.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : KAROUI HENCHIRI Fathia et VINIT
Laurent.

⑦③ Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE
ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES
Etablissement Public.

⑦④ Mandataire(s) : ATOUT PI LAPLACE.



Description

Titre de l'invention : Procédé et dispositif de détermination d'un profil de sollicitation représentatif de l'usage futur d'une batterie pour une application donnée

Domaine de l'invention

[0001] L'invention concerne le domaine technique des batteries, et porte sur un procédé et un dispositif permettant de déterminer un profil représentatif de l'usage futur d'une batterie pour une application donnée, dit profil de sollicitation, et plus particulièrement un profil de l'usage de batteries Lithium-ion.

Etat de la technique

[0002] Les batteries lithium dans leurs différentes variantes telles que par exemple les batteries « lithium-ion » ou « lithium-ion-polymère » ou « lithium-métal-polymère », sont les batteries présentant une des plus grandes densités d'énergies et une des plus grandes énergies spécifiques. Il s'agit de la technologie de choix pour l'alimentation de nombreuses applications telles que par exemple les véhicules électriques ou hybrides, les dispositifs portables.

[0003] Cependant, ces batteries présentent une dégradation de leurs performances au cours du temps, notamment une dégradation de capacité et de résistance électrique, cela même pendant les périodes de non utilisation, et l'on parle de « vieillissement ou dégradation calendaire ».

[0004] La dégradation en cyclage se produit lorsque la batterie est soumise à une sollicitation électrique, lors d'une charge ou d'une décharge, alors que la dégradation calendaire survient constamment au cours de la vie de la batterie, qu'elle soit soumise à une sollicitation électrique ou non.

[0005] La prise en compte de l'évolution prévisionnelle des performances d'une batterie présente de nombreux avantages à différents niveaux d'un système qui l'incorpore, que ce soit pour son dimensionnement, sa maintenance, pour les stratégies de pilotage, entre autres.

[0006] Les performances des batteries peuvent être mesurées grâce à la mise en place d'indicateurs tels que l'état de santé ou SOH (acronyme de « State Of Health » selon l'anglicisme consacré), indicateurs qui sont calculés via des signaux physiques mesurés directement sur la batterie.

[0007] L'évolution prévisionnelle de ces indicateurs, et donc des performances des batteries pour un profil de sollicitation d'une batterie et pour une application donnée, peut être simulée au moyen d'un modèle de vieillissement ou modèle d'endurance, qui est préalablement paramétré.

- [0008] Pour un type de modèle de vieillissement donné, généralement basé sur un modèle de vieillissement empirique simple d'utilisation, des cartographies des paramètres du modèle sont établies au moyen d'une base de données qui est constituée de résultats d'essais d'endurances de la batterie étudiée. Le contenu de cette base de données peut être plus ou moins riche en fonction du nombre d'essais d'endurance réalisés. L'étendue de la campagne d'essais d'endurance est déterminée en fonction d'un nombre de paramètres d'étude qui peuvent influencer les performances de la batterie.
- [0009] Généralement, les conditions d'endurance choisies pour la réalisation des essais expérimentaux sont des conditions non variables - stabilité en température, stabilité en état de charge de la batterie ou SOC (acronyme de « State of Charge » selon l'anglicisme consacré), stabilité en courant électrique (i.e. le niveau de sollicitation électrique) - afin de pouvoir identifier les effets de ces paramètres sur la dégradation de la batterie. Le modèle de vieillissement utilisé permet ensuite de lier ces différents effets les uns aux autres, et il est alors possible d'estimer les dégradations pour des profils d'utilisation plus complexes, pour lesquels ces conditions peuvent être variables.
- [0010] Les cartographies de paramètres pour un modèle étant déterminées pour des conditions non variables, il est alors souvent intéressant de disposer de résultats d'essais expérimentaux réalisés pour des conditions d'endurance variables représentatives de conditions d'usage futur des batteries pour une application particulière, et ce à des fins de validation du modèle.
- [0011] Les essais des batteries avec ces profils de sollicitation sont réalisés sur des bancs d'essais électriques pour lesquels il est possible de programmer différents profils de sollicitations, cependant avec un nombre de points limité. Or, un profil de sollicitation, même avec un nombre de points limité, doit rester représentatif de l'usage réel de la batterie, ce qui n'est en général pas le cas.
- [0012] Il existe différentes approches dans l'art antérieur pour établir des profils de sollicitation de batterie.
- [0013] Le document de S. B. Vilsen and D.-I. Stroe, "Transfer Learning for Adapting Battery State-of-Health Estimation From Laboratory to Field Operation," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 26514–26528, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3156657, présente une méthode pour extraire un profil de fonctionnement d'un chariot élévateur, en prenant en entrée des données d'opération d'une période de 6 mois de trois chariots élévateurs, et où les périodes de repos ont été supprimées. Le profil résultant extrait de 12-15 jours est un profil de test accéléré utilisé pour le cyclage des batteries en laboratoire, où les conditions des mesures ne reproduisent pas fidèlement le fonctionnement réel. Par exemple, le banc du cyclage ne permettait pas d'aller au-delà de 50 Ampères alors que pendant le fonctionnement réel, il y avait des pics de 350 Ampères. Pour compenser

ces limitations, la décharge a été prolongée jusqu'à ce que le profil de vieillissement en laboratoire à 50 Ampères, arrive au même état de charge que le profil de fonctionnement des trois chariots élévateurs. Aussi, dans cette approche, le profil n'est pas représentatif de l'usage réel. De surcroît les batteries Lithium-ion vieillissant aussi pendant les périodes de repos, ces périodes ne sont pas considérées.

[0014] Dans la demande de brevet CN106980725B, le procédé proposé permet d'extraire les phases de fonctionnement de la batterie d'un véhicule (dans un parking, en roulage et en démarrage), d'un profil normé NEDC (acronyme de « New European Driving Cycle » en anglais), pour réaliser ensuite des simulations de fonctionnement et permettre de dimensionner la batterie. Or ce profil n'est utilisable que pour des applications automobiles, i.e. des batteries embarquées, et uniquement pour la mesure de la consommation et des émissions polluantes des véhicules.

[0015] D'autres approches comme celle décrite dans l'article d'A. Bhatt, W. Ongsakul, N. Madhu Manjiparambil, and J. G. Singh, "Machine learning-based approach for useful capacity prediction of second-life batteries employing appropriate input selection," *International Journal of Energy Research*, vol. 45, no. 15, pp. 21023–21049, 2021, doi: 10.1002/er.7160, utilisent la base de données publique « NASA Prognostics Data Repository » pour obtenir des profils de simulations, utilisés pour l'apprentissage d'algorithmes de prédiction de l'état de santé des batteries. Les profils de la base de données sont des profils de test en laboratoire, et ils ne sont donc pas soumis à des contraintes de systèmes en fonctionnement réel.

[0016] Il en résulte que selon les approches connues, les profils de sollicitation électrique utilisés dans des simulations de vieillissement de systèmes, ne sont pas représentatifs d'un usage réel d'une batterie, et ce pour chaque système opérationnel. De ce fait, la projection de durée de vie d'une batterie qui en résulte, n'est pas assez fiable et précise.

[0017] Aussi, il existe le besoin d'une méthode qui permette d'établir des profils de sollicitation qui lève les inconvénients des approches connues.

[0018] La présente invention répond à ce besoin.

Description brève de l'invention

[0019] La présente invention a pour objet un procédé de détermination de profils de sollicitation, représentatifs d'usages futurs d'une batterie pour des applications spécifiques.

[0020] Avantagusement, le procédé de l'invention permet de générer des profils de sollicitation qui sont compatibles avec des contraintes expérimentales liées aux essais d'endurance en laboratoire de batteries Li-ion.

[0021] Le procédé de l'invention permet de définir des profils de sollicitation représentatifs de l'usage d'une batterie ou représentatifs d'une séquence d'utilisation restreinte d'une batterie, à partir de données issues d'un suivi de batterie en opération réelle, sur une

durée longue (annuelle ou plus longue).

- [0022] Selon un aspect particulier, le procédé de l'invention permet de déterminer un profil de sollicitation électrique qui est représentatif de l'utilisation des batteries dans des systèmes de stockage par batterie.
- [0023] De manière avantageuse, l'invention permet à partir de l'analyse de données opérationnelles de systèmes stationnaires, enregistrées sur une longue durée, de déterminer des profils représentatifs de l'usage de batteries dans des systèmes de stockage par batterie stationnaires.
- [0024] Avantageusement, les profils établis sont des profils en nombre de points limités, qui sont représentatifs d'un usage réel futur de la batterie pour une application donnée.
- [0025] Les profils de sollicitation établis peuvent entre autre être utilisés pour la validation de modèles de vieillissement dans des simulations. Ils peuvent aussi permettre de tester expérimentalement l'endurance d'un système (avec un profil de sollicitation adapté), et aussi permettre un dimensionnement optimal d'un système de batteries pour une application donnée.
- [0026] Les profils de sollicitation peuvent de plus servir dans la modélisation des batteries en vue de réaliser un pronostic d'état de santé.
- [0027] A cet effet, il est proposé un procédé de détermination de profils de sollicitation pour système de stockage par batterie. Le procédé est mis en œuvre par ordinateur et comprend au moins des étapes consistant à :
- [0028] - calculer une durée d'opération d'un système de stockage par batterie, à partir d'un historique de données collectées sur une période de surveillance dudit système, les données comprenant au moins des valeurs de courant $I(t)$, de température $T(t)$, de tension $U(t)$ et des valeurs d'état de charge SOC ;
- [0029] - effectuer pour la durée d'opération, des analyses de statistiques d'usage de la batterie quant à l'état de charge SOC et la profondeur de décharge DOD ;
- [0030] - découper ladite durée d'opération en n séquences temporelles, la durée d'une séquence étant représentative du fonctionnement dudit système de stockage pour une application donnée ;
- [0031] - effectuer pour chacune des n séquences temporelles, des analyses de statistiques d'usage de la batterie quant à l'état de charge SOC et la profondeur de décharge DOD ;
- [0032] - déterminer parmi les n séquences temporelles, une pluralité m de séquences qui ont des états de charge et des profondeurs de décharge comparables à des états de charge et des profondeurs de décharge pour la durée d'opération ;
- [0033] - déterminer parmi les m séquences comparables, des séquences symétriques correspondant à des séquences ayant un état de charge en fin de période égal à l'état de charge en début de période ; et
- [0034] - sélectionner parmi les séquences symétriques, une séquence représentative d'un

profil de sollicitation pour ledit système de stockage.

- [0035] Avantageusement, le procédé de l'invention comprend des variantes de réalisation différenciées ou combinées.
- [0036] Ainsi, le procédé peut comprendre une étape initiale de filtrage des données, consistant à déterminer sur la période de collecte des données, une sous-période de surveillance, correspondant soit à une période avec le moins de trous de données, soit à une période où il y a le moins de données non numériques.
- [0037] De préférence, la durée d'opération correspond à une moyenne des heures d'opération sur la période de surveillance dudit système de stockage.
- [0038] L'étape d'analyses de statistiques pour la durée d'opération est de préférence faite sur des histogrammes du temps passé par intervalle d'état de charge et sur des histogrammes du temps passé par intervalle de profondeur de décharge.
- [0039] Dans un mode de réalisation, l'étape d'analyses de statistiques pour chacune des n séquences temporelles est faite sur des histogrammes, pour chacune des n séquences, du temps passé par intervalle d'état de charge et sur des histogrammes, pour chacune des n séquences, du temps passé par intervalle de profondeur de décharge.
- [0040] Le procédé peut comprendre une étape initiale consistant à vérifier la fiabilité des valeurs d'état de charge, et si besoin une étape consistant à calculer un état de charge fiable.
- [0041] Le procédé peut comprendre une étape consistant à calculer des valeurs de profondeur de décharge.
- [0042] Dans un mode de réalisation, l'étape de sélectionner une séquence représentative d'un profil de sollicitation pour ledit système de stockage, consiste à : - récupérer des profils de courant ou des profils de puissance correspondant aux séquences symétriques ; - calculer une différence point par point entre chaque profil de courant ou de puissance récupéré et un profil moyen ; et - sélectionner un profil correspondant à celui ayant une différence minimale avec le profil moyen.
- [0043] Le procédé peut comprendre une étape consistant en une mise à l'échelle du profil de sollicitation sélectionné comme profil représentatif.
- [0044] Un autre objet de l'invention concerne un dispositif de détermination de profils de sollicitation pour système de stockage par batterie, qui comprend des moyens pour mettre en œuvre les étapes du procédé de l'invention.
- [0045] Dans une réalisation, le dispositif de l'invention est appliqué pour un système de stockage stationnaire, de préférence un système de stockage par batteries « BESS ».
- [0046] De préférence, le système de stockage comporte au moins une batterie au lithium-ion.
- [0047] Un autre objet de l'invention est un dispositif pour simuler le vieillissement des batteries d'un système de stockage par batterie, le dispositif comprenant au moins un

processeur pour exécuter un modèle de vieillissement de batterie, ledit modèle étant appliqué sur la base d'un profil de sollicitation obtenu par le procédé de l'invention.

[0048] L'invention adresse aussi un programme d'ordinateur comprenant des instructions de code qui, lorsque le programme est exécuté par un ordinateur, conduisent celui-ci à mettre en œuvre le procédé de détermination de profils de sollicitation pour système de stockage par batterie de l'invention.

Brève description des figures

[0049] D'autres caractéristiques, détails et avantages de l'invention ressortiront à la lecture de la description faite en référence aux dessins annexés donnés à titre d'exemple et qui représentent :

[0050] La [Fig.1] est un diagramme de flux des étapes du procédé de détermination de profils de sollicitation électrique, selon un mode de réalisation de l'invention ;

[0051] Les figures 2a et 2b illustrent des exemples d'histogrammes des temps passés respectivement, par plage d'état de charge (SOC) et par plage de profondeur de décharge (DOD) d'une batterie sur une période de 4 ans d'enregistrement de données ;

[0052] Les figures 3a et 3b illustrent des exemples d'histogrammes des temps passés respectivement, par plage d'état de charge (SOC) et par plage de profondeur de décharge (DOD) d'une batterie sur une période de 7 jours pour des séquences représentatives ;

[0053] La [Fig.4] est un diagramme de flux des étapes du procédé de détermination de profils de sollicitation électrique, selon des modes de réalisation de l'invention incluant des étapes optionnelles.

Description détaillée de l'invention

[0054] Il est d'abord fait un rappel de différents principes et définitions connus dans le domaine des batteries, et repris dans la suite de la description.

[0055] L'état de charge (SOC) d'une batterie représente la quantité de charge électrique stockée $q(t)$ par rapport à la capacité actuelle $C(t)$, et est exprimé par l'équation (1) :

$$[0056] \quad SOC(t) = \frac{\text{charge électrique stockée}}{\text{capacité actuelle}} = \frac{q(t)}{C(t)}$$

[0057] L'état de charge d'une batterie est exprimé en pourcentage et varie usuellement entre 0% désignant une batterie totalement déchargée (état vide) et 100% désignant une batterie totalement chargée (état plein). Le niveau d'état de charge avec le plus de temps passé influence le vieillissement calendaire et le vieillissement en cyclage.

[0058] La profondeur de décharge (DOD) (acronyme de « Depth Of Discharge » en anglais) d'un cycle, correspond au pourcentage de la quantité de charge enlevé de la batterie en partant d'un état de charge donné. La profondeur de décharge avec laquelle une batterie est cyclée influence son vieillissement en cyclage.

[0059] Système de stockage électrochimique par batterie : c'est un système qui contient une ou plusieurs batteries capables d'emmagasiner l'énergie électrique (sous une forme

chimique) et de la restituer en temps voulu. Il existe deux types de systèmes de stockage électrochimique par batterie : les systèmes de stockage par batterie stationnaires et les systèmes de stockage par batterie embarqués.

- [0060] Le stockage stationnaire permet notamment d'assurer l'équilibre entre la production et la consommation d'électricité, sur un réseau de distribution électrique, et en particulier permet de pallier la variabilité de la production des énergies renouvelables (énergies solaire, éolienne...). Par exemple, l'électricité produite en excès lors d'une journée très ensoleillée peut être restituée en soirée lorsque la demande est plus importante. Le stockage stationnaire contribue également à garantir la qualité du réseau de distribution électrique en limitant les fluctuations causées par l'intermittence de la production des énergies renouvelables. Enfin, le stockage stationnaire permet de répondre aux besoins des sites isolés, difficilement alimentés ou non alimentés par les réseaux de distribution.
- [0061] Les systèmes de stockage par batterie stationnaires sont principalement des systèmes de stockage à grande échelle, de moyenne ou forte puissance (de l'ordre de plusieurs centaines de kilowatt (kW) à plusieurs dizaines de Mégawatt (MW=), ayant des énergies élevées (de l'ordre de plusieurs centaines de kilowatt-heure (kWh) à plusieurs dizaines de Mégawatt-heure (MWh)).
- [0062] A l'inverse, les systèmes de stockage embarqués sont sur de plus petite quantité d'énergie (de quelques Watt-heure (Wh) à quelques dizaines de kWh) et sont de puissance moindre (de quelques watts (W) à quelques centaines de kW). Ces systèmes sont dédiés aux applications mobiles. Ils sont essentiellement utilisés dans le transport, en particulier dans les véhicules électriques et hybrides rechargeables, et dans les appareils électroniques nomades (téléphones, tablettes, ordinateurs...).
- [0063] La présente description est faite pour un mode de réalisation du procédé de l'invention appliqué au cas de systèmes de stockage stationnaires, désignés par l'acronyme BESS (pour « Battery Energy Storage System » selon l'anglicisme consacré), ayant des batteries Li-ion.
- [0064] Cependant, l'homme du métier pourra appliquer les principes décrits à d'autres types de systèmes et pour d'autres applications.
- [0065] Un BESS est un système de stockage stationnaire à grande échelle, couplé généralement à une unité de production d'énergie renouvelable (énergie solaire, éolienne...). Le système comprend plusieurs sections de batteries, chaque section de batteries comprenant des assemblages de batteries appelés « racks », chaque rack comprenant une pluralité de modules connectés entre eux, eux-mêmes constitués de cellules électrochimiques assemblées en série et en parallèle.
- [0066] Lors de son utilisation, le système de stockage (qu'il soit stationnaire ou embarqué) est soumis à des contraintes de son environnement dites « contraintes de terrain » et est

soumis à des conditions d'usage.

- [0067] Les contraintes de l'environnement terrain sont par exemple, la présence d'éléments de connexion et d'éléments de protection, entre les cellules électrochimiques, entre les différentes batteries d'un rack, entre les différents racks d'une section de batteries (dans le cas d'un BESS). Elles peuvent aussi résulter de la présence d'un boîtier autour des cellules électrochimiques de chaque batterie, de la présence de systèmes électroniques de gestion, comme un système de gestion de batterie BMS (« Battery Management System » en anglais) et/ou un système de gestion d'énergie EMS (« Energy Management System »). Ces contraintes liées à l'usage réel du système de stockage ont une incidence sur les performances du système, notamment en termes de résistance interne (et donc d'échauffement et puissance), de capacité et de durée de vie.
- [0068] Les conditions d'usage elles, sont définies par différents paramètres tels que les régimes de charge et de décharge auxquels les cellules électrochimiques sont soumises, les phases de cyclage et de repos des cellules électrochimiques et la température environnante. Ces conditions d'usage peuvent être différentes entre les batteries qui composent le système de stockage, voire entre les cellules électrochimiques d'une même batterie (pour ce qui est de la température).
- [0069] On entend par « phases de cyclage » les phases pendant lesquelles les cellules électrochimiques du système de stockage subissent des cycles de charge et de décharge, c'est-à-dire les phases pendant lesquelles le système de stockage est utilisé. Dans ce cas, le système de stockage est dit « en mode cyclé »
- [0070] On entend par « phases de repos » les phases pendant lesquelles les cellules électrochimiques du système de stockage ne sont pas sollicitées. Dans ce cas, le système de stockage est dit « en mode calendaire ».
- [0071] La [Fig.1] est un diagramme de flux des étapes du procédé 100 de détermination de profils de sollicitation électrique selon un mode de réalisation de l'invention appliqué à un système BESS.
- [0072] Dans une première étape 102, après avoir récupéré un historique de données fiables de surveillance (« monitoring » en anglais) du fonctionnement d'un système BESS, le procédé permet de calculer un nombre moyen d'heures d'opération du système.
- [0073] Il est à noter que la pertinence des résultats, et donc du profil de sollicitation issu du procédé 100, est liée à la qualité des données mises à disposition et utilisées comme entrées d'un dispositif permettant de mettre en œuvre les étapes du procédé de l'invention.
- [0074] Un tel dispositif (non illustré) comprend des moyens appropriés pour recevoir des données d'entrées ; pour les traiter selon les différentes étapes du procédé de l'invention dans toutes leurs variantes ; et pour restituer les résultats obtenus dans une forme disponible pour leur exploitation (pour paramétrage d'un modèle de

vieillessement par exemple).

- [0075] Ainsi, un tel dispositif comprend au moins un module de réception de données configuré pour recevoir des données et le cas échéant les adapter (les filtrer pour retenir des données fiables) pour leur traitement par un module de traitement de données. Le module de traitement de données comprend un microprocesseur pour opérer des instructions de code d'un programme logiciel permettant d'effectuer les différentes étapes du procédé de l'invention. Les résultats obtenus par le module de traitement de données peuvent être adaptés à une interface homme-machine pour leur exploitation (dans des simulations de test de batteries par exemple).
- [0076] Les données d'entrées qui sont un prérequis à la mise en œuvre des étapes du procédé, sont notamment un historique de données opérationnelles collectées sur un système de stockage, et correspondant à des données de tension $U(t)$, de courant $I(t)$, de température $T(t)$, d'état de charge SOC(t).
- [0077] La collecte de données correspond à des enregistrements faits de ces données pour un système de stockage d'énergie par batteries (par exemple stationnaire BESS), sur une très longue durée, d'au moins plusieurs mois à plusieurs années.
- [0078] Les données initiales d'entrées peuvent avoir été collectées par un ou plusieurs systèmes de gestion BMS associé au BESS, et avoir été stockées dans une base de données dédiée 101 ou être filtrées parmi d'autres données enregistrées dans une base de données plus générale d'un système de gestion BMS.
- [0079] Dans le cas où les données initiales ne présentent pas de trous et que l'ensemble des modules de la batterie du système BESS est connecté en permanence (i.e. pas de rack non-opérant sur certaines plages de temps), les données sont considérées comme fiables et le calcul 102 du nombre d'heures d'opération du système (ou le calcul d'un pourcentage d'heures) est fait directement sur les données initiales reçues.
- [0080] Dans le cas contraire (les données présentent des trous), une étape de nettoyage ou de filtrage des données reçues est effectuée pour améliorer la qualité des données, et les données filtrées, correspondant à une nouvelle période, sont utilisées pour calculer le nombre d'heures d'opération.
- [0081] La [Fig.4] illustre des étapes optionnelles (402, 406, 410) du procédé 100 de l'invention, pouvant être réalisées indépendamment les unes des autres, dont une étape 402 de préparation de données fiables. Ainsi, le procédé de l'invention peut être réalisé selon différentes variantes combinant des étapes requises ([Fig.1]) et une ou plusieurs étapes optionnelles (illustrées en pointillées sur la [Fig.4]).
- [0082] Dans un mode de réalisation, l'étape optionnelle 402 de nettoyage des données initiales consiste à choisir, sur la période de l'historique des données reçues, une nouvelle période de longue durée pour la disponibilité de données. Cette nouvelle période longue peut répondre à un critère dit « période avec le moins de trous de

données » pouvant signifier soit une période ayant le moins de sous-périodes avec absence de données, soit une période où il y a le moins de données non numériques dites (NaN) acronyme de « Not a Number » selon l'anglicisme consacré pour désigner des données non valides ou des données non disponibles.

[0083] En effet, la disponibilité est un critère qui qualifie trois indicateurs.

[0084] Un premier indicateur porte sur la remontée correcte de données (le fait que les données soient valides, i.e. soient des données numériques), et sur le fait que les valeurs des données soient dans les limites de fonctionnement (i.e. ni trop grandes, ni trop faibles). Cet indicateur est caractérisé par une sortie journalière d'un paramètre ici désigné par « Data_hours ». Des données hors limites ne sont pas prises en compte dans l'estimation du paramètre Data_hours.

[0085] Un deuxième indicateur est relatif au nombre d'heures par jour du fonctionnement opérationnel du système (hors plages de repos « Idle »). Cet indicateur est caractérisé par un paramètre ici désigné par « Operation_hours ». La valeur du paramètre Operation_hours est en principe inférieure ou égale à la valeur du paramètre Data_hours.

[0086] Un troisième indicateur est relatif à la proportion de racks connectés pour une journée donnée, désigné ici par le paramètre « AvailableRacks ».

[0087] Revenant à l'étape 102, les périodes de fonctionnement qui sont prises en compte pour permettre de déterminer un profil de sollicitation représentatif, doivent avoir un paramètre 'heures d'opération' « Operation_hours » correspondant à une moyenne des heures d'opération de la totalité de la période de monitoring du système de stockage.

[0088] En cas d'étape optionnelle de préparation 402, les périodes de fonctionnement qui sont prises en compte pour déterminer un profil de sollicitation représentatif, doivent de plus avoir un paramètre « Data_hours » maximisé et un paramètre « AvailableRacks » maximisé.

[0089] Après l'étape de calcul des heures d'opération (le nombre d'heures d'opération en total hors inactivité), soit en 102 sur des données directement fiables, soit en 404 après une étape 402 de préparation de données fiables, le procédé permet dans une étape suivante 104, de faire une analyse des statistiques d'usage de la batterie sur la totalité de la période de données.

[0090] Le procédé de l'invention peut effectuer, avant l'étape 104, une étape optionnelle 406 qui consiste à vérifier si l'indicateur d'état de charge SOC qui a été reçu et qui avait été calculé par le système de gestion de la batterie (BMS) est fiable.

[0091] La fiabilité de la valeur de SOC est estimée selon une relation entre les valeurs de capacité (Ampères-Heures Ah) des accumulateurs chargés et déchargés, et la différence d'état de charge entre le début et la fin de chaque période de charge ou de décharge. Si cette relation est linéaire, l'état de charge fourni par le BMS est considéré

comme fiable. Sinon, l'état de charge fourni par le BMS n'est pas considéré comme fiable, et le procédé permet de construire un état de charge fiable, i.e. déterminer un nouvel indicateur permettant de définir un état de charge fiable.

- [0092] Dans un mode de réalisation, un état de charge SOC fiable peut être obtenu par application d'une méthode d'intégration des Ah complétée par une méthode de recalage. Il s'agit d'une méthode classique de calcul de l'état de charge d'une batterie. On part d'un état de charge donné (même par le BMS y compris s'il est considéré comme non fiable). Ensuite on intègre le courant de la batterie pour obtenir des Ah, les Ah sont ensuite divisés par la capacité de la batterie pour obtenir un état de charge. Ensuite, si le système détecte un moment propice à une estimation fiable de l'état de charge (par exemple, l'atteinte d'une condition de pleine charge, ou de décharge complète, ou un repos suffisamment long, etc...), le calcul recale l'état de charge à une valeur déterminée par ces conditions de recalage. Un exemple peut être trouvé à l'adresse http://liionbms.com/php/wp_soc_estimate.php, "State Of Charge estimate with Li-Ion batteries" by Davide Andrea.
- [0093] Revenant à la [Fig.1], et l'étape 104, le procédé permet de faire une analyse des statistiques d'usage de la batterie, par rapport à une durée cumulée.
- [0094] La durée cumulée désigne le temps passé par intervalle d'état de charge (ou de profondeur de décharge). L'état de charge de la batterie est divisé en une pluralité d'intervalles, et le temps passé dans chaque intervalle est cumulé. La durée cumulée de chaque intervalle est ensuite divisée par la durée totale de la période, pour obtenir une valeur de temps passé.
- [0095] Ainsi à l'étape 104, le procédé permet de construire des histogrammes sur la totalité de la période de collecte, l'un pour les états de charge SOC et un autre pour les profondeurs de décharge DOD. Les histogrammes sont construits à partir de l'historique des données collectées, sur la totalité de la période de surveillance (avec des données initiales fiables), soit sur une sous-période (avec des données filtrées, rendues fiables).
- [0096] Un premier histogramme d'usage est construit pour les temps cumulés passés par intervalle pour l'état de charge de la batterie, correspondant à des statistiques globales sur la totalité de la période retenue (période initiale ou période recalculée).
- [0097] La [Fig.2a] montre un exemple d'un histogramme d'usage pour des temps cumulés passés (« Time Spent » en ordonnée) par intervalle d'état de charge (SOC) d'une batterie pour 10 intervalles, sur une période de 4 ans. Il peut être noté pour cet exemple, que la batterie passe la plupart du temps à faible état de charge.
- [0098] L'état de charge pour construire l'histogramme peut être celui fourni directement par le BMS ou être un état de charge reconstruit (étape 406).
- [0099] Un deuxième histogramme d'usage est construit pour les temps cumulés passés par intervalle pour la profondeur de décharge de la batterie, correspondant à des sta-

tistiques globales sur la totalité de la période retenue (période initiale ou période recalculée).

- [0100] La [Fig.2b] montre un exemple d'un histogramme d'usage pour des temps cumulés passés (« Time Spent » en ordonnée) par intervalle de profondeur de décharge (DOD) d'une batterie pour 10 intervalles, sur une période de 4 ans. Il peut être noté pour cet exemple, que la batterie passe beaucoup de temps dans un état inactif (profondeur de décharge inférieur à 10%), et quand elle est déchargée, la plupart des cycles ont une profondeur de décharge entre 70 et 80% puis entre 60 et 70%.
- [0101] La profondeur de décharge est calculée par algorithme, car elle n'est pas donnée directement par le BMS. Dans un mode de réalisation, l'algorithme se base sur une méthode de comptage connue, comme par exemple la méthode de comptage « Rainflow ».
- [0102] La méthode de comptage Rainflow, développée à l'origine dans le domaine des matériaux pour des estimations de fatigue cyclique, est aujourd'hui utilisée dans de nombreuses applications où un comportement cyclique peut être observé, notamment dans l'éolien, les machines tournantes, et la charge des batteries. La méthode de comptage Rainflow consiste à associer par paire les minima croissants et les maxima décroissants d'une courbe initiale, et elle peut être mise en œuvre par de nombreux algorithmes connus.
- [0103] Pour chaque cycle sélectionné, une quantité d'Ah déchargée est estimée par intégration du courant. Puis la quantité d'Ah estimée est divisée par la capacité nominale pour calculer la profondeur de décharge du cycle concerné.
- [0104] Revenant à la [Fig.1], le procédé permet, dans une étape suivante 106, de définir une durée de séquence qui soit représentative de l'usage du BESS dans l'application donnée.
- [0105] Une durée de séquences qui est représentative de l'usage du BESS est souvent égale à une journée (24 h), mais d'autres durées peuvent être considérées selon l'application pour lequel il est utilisé.
- [0106] Le choix de la durée de séquences peut être progressif. Le procédé peut commencer par vérifier si une période courte (par exemple une journée pour une application de stockage stationnaire utilisé avec un système solaire), supposée pouvoir être représentative de l'usage de la batterie, est valide, et augmenter la durée jusqu'à atteindre une représentativité correcte.
- [0107] Selon des variantes de réalisation, si une durée de séquence d'une journée n'est pas représentative, les durées de séquences peuvent être testées par durées d'une semaine.
- [0108] Pour déterminer si une durée est représentative, le procédé permet d'établir des histogrammes du SOC et du DOD pour toutes les durées sur la période de collecte des données. Par exemple pour une durée testée de 24h pour une collecte de données faite

sur une année, un histogramme de SOC (et de DOD) est établi pour toutes les journées sur une année.

- [0109] S'il est identifié dans les histogrammes, des séquences de la durée testée (pour l'exemple 24 heures) qui présentent des histogrammes similaires à ceux de la totalité de la période de collecte des données, cette durée de séquences est conservée.
- [0110] S'il n'est pas identifié de telles séquences « similaires », la durée de la séquence peut être augmentée progressivement par exemple par durée de 24 h en passant à 2 jours, puis à 3 jours, etc., jusqu'à trouver des séquences avec des histogrammes similaires à ceux de la totalité de la période.
- [0111] Quand une durée de séquences représentative est déterminée, le procédé permet de découper la période totale de collecte des données en une pluralité n de séquences de durée égale à la durée représentative.
- [0112] Le procédé poursuit ensuite par une étape 108 consistant à faire une analyse des statistiques d'usage de la batterie, notamment l'analyse du SOC et du DOD, pour chacune des séquences de la pluralité des n séquences temporelles définies.
- [0113] Le procédé permet initialement de construire deux nouveaux types d'histogrammes pour faire les analyses de statistiques d'usage.
- [0114] Un premier type d'histogramme est construit pour les temps cumulés passés par intervalle pour l'état de charge de la batterie, sur la durée représentative définie.
- [0115] La [Fig.3a] montre un exemple d'un histogramme des temps cumulés passés par intervalle pour l'état de charge (SOC) d'une batterie, sur une durée d'une semaine, pour une séquence parmi les n séquences identifiées.
- [0116] Un deuxième type d'histogramme est construit pour les temps cumulés passés par intervalle pour la profondeur de décharge de la batterie, sur la durée représentative définie.
- [0117] La [Fig.3b] montre un exemple d'un histogramme des temps cumulés passés par intervalle pour la profondeur de décharge (DOD) d'une batterie, sur une durée d'une semaine pour une séquence parmi les n séquences identifiées.
- [0118] Il est ainsi construit n histogrammes pour l'état de charge, et n histogrammes pour la profondeur de décharge.
- [0119] L'analyse des statistiques d'usage consiste ensuite à l'étape suivante 110, à comparer les n histogrammes des temps cumulés passés par intervalle pour l'état de charge et la profondeur de décharge, avec les histogrammes établis pour la totalité de la période de données (période initiale ou période recalculée) à l'étape 104.
- [0120] Le résultat de la comparaison permet d'identifier parmi la pluralité des n séquences temporelles, un sous-ensemble de m séquences dites séquences les plus proches, i.e. des séquences qui sont dans des niveaux de temps passés qui sont similaires à ceux de la totalité de la période, et ce en termes d'intervalles d'état de charge et d'intervalles de

profondeur de décharge.

- [0121] Dans une étape suivante 112, le procédé permet d'identifier dans la pluralité des m séquences, des séquences représentatives qui sont symétriques, c'est-à-dire des séquences ayant un état de charge final qui soit égal à l'état de charge initial.
- [0122] Il est important que l'état de charge ne dérive pas dans le temps (le profil revient à son point de départ d'un point de vue de son état de charge). En effet, le profil de sollicitation (représentatif de l'usage réel de la batterie pour une application donnée) va devoir être répété pour pouvoir tester ou simuler le vieillissement de la batterie (i.e. la séquence représentative va être répétée dans le temps pour estimer la dégradation selon cette séquence sur la durée).
- [0123] Dans un mode de réalisation, l'identification des périodes (ou séquences) symétriques se fait en considérant l'état de charge au début de la période et à la fin de la période.
- [0124] Dans une variante de réalisation, l'identification des périodes symétriques se fait en considérant un cycle symétrique sur une partie de la période représentative.
- [0125] Dans une autre variante de réalisation, l'identification des périodes symétriques se fait en reconstituant des cycles symétriques.
- [0126] Dans un mode de réalisation, la reconstitution de cycles symétriques peut se faire en convertissant l'ensemble des opérations de charge et de décharge de la période de mesure en un ensemble équivalent de cycles reconstitués symétriques, chaque cycle reconstitué symétrique comportant une opération de charge et une opération de décharge de même amplitude de l'indicateur d'état de charge (une même amplitude de charge ou de décharge).
- [0127] Les cycles symétriques résultants de cette conversion sont dits « reconstitués » car ils sont issus d'une réorganisation, avec d'éventuelles approximations, de cycles réels.
- [0128] Pour certaines applications, dont les cycles de charge/décharge sont simples et réguliers, un algorithme relativement simple se charge de cette conversion.
- [0129] Pour des applications où les cycles de charge de décharge sont complexes et irréguliers, des algorithmes plus sophistiqués sont employés pour l'opération de conversion, comme par exemple la méthode de comptage rainflow.
- [0130] Dans le cadre de la présente invention, la conversion en cycles reconstitués symétriques est réalisée en associant par paires les minima croissants et les maxima décroissants des opérations de charge et de décharge de la période de mesure.
- [0131] Revenant à la [Fig.1], l'étape 112 permet donc la sélection d'une pluralité p de séquences correspondant à des périodes symétriques, parmi la pluralité des m séquences définies à l'étape précédente 110.
- [0132] À l'issue de l'étape 112, le procédé a produit un ensemble équivalent de cycles reconstitués symétriques, relatifs à la période de mesure.

- [0133] Ainsi, chaque séquence sélectionnée correspond à un profil d'état de charge qui est représentatif du fonctionnement de la batterie pour l'application donnée.
- [0134] Cependant, étant donné que pour cycler une batterie, il faut appliquer des profils de courant ou de puissance, le procédé permet dans une étape suivante 114 de récupérer dans la base de données initiale, les profils de courant ou les profils de puissance correspondant aux p séquences sélectionnées.
- [0135] Puis, le procédé permet de calculer la différence point par point entre chaque profil de courant (ou de puissance) récupéré et un profil moyen, puis permet de sélectionner un seul profil (profil final ou profil type) correspondant à celui ayant une différence minimale avec le profil moyen.
- [0136] Le profil moyen est obtenu en faisant la moyenne, pour un pas de temps donné, entre les courants (ou les puissances) des p séquences sélectionnées obtenues précédemment. En effet à l'étape 114, il existe plusieurs profils de courant $I=f(t)$ (ou plusieurs profils de puissance $P=f(t)$) et le profil moyen est calculé en prenant la moyenne de I (ou de P) pour chaque pas de temps.
- [0137] La sélection à l'étape 114, du profil de sollicitation type, peut se faire en sélectionnant le profil ayant le moins de différences avec le profil moyen, en appliquant l'équation (2) suivante :
- [0138] $\min(\sum \text{abs}(\text{diff}(\text{seq}(i), \text{seqMoy})))$.
- [0139] Dans un mode de réalisation, le procédé peut comporter une étape optionnelle 410 après la sélection du profil type, qui consiste en une mise à l'échelle du profil type et son adaptation vis-à-vis des spécifications, des limites batteries, ou des moyens de test que l'on compte utiliser.
- [0140] En effet, selon les données initiales de monitoring du BESS et le dimensionnement de celui-ci, il peut être nécessaire d'adapter le profil de sollicitation type issu de l'étape précédente 114 pour obtenir 412 un profil final à l'échelle, qui pourra être utilisé dans un modèle de vieillissement pour la batterie (ou un échantillon) que l'on souhaite tester. Cette adaptation est faite en fonction des contraintes et des limitations précisées dans la spécification batterie, et/ou en fonction des moyens d'essais.
- [0141] Ainsi, par exemple pour certaines batteries, les courants maximums de charge peuvent être différents des courants maximums de décharge. Il conviendra alors de saturer le profil de courant avec des valeurs adéquates, en charge et en décharge selon ces limites.
- [0142] L'équilibre du profil en état de charge pourra alors être maintenu grâce à l'application des équations (3) et (4) suivantes :
- [0143] $K_f = \frac{Ah_{ch} - Ah_{ch,sat}}{Ah_{ch}}$ (3) et $I_{dch} = I_{dch} \cdot K_f$ (4),
- [0144] dans le cas d'un courant maximum de charge qui est inférieur au courant maximum

de décharge (cas classiquement rencontré).

[0145] Les paramètres des équations (3) et (4) sont définis comme étant :

- Ah_{ch} : il s'agit du cumul des Ah chargés (les phases du profil pour lesquelles le courant est positif) ;
- Ah_{ch_sat} : il s'agit du cumul des Ah chargés lorsque le courant est saturé à une valeur inférieure au courant de charge du profil initial.

[0146] En appliquant le coefficient K_f au profil de courant de décharge I_{dch} , on réduit son niveau proportionnellement au profil de courant de charge saturé. Le résultat obtenu est ainsi un profil « équilibré », c'est-à-dire qu'on charge autant qu'on décharge, tout en conservant la dynamique.

[0147] Ce profil peut être répété cycliquement sur un échantillon sans avoir à définir un profil de la durée du test électrique souhaité. En effet, généralement les bancs d'essais ne permettent pas de définir des profils très longs ou de définir des profils sur un nombre de points très élevé.

[0148] Dans une variante de réalisation, le coefficient de correction K_f peut être appliqué uniquement sur les cycles nécessaires, c'est-à-dire s'il y a saturation en charge, le coefficient est appliqué sur la décharge suivante du même cycle (et inversement si saturation en décharge). La détection des cycles peut être faite via la méthode de comptage Rainflow.

[0149] Dans une autre variante de réalisation, la correction du profil de SOC est faite en appliquant un SOC initial différent.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de détermination de profils de sollicitation pour système de stockage par batterie, le procédé étant mis en œuvre par ordinateur et comprenant au moins des étapes consistant à :
- calculer (102) une durée d'opération d'un système de stockage par batterie, à partir d'un historique de données collectées sur une période de surveillance dudit système, les données comprenant au moins des valeurs de courant $I(t)$, de température $T(t)$, de tension $U(t)$ et des valeurs d'état de charge SOC ;
 - effectuer (104) pour la durée d'opération, des analyses de statistiques d'usage de la batterie quant à l'état de charge SOC et la profondeur de décharge DOD ;
 - découper (106) ladite durée d'opération en n séquences temporelles, la durée d'une séquence étant représentative du fonctionnement dudit système de stockage pour une application donnée ;
 - effectuer (108) pour chacune des n séquences temporelles, des analyses de statistiques d'usage de la batterie quant à l'état de charge SOC et la profondeur de décharge DOD ;
 - déterminer (110) parmi les n séquences temporelles, une pluralité m de séquences qui ont des états de charge et des profondeurs de décharge comparables à des états de charge et des profondeurs de décharge pour la durée d'opération ;
 - déterminer (112) parmi les m séquences comparables, des séquences symétriques correspondant à des séquences ayant un état de charge en fin de période égal à l'état de charge en début de période ; et
 - sélectionner (114) parmi les séquences symétriques, une séquence représentative d'un profil de sollicitation pour ledit système de stockage.
- [Revendication 2] Le procédé selon la revendication 1 comprenant une étape initiale de filtrage des données, consistant à déterminer sur la période de collecte des données, une sous-période de surveillance, correspondant soit à une période avec le moins de trous de données, soit à une période où il y a le moins de données non numériques.
- [Revendication 3] Le procédé selon la revendication 1 ou 2 dans lequel la durée d'opération correspond à une moyenne des heures d'opération sur la période de surveillance dudit système de stockage.
- [Revendication 4] Le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 dans lequel l'étape d'analyses de statistiques pour la durée d'opération est faite sur

des histogrammes du temps passé par intervalle d'état de charge et sur des histogrammes du temps passé par intervalle de profondeur de décharge.

[Revendication 5] Le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 dans lequel l'étape d'analyses de statistiques pour chacune des n séquences temporelles est faite sur des histogrammes, pour chacune des n séquences, du temps passé par intervalle d'état de charge et sur des histogrammes, pour chacune des n séquences, du temps passé par intervalle de profondeur de décharge.

[Revendication 6] Le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 comprenant une étape initiale consistant à vérifier la fiabilité des valeurs d'état de charge, et si besoin une étape consistant à calculer un état de charge fiable.

[Revendication 7] Le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 comprenant une étape consistant à calculer des valeurs de profondeur de décharge.

[Revendication 8] Le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 dans lequel l'étape de sélectionner une séquence représentative d'un profil de sollicitation pour ledit système de stockage, consiste à : - récupérer des profils de courant ou des profils de puissance correspondant aux séquences symétriques ; - calculer une différence point par point entre chaque profil de courant ou de puissance récupéré et un profil moyen ; et - sélectionner un profil correspondant à celui ayant une différence minimale avec le profil moyen.

[Revendication 9] Le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 comprenant de plus une étape consistant en une mise à l'échelle du profil de sollicitation sélectionné comme profil représentatif.

[Revendication 10] Programme d'ordinateur comportant des instructions de code pour l'exécution des étapes du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, lorsque ledit programme est exécuté par un processeur.

[Revendication 11] Un dispositif de détermination de profils de sollicitation pour système de stockage par batterie comprenant des moyens pour mettre en œuvre les étapes du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9.

[Revendication 12] Le dispositif selon la revendication 11 dans lequel le système de stockage est stationnaire, de préférence un système de stockage par batteries « BESS ».

[Revendication 13] Le dispositif selon la revendication 12 dans lequel le système de stockage comporte au moins une batterie au lithium-ion.

[Revendication 14] Dispositif pour simuler le vieillissement des batteries d'un système de

stockage par batterie, le dispositif comprenant au moins un processeur pour exécuter un modèle de vieillissement de batterie ainsi qu'un deuxième dispositif selon la revendication 11, ledit modèle étant appliqué sur la base d'un profil de sollicitation déterminé par ledit deuxième dispositif, ledit profil étant donc obtenu par le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9.

[Fig. 1]

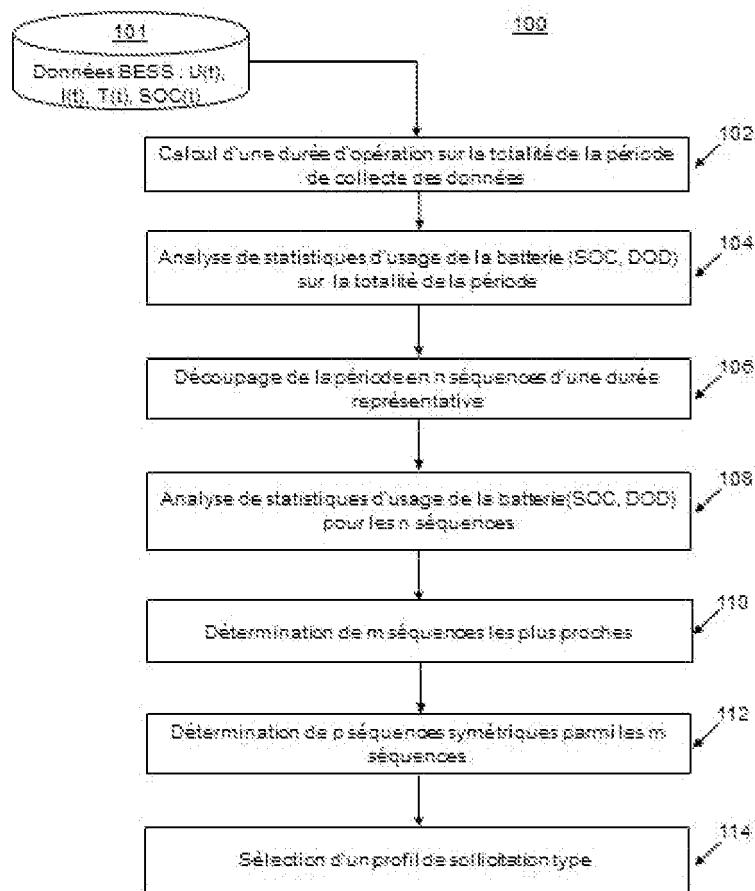


Fig. 1

[Fig. 2a]

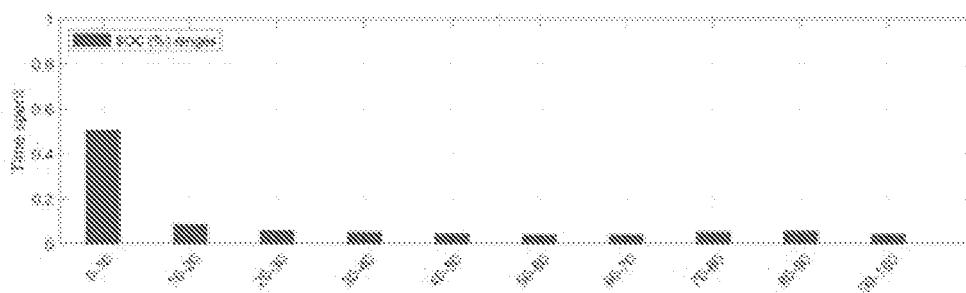


Fig. 2a

[Fig. 2b]

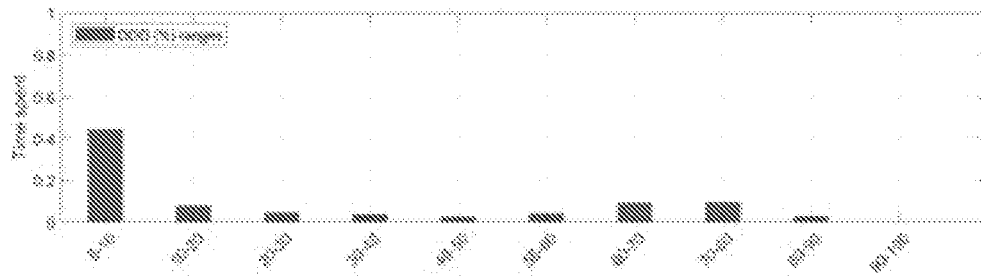


Fig. 2b

[Fig. 3a]

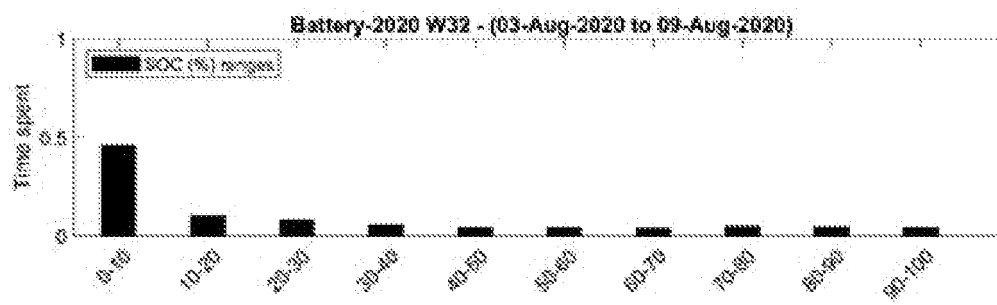


Fig. 3a

[Fig. 3b]

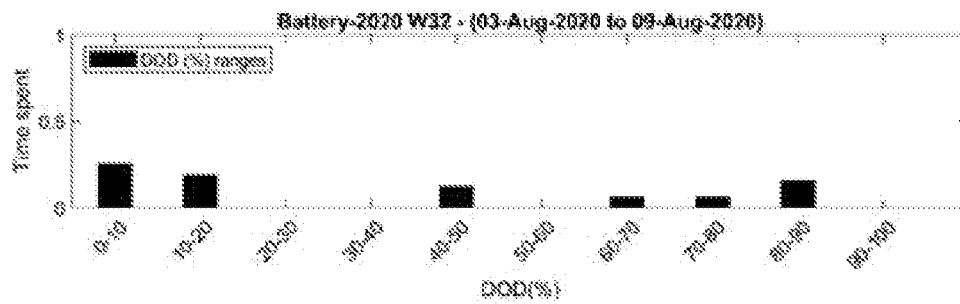


Fig. 3b

[Fig. 4]

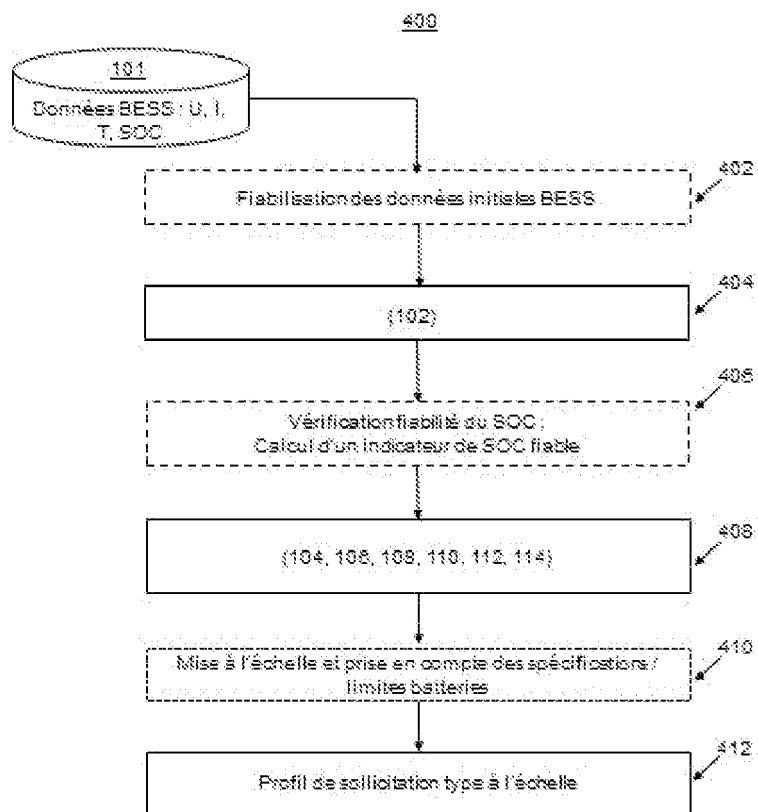


Fig. 4

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

FR 3 118 310 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE
ATOMIQUE [FR]; POWERUP [FR])
24 juin 2022 (2022-06-24)

US 2022/373609 A1 (BAUMANN MICHAEL [DE])
24 novembre 2022 (2022-11-24)

EP 3 936 878 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE
ATOMIQUE [FR])
12 janvier 2022 (2022-01-12)

Vilsen Soren B. ET AL: "Transfer Learning
for Adapting Battery State-of-Health
Estimation From Laboratory to Field
Operation",
IEEE access,
3 mars 2022 (2022-03-03), pages
26514-26528, XP093071023,
Piscataway
DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3156657
Extrait de l'Internet:
URL: <https://ieeexplore.ieee.org/ielx7/6287639/9668973/09727154.pdf?tp=&arnumber=9727154&isnumber=9668973&ref=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlMmNvbS8=>
[extrait le 2023-08-06]

BHATT ANKIT ET AL: "Machine
learning-based approach for useful
capacity prediction of second-life
batteries employing appropriate input
selection",
INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY RESEARCH,
vol. 45, no. 15, 12 août 2021 (2021-08-12)
, pages 21023-21049, XP093071022,
GB
ISSN: 0363-907X, DOI: 10.1002/er.7160
Extrait de l'Internet:
URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full-xml/10.1002/er.7160>

CN 106 980 725 A (CHERY AUTOMOBILE CO LTD)
25 juillet 2017 (2017-07-25)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES
NEANT