



## (12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 37933 B2** (51) Cl. internationale : **H02J 3/32; H02J 7/04; H02J 7/00**
- (43) Date de publication : **29.06.2018**

- 
- (21) N° Dépôt : **37933**
- (22) Date de Dépôt : **08.10.2013**
- (30) Données de Priorité : **09.10.2012 FR 1259624**
- (86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT: **PCT/EP2013/070924 08.10.2013**
- (71) Demandeur(s) : **ELECTRICITE DE FRANCE, 22-30, avenue de Wagram F-75008 PARIS (FR)**
- (72) Inventeur(s) : **KHARRAT, Chady ; BEN-ABBES, Ala**
- (74) Mandataire : **CABINET PATENTMARK**

---

(54) Titre : **CENTRALE DE PILOTAGE D'UNE BATTERIE DE STOCKAGE D'ÉNERGIE**

(57) Abrégé : L'invention concerne une centrale de pilotage, et le procédé de commande associé, d'une batterie (2) de stockage d'énergie destinée à être couplée à une source de production électrique intermittente pour fournir à un réseau d'énergie électrique une puissance électrique totale approchant une consigne de puissance totale (Prod (T)) suivant un plan de production, la centrale de pilotage (1) est adaptée pour déterminer une trajectoire de référence de l'état de charge de la batterie (SOC\_ref(t)) à partir d'une modélisation de la batterie (5) et d'une consigne optimisée de puissance de batterie (Pbatt(T)), ladite consigne optimisée de puissance de batterie (Pbatt(T)) étant déterminée à partir de la consigne de puissance totale (Prod(T)), et la centrale de pilotage (1) est adaptée pour mettre en œuvre une régulation en boucle fermée de l'état de charge de la batterie pour imposer le suivi par l'état de charge (SOC(t)) de la trajectoire de référence de l'état de charge de la batterie (SOC\_ref(t)).

## Centrale de pilotage d'une batterie de stockage d'énergie

31 MAR 2016

## DOMAINE TECHNIQUE GENERAL ET CONTEXTE DE L'INVENTION

5 La présente invention se rapporte au domaine de la production électrique, plus  
précisément à une centrale de pilotage et au procédé associé pour commander une  
batterie de stockage d'énergie destinée à être couplée à une source de production  
électrique intermittente pour fournir à un réseau d'énergie électrique une puissance  
électrique totale lisse approchant une consigne de puissance totale suivant un plan  
10 de production annoncé à l'avance au gestionnaire de réseau.

Depuis quelques années la production d'énergie au moyen de sources de production  
électrique intermittentes, telles qu'éolienne, photovoltaïque, solaire, etc., connaît  
un essor sans précédent. De telles sources de production électrique intermittentes  
15 sont généralement regroupées en des fermes, par exemple dans le cas d'un champ  
d'éoliennes ou d'un ensemble de panneaux photovoltaïques, et raccordées à un  
réseau d'énergie électrique auquel elles fournissent de l'électricité. Dans ce  
document, nous désignerons par source de production électrique intermittente aussi  
bien une source isolée qu'une telle ferme constituée d'une pluralité de sources, dont  
20 le raccordement et la gestion de leur production sont centralisés, dans la mesure où  
le réseau d'énergie électrique ne voit qu'une centrale de production électrique.

Le caractère fatalement aléatoire de ces sources d'énergie impose des règles  
particulières à leur exploitation, notamment le lissage et la garantie de leur  
25 production suivant un plan annoncé à l'avance au gestionnaire du réseau électrique  
auquel elles sont raccordées, à défaut de quoi, malgré le profit économique qu'elles  
peuvent engendrer, leur intégration à grande échelle poserait de multiples  
problèmes.

30 En effet, la production de sources de production électrique intermittentes est  
souvent mal prévue et leurs variations peuvent entraîner des grands écarts par  
rapport au plan de production de référence annoncé au gestionnaire de réseau.  
Lorsque la puissance cumulée de ces productions intermittentes devient significative,  
elle peut mettre en péril l'équilibre offre-demande du système électrique et

ref

déstabiliser le réseau, les rendant alors peu attractives pour les gestionnaires de ce réseau.

5 Dans les faits, la puissance générée par une source de production électrique intermittente, largement variable d'un jour à l'autre, peut aussi subir de fortes fluctuations dans l'intervalle d'une heure ou de quelques minutes, dues aux variations météorologiques locales. Par exemple, une variation de la vitesse du vent entraîne une variation de la puissance électrique produite par une éolienne. De même, l'ensoleillement influe directement sur la production électrique d'un panneau  
10 photovoltaïque, et le passage d'un nuage perturbe celle-ci.

On conçoit aisément que si certaines variations peuvent être anticipées, au moyen par exemple de prévisions météorologiques, aucun modèle ne peut prévoir à l'avance une variation locale telle que le passage d'un nuage, phénomène transitoire et très  
15 local qui a pourtant de fortes répercussions sur la production électrique de panneaux photovoltaïques.

Une solution potentielle au problème d'imprévisibilité de la production électrique est apportée par l'utilisation de moyens de stockage d'énergie couplés à la source de  
20 production intermittente. Ces moyens de stockage contribuent à la fois à une gestion intelligente de l'énergie produite et à une amélioration de la qualité de la fourniture. En permettant le stockage d'énergies, ils permettent notamment diverses applications comme le lissage de la production, l'arbitrage de l'énergie, la participation aux services systèmes, le transfert de charge, le soulagement des  
25 contraintes sur le réseau de distribution électrique, etc...

Aujourd'hui, plusieurs types de stockage d'énergie existent : électrostatique (capacités), électromagnétique (supraconducteurs), électrochimique (batteries et supercapacités), gravitaire (stockages hydrauliques), inertiel (volant d'inertie)  
30 pneumatique ou encore thermique.

Parmi ces différentes technologies, le stockage par batterie présente actuellement des avantages majeurs de rapidité de réponse et de manœuvrabilité, offrant plus de flexibilité et de stabilité au pilotage de l'installation de production constituée par la  
35 source de production électrique intermittente et la batterie de stockage qui lui est

associée, ainsi qu'une puissance et une durée de vie relativement élevées. On appellera par la suite batterie de stockage d'énergie une ou plusieurs batteries individuelles reliées ensemble de sorte qu'elles soient commandées ensembles comme ne constituant qu'une batterie de stockage vis-à-vis de leur utilisation.

5

La batterie de stockage est utilisée pour stocker de l'énergie produite par la source de production électrique intermittente, et la restituer au réseau, en fonction des besoins. La bonne gestion de ces phases de charge et de décharge de la batterie permet d'absorber les variations de production électrique. Elle permet également de mieux adapter la puissance fournie au réseau dans la mesure où la production électrique d'une source de production électrique intermittente n'est pas facilement adaptable. L'utilisation d'une batterie de stockage peut ainsi contribuer à améliorer la prédictibilité de la fourniture et à stabiliser la production électrique.

15 Pour un moyen de stockage d'énergie telle qu'une batterie, la capacité à absorber les écarts de production dépend fortement de son dimensionnement et nécessite souvent de grandes capacités. Il est alors tentant de préconiser l'utilisation de batteries présentant de grandes capacités de stockage d'énergie. La plupart des techniques de pilotage présentées dans l'état de l'art supposent ainsi d'importantes capacités de stockage.

20

Cependant, dans la mesure où le coût d'exploitation d'une batterie est étroitement lié à son dimensionnement, une augmentation de la capacité requise d'une batterie peut accroître considérablement le coût du système, le rendant alors économiquement peu rentable.

25

Un moyen de contourner le problème de dimensionnement est de mieux planifier la trajectoire de l'état de charge de la batterie en fonction des incertitudes de prévisions. Ceci peut être réalisé par l'intermédiaire des algorithmes d'optimisation stochastique.

30

Ces méthodes de l'état de la technique sont censées permettre d'éviter l'épuisement de la batterie, c'est-à-dire son déchargement complet, ainsi que la saturation de la batterie, c'est-à-dire le dépassement de sa capacité de stockage. Ces deux situations laissent transmettre les fluctuations de la production de l'installation directement au

35

réseau d'énergie électrique auquel est fournie l'énergie, et, dans le cas de la saturation, une perte d'énergie non stockable détériore le rendement de l'installation constituée par la source de production intermittente et la batterie de stockage.

5 L'inconvénient de ces méthodes stochastiques de gestion réside dans la sous-utilisation de la capacité de stockage en disponibilité. C'est aussi le cas de méthodes de commande prédictive censées garantir un compromis entre la régulation de l'état de charge à une consigne fixe et le lissage de la production de l'installation de production.

10

Certaines autres applications font appel à des batteries de stockage d'énergie qui ne sont pas couplées à une centrale de production électrique intermittente pour fournir à un réseau d'énergie électrique une puissance électrique totale suivant un plan de production, mais sont utilisées par un consommateur d'énergie électrique pour optimiser sa consommation d'électricité que lui fournit le réseau électrique, notamment en fonction de paramètres tels que la variation horaire du prix de l'électricité.

15 Par exemple, les documents US2012/074909 et US2012/249078 présentent de tels systèmes, dans lesquelles la charge ou la décharge d'une batterie est commandée en fonction de critères tels que le prix de l'électricité ou son impact écologique. Il est à noter que la batterie est alors chargée et déchargée à puissance constante maximale, dans une plage autorisée visant à maximiser l'espérance de vie de la batterie.

25

Cependant, de tels systèmes ne peuvent pas répondre à l'exigence de lissage d'une production électrique intermittente, ni à la garantie de la puissance électrique délivrée au point de rattachement au réseau électrique. Ils ne peuvent donc pas être mis en œuvre de façon satisfaisante dans le cadre d'une centrale de production électrique intermittente destinée à fournir à un réseau électrique une puissance totale suivant un plan de production annoncé au gestionnaire du réseau.

30

PRESENTATION DE L'INVENTION

L'invention ci-après présente une alternative à ces méthodes qui ne donnent pas entièrement satisfaction, qui est à la fois simple à mettre en œuvre, peu coûteuse, et permettant une bonne régulation de la production électrique sans nécessiter de grandes capacités de stockage d'énergie, afin de permettre à une centrale de production d'énergie intermittente de fournir à un réseau d'énergie électrique une puissance électrique totale lisse approchant une consigne suivant un plan de production annoncé à l'avance au gestionnaire du réseau.

L'invention propose à cet effet une centrale de pilotage d'une batterie de stockage d'énergie destinée à être couplée à une source de production électrique intermittente pour fournir à un réseau d'énergie électrique une puissance électrique totale approchant une consigne de puissance totale suivant un plan de production annoncé à l'avance au gestionnaire du réseau. La centrale de pilotage est adaptée pour déterminer une trajectoire de référence de l'état de charge de la batterie à partir d'une modélisation de la batterie et d'une consigne optimisée de puissance de batterie, ladite consigne optimisée de puissance de batterie étant déterminée à partir de la consigne de puissance totale, et pour mettre en œuvre une régulation par asservissement en boucle fermée de l'état de charge de la batterie pour imposer le suivi par l'état de charge de la trajectoire de référence de l'état de charge de la batterie.

La régulation par asservissement en boucle fermée de l'état de charge de la batterie, activée en cas de forte dérive de l'état de charge de la batterie, permet d'ajuster la réponse dynamique de l'installation de production en anticipant les saturations ou les épuisements de la batterie tout en maintenant le lissage de la production totale de l'installation.

L'invention est avantageusement complétée par les différentes caractéristiques suivantes prises seules ou selon leurs différentes combinaisons possibles :

- la centrale est adaptée pour que la puissance électrique totale fournie au réseau approche au mieux la consigne de puissance totale tout en évitant la dérive de l'état de charge de la batterie;
- la centrale de pilotage est adaptée pour que la régulation par asservissement en boucle fermée de l'état de charge soit mise en œuvre en cas de dérive de l'état de charge de la batterie par rapport à la trajectoire de référence de l'état de charge;

- la centrale de pilotage est adaptée pour que la dérive de l'état de charge corresponde au dépassement d'une bande morte définie autour d'une trajectoire de référence de l'état de charge de la batterie;
- la centrale de pilotage comprend des moyens de limitation de la régulation par asservissement en boucle fermée de l'état de charge aux seuls suivis de la trajectoire de référence de l'état de charge de la batterie qui éloignent l'état de charge des limites de la batterie;
- la régulation par asservissement en boucle fermée de l'état de charge prend en entrée la trajectoire de référence de l'état de charge et l'état de charge de la batterie pour fournir en sortie une consigne de puissance de batterie en boucle fermée;
- ladite centrale de pilotage commande la batterie au moyen d'une commande instantanée de puissance déterminée à partir:
  - d'une consigne de puissance de batterie en boucle fermée en sortie de la boucle de régulation, et
  - d'une consigne de puissance de batterie en boucle ouverte correspondant à la différence entre la consigne de production totale et la production instantanée de la source de production électrique intermittente;
- la consigne de puissance totale suit une trajectoire, et le pas de la régulation par asservissement en boucle fermée de l'état de charge est inférieur d'au moins un facteur cent par rapport au pas de la trajectoire suivie par la consigne de puissance totale.

L'invention concerne également une installation de production électrique comportant une batterie de stockage d'énergie destinée à être couplée à une source de production électrique intermittente pour fournir à un réseau d'énergie électrique une puissance électrique totale approchant une consigne de puissance totale suivant un plan de production annoncé à l'avance au gestionnaire du réseau, ladite installation comportant une centrale de pilotage selon l'invention. De préférence, l'installation comporte en outre une source de production électrique intermittente.

L'invention concerne aussi un procédé de pilotage d'une batterie de stockage d'énergie destinée à être couplée à une source de production électrique intermittente pour fournir à un réseau d'énergie électrique une puissance électrique totale approchant une consigne de puissance totale suivant un plan de

productionannoncé à l'avance au gestionnaire du réseau, dans lequel une trajectoire de référence de l'état de charge de la batterie est déterminée à partir d'une modélisation de la batterie et d'une consigne optimisée de puissance de batterie, ladite consigne optimisée de puissance de batterie étant déterminée à partir de la  
5 consigne de puissance totale,et une régulation par asservissement en boucle fermée de l'état de charge est mise en œuvre pour imposer le suivi par l'état de charge de la trajectoire de référence de l'état de charge de la batterie.

Le procédé selon l'invention est avantageusement complété par les différentes  
10 caractéristiques suivantes prises seules ou selon leurs différentes combinaisons possibles :

- la régulation par asservissement en boucle fermée de l'état de charge est mise en œuvre en cas de dérive de l'état de charge de la batterie par rapport à une valeur de référence de l'état de charge;
- 15 - la dérive de l'état de charge correspond au dépassement d'une bande morte définie autour d'une valeur de référence d'état de charge de la batterie;
- la régulation par asservissement en boucle fermée de l'état de charge est limitée aux seuls suivis de la trajectoire de référence de l'état de charge de la batterie qui éloignent l'état de charge des limites de la batterie.

20

L'invention concerne aussi un produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution des étapes du procédé selon l'invention, lorsque ledit programme est exécuté sur un ordinateur. De préférence, ce produit programme d'ordinateur prend la forme d'un support lisible par ordinateur  
25 sur lequel sont stockées lesdites instructions de code de programme.

#### PRESENTATION DES FIGURES

D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la  
30 description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels:

- la figure 1 est un schéma de principe illustrant une centrale de pilotageassociée à sa batterie selon un mode de réalisation possible de l'invention;
- la figure 2 est un schéma de principe illustrant la boucle de régulation  
35 intervenant dans le système de la figure 1.



## DESCRIPTION DETAILLEE

En référence à la figure 1, l'installation de production électrique comprend une  
5 centrale de pilotage 1 qui commande la puissance électrique de charge/décharge  
d'une batterie de stockage 2 au moyen d'une commande instantanée de puissance  
 $P_{batt}(t)$ , variable dans le temps. La batterie de stockage 2 est couplée à une source  
de production électrique intermittente pour fournir à un réseau d'énergie électrique  
une puissance électrique totale approchant une consigne de puissance totale  $Prod(T)$   
10 suivant un plan de production annoncé à l'avance au gestionnaire du réseau.

La centrale de pilotage 1 reçoit d'un optimiseur 3 un plan de production totale  
constitué d'une séquence de consigne optimale de production totale  $Prod(T)$ , variable  
dans le temps, avec un pas dit infra-journalier  $T$  d'une durée typique de 30 minutes.  
15 Ce plan de production totale est établi au moyen de prévisions de production, par  
exemple à partir de données météorologiques, ainsi que d'autres facteurs tels que le  
plan de charge du gestionnaire de réseau, ou l'anticipation de la demande de  
puissance sur le réseau. Le plan de production totale correspond à la production  
électrique totale de l'installation de production composée de la production  
20 électrique de la source intermittente et de la puissance délivrée par la batterie 2.  
Une installation idéale devrait suivre au plus près le plan de production totale.

La centrale de pilotage 1 reçoit une mesure instantanée de la production réelle de la  
source intermittente  $Prod_f(t)$  et adapte, en fonction de celle-ci, la puissance à  
25 fournir ou à consommer par la batterie 2 pour garantir le suivi du plan de production  
totale défini par l'optimiseur 3.

En effet, les erreurs de prévision, les perturbations météo imprévues et les  
fluctuations naturelles de la production de la source intermittente conduisent à un  
30 écart entre la production électrique instantanée  $Prod_f(t)$  de la source intermittente  
et la consigne optimale de puissance totale  $Prod(T)$  qui doit être fournie au réseau  
électrique, qui doit être compensé par la batterie 2, soit par le stockage de l'énergie  
produite en excédent, soit par la restitution d'énergie stockée dans la batterie 2.  
Ainsi, la centrale de pilotage 1 calcule une consigne de puissance de batterie en  
35 boucle ouverte  $P_{batt\_BO}(t)$ , variable dans le temps, qui sert à déterminer une

commande instantanée de puissance de batterie  $P_{batt}(t)$ , variable dans le temps, afin de commander la batterie 2.

5 La consigne de puissance de batterie en boucle ouverte  $P_{batt\_BO}(t)$  correspondant à la commande de puissance demandée à la batterie 2 est donc calculée en boucle ouverte à chaque instant  $t$  par  $P_{batt\_BO}(t) = Prod(T) - Prod\_f(t)$ .

Cependant, la seule commande en boucle ouverte de la puissance de la batterie peut conduire à l'épuisement ou à la saturation de la batterie en cas d'écart trop important et/ou trop prolongé entre la production électrique instantanée  $Prod\_f(t)$  de la source intermittente et la consigne optimale de production totale  $Prod(T)$ .

Afin de mieux tirer parti de la batterie, l'optimiseur 3 détermine également une consigne optimisée de puissance de batterie  $P_{batt}(T)$ , variable dans le temps, qui est  
15 fournie à la centrale de pilotage 1. La consigne optimisée de puissance de batterie  $P_{batt}(T)$  correspond à un plan de stockage d'énergie qui est déterminée par l'optimiseur 3 pour la commande de la batterie 2 afin de permettre de répondre au mieux au plan de production totale, compte tenu des variations anticipées de la production de la source intermittente, que la batterie 2 doit compenser.

20 Par exemple, il peut être prévu que la production de la source intermittente ne sera pas suffisante pour assurer la production électrique requise pendant une période donnée, le plan de stockage d'énergie peut alors prévoir un stockage préventif d'énergie antérieurement à cette période donnée afin de disposer, pendant ladite  
25 période donnée, de suffisamment d'énergie pour permettre le suivi du plan de production totale.

La centrale de pilotage 1 a pour rôle d'assurer durant chaque pas infra-journalier  $T$  le suivi instantané de la consigne optimale de puissance totale  $Prod(T)$ . Dans un cas  
30 idéal, la production fournie par la source de production intermittente en temps-réel est égale à sa prévision et le suivi de la consigne optimale de puissance totale  $Prod(T)$  est garanti par la simple application de la consigne optimisée de puissance de batterie  $P_{batt}(T)$  calculé lui aussi par l'optimiseur 3.

Cependant, là encore, des erreurs de prévision, les perturbations météo imprévues et les fluctuations naturelles de la production de la source intermittente peuvent conduire à des écarts trop grand entre la production électrique de la source intermittente et le plan de production, résultant en des épuisements ou des saturations de la batterie de stockage 2. Dans ce cas, la batterie 2 ne pouvant absorber les fluctuations de la production électrique, celles-ci sont directement transmises au réseau.

Pour éviter de telles situations, la centrale de pilotage 1 comprend un module de maintien de charge MdC 4 couplé à unemodélisation de la batterie 5, les deux opérant en temps-réel à une fréquence fixe et intégrés à lachaîne d'optimisation classique des consignes de la batterie, i.e. l'optimiseur 3.

L'objectif principal est de compenser les erreurs de prévisions et les fluctuations de production tout en surveillant et en contrôlant l'état de charge de la batterie 2 dans le but d'éviter au mieux les épuisements et les saturations conduisant à l'invalidité de la batterie 2, c'est-à-dire à sa non-disponibilité en raison d'un manque ou d'une saturation d'énergie stockée.

La centrale de pilotage 1 est adaptée pour déterminer une trajectoire de référence de l'état de charge de la batterie  $SOC_{ref}(t)$  à partir d'une modélisation de la batterie 5 et d'une consigne optimisée de puissance de batterie  $P_{batt}(T)$ , ladite consigne optimisée de puissance de batterie  $P_{batt}(T)$  étant déterminée à partir de la consigne de puissance totale  $Prod(T)$ .

La modélisation de la batterie 5 traduit la relation et les contraintes entre la puissance demandée à la batterie 2 (en charge ou en décharge) et la charge que celle-ci doit présenter pour y répondre. La modélisation de la batterie 5 prend en entrée la consigne optimisée de puissance de batterie  $P_{batt}(T)$  et fournit en sortie une trajectoire de référence de l'état de charge  $SOC_{ref}(t)$ .

La trajectoire de référence de l'état de charge  $SOC_{ref}(t)$  de la batterie 2 est une suite temporelle de valeurs de référence dudit état de charge  $SOC(t)$ . Cette trajectoire de référence de l'état de charge  $SOC_{ref}(t)$  représente l'évolution de la charge de batterie qui doit être suivie pour que la batterie 2 soit en mesure de

répondre aux sollicitations de puissance du suivi de la consigne optimisée de puissance de batterie  $P_{batt}(T)$ .

Du point de vue de l'état de charge de la batterie 2, la consigne de puissance de batterie en boucle ouverte  $P_{batt\_BO}(t)$ , différente de la consigne optimisée de puissance de batterie  $P_{batt}(T)$ , est perçue comme une perturbation qui résulte en une déviation de l'état de charge  $SOC(t)$  par rapport à sa trajectoire de référence de l'état de charge  $SOC\_ref(t)$ . Cette dernière est calculée par un modèle simplifié de la batterie en fonction de la production prévue  $P_{batt}(T)$  pour le pas infra-journalier  $T$  en cours :

$$SOC\_ref(t) = SOC\_ref(t-1) + Te \left( \frac{1}{\eta_{dech}} P_{batt}^+(T) + \eta_{ch} \cdot P_{batt}^-(T) \right)$$

avec

$$P_{batt}^+(T) = \begin{cases} P_{batt}(T) & \text{si } P_{batt}(T) > 0 \\ 0 & \text{si } P_{batt}(T) \leq 0 \end{cases}$$

et

$$P_{batt}^-(T) = \begin{cases} P_{batt}(T) & \text{si } P_{batt}(T) < 0 \\ 0 & \text{si } P_{batt}(T) \geq 0 \end{cases}$$

où  $\eta_{ch}$  et  $\eta_{dech}$  sont respectivement le rendement de charge et de décharge de la batterie 2 et  $Te$  est le pas d'échantillonnage de la modélisation de la batterie 5. La modélisation de la batterie 5 est un modèle simplifié donné à titre purement illustratif, des modèles plus complexes et plus fiables de batterie pouvant être envisagés, dans lesquels la trajectoire de référence de l'état de charge  $SOC\_ref(t)$  en sortie n'est pas exprimé linéairement en fonction de la puissance de charge ou de décharge.

Toutefois, la compensation des écarts de production de la source de production par rapport à sa prévision peut engendrer des déviations de l'état de charge  $SOC(t)$  par rapport à sa trajectoire optimisée  $SOC\_ref(t)$ , qui en se cumulant peuvent amener l'état de charge  $SOC(t)$  vers ses limites d'épuisement ou de saturation de la batterie 2. Dans de tels cas, la batterie 2 ne pouvant plus charger ou décharger, les fluctuations de la production de la source intermittente seront directement transmises au réseau électrique.

- Afin d'éviter ces situations, la centrale de pilotage 1 est adaptée pour mettre en œuvre une régulation par asservissement en boucle fermée de l'état de charge SOC(t) pour imposer le suivi de la trajectoire de référence de l'état de charge de la batterie SOC\_ref(t). Cette régulation par asservissement en boucle fermée de l'état de charge SOC(t) est mise en œuvre en cas de dérive de l'état de charge de la batterie par rapport à la trajectoire de référence de l'état de charge de la batterie SOC\_ref(t), la dérive de l'état de charge correspondant au dépassement d'une bande morte définie autour d'une valeur de référence d'état de charge SOC(t) de la batterie 2.
- 5
- 10 La centrale de pilotage est adaptée pour que la puissance électrique totale fournie au réseau approche au mieux la consigne de puissance totale Prod(T) tout en évitant la dérive de l'état de charge SOC(t) de la batterie.

En effet, une déviation de l'état de charge SOC(t) de la batterie 2 par rapport à sa référence, tolérée pour des niveaux de charge moyens, devient problématique pour des niveaux proches des limites de stockage de la batterie 2, pouvant conduire à l'épuisement ou la saturation de la batterie 2. Dans les faits, une telle situation se traduit par la transmission des fluctuations de la source de production intermittente sur le réseau électrique, la batterie 2 étant alors incapable de les compenser.

20 C'est pourquoi la régulation par asservissement en boucle fermée de l'état de charge SOC(t) s'active en cas du dépassement par l'état de charge SOC(t) d'une bande morte définie autour d'une valeur de référence d'état de charge SOC(t) de la batterie 2. Cette valeur de référence est de préférence sa valeur moyenne, et la bande morte est définie avec hystérésis autour de cette valeur moyenne définie par :

$$SOC\_moy = \frac{SOC\_sup + SOC\_inf}{2}$$

où SOC\_sup et SOC\_inf sont respectivement les limites supérieure et inférieure de l'état de charge SOC(t).

- 30 De préférence, les limites supérieure et inférieure de l'état de charge sont mises à jour en fonction d'un historique de l'état de charge SOC(t), afin de prendre en compte les variations des limites physiques de stockage de la batterie 2.

Cette régulation par asservissement en boucle fermée se charge de réguler l'état de charge  $SOC(t)$  pour suivre la trajectoire de référence  $SOC_{ref}(T)$  en corrigeant dynamiquement la commande de puissance instantanée  $P_{batt}(t)$  à charger ou à décharger par la batterie 2. Pour un état de charge bas (respectivement haut), les écarts positifs (respectivement négatifs) entre l'état de charge  $SOC(t)$  mesuré et sa trajectoire de référence  $SOC_{ref}(T)$  sont tolérés, et seuls les écarts négatifs (respectivement positifs) sont compensés. Les épuisements et les saturations sont alors évités en forçant le suivi de la trajectoire de référence de l'état de charge  $SOC_{ref}(t)$  déterminée au moyen de la modélisation de la batterie et les consignes envoyées par les optimiseurs.

Ceci est réalisé par l'intermédiaire d'une réponse transitoire de la batterie 2 dont le comportement dynamique (temps de réponse, dépassement, écart en régime permanent, etc.) est maîtrisé par les paramètres de configuration ajustables. Cette régulation temps-réel fonctionne à un pas d'échantillonnage de l'ordre de la seconde (entre 1 et 10 secondes), fixé en fonction de la fréquence d'acquisition et de traitement des mesures.

En contraste, la consigne de puissance totale  $Prod(T)$  et la consigne optimisée de puissance de batterie  $P_{batt}(T)$  ont un pas d'échantillonnage beaucoup plus long, au moins d'un facteur dix ou cent. Typiquement, ce pas d'échantillonnage est d'au moins 30 minutes. En effet, ces consignes résultent de mécanismes d'optimisation journalier et infra-journalier, mais ne sont pas instantanés. On note ainsi avec  $T$  les instants correspondants à des paliers d'échantillonnage au moins infra-journalier, et  $t$  les instants correspondants à des paliers d'échantillonnage instantanés, de l'ordre de 1 à 10 secondes.

Ainsi, la consigne de puissance totale  $Prod(T)$  suit une trajectoire, et le pas de la régulation par asservissement en boucle fermée de l'état de charge est inférieur d'au moins un facteur cent par rapport au pas de la trajectoire suivie par la consigne de puissance totale  $Prod(T)$ .

La figure 2 illustre un mode de réalisation possible de la régulation mise en œuvre dans le module de maintien de charge 4. Une mesure instantanée de l'état de charge  $SOC(t)$  de la batterie 2 est acquise ou fournie au module de maintien de charge 4. L'état

de charge SOC(t) est comparé à la trajectoire de référence d'état de charge SOC\_ref(t) selon:

$$\varepsilon = \text{SOC\_ref}(t) - \text{SOC}(t)$$

- 5 L'écart  $\varepsilon$  qui en résulte n'est pris en compte pour qu'en fonction du niveau de l'état de charge SOC(t) par rapport à un niveau moyen encadré par une bande morte.

La centrale de pilotage 1 met ainsi en œuvre un traitement différent pour un suivi de trajectoire de référence de l'état de charge de la batterie SOC\_ref(t) qui éloigne  
10 l'état de charge SOC(t) des limites de la batterie 2, et pour un suivi de trajectoire de référence de l'état de charge de la batterie SOC\_ref(t) qui rapproche l'état de charge SOC(t) des limites de la batterie 2. Dans le premier cas, la régulation par asservissement en boucle fermée de l'état de charge SOC(t) est mise en œuvre, tandis que dans le second cas, la régulation par asservissement en boucle fermée de  
15 l'état de charge n'est pas mise en œuvre.

Dans le mode de réalisation illustré, l'écart  $\varepsilon$  entre la trajectoire de référence d'état de charge SOC\_ref(t) et l'état de charge SOC(t) est fourni à deux dispositifs à seuil 6,  
7, qui ne transmettent que les écarts  $\varepsilon$  négatifs ou positifs, respectivement. Ces deux  
20 dispositifs à seuil 6, 7 constituent des moyens de limitation de la régulation par asservissement en boucle fermée de l'état de charge SOC(t) aux seuls suivis de la trajectoire de référence de l'état de charge de la batterie SOC\_ref(t) qui éloignent l'état de charge SOC(t) des limites de la batterie.

25 Un commutateur 8 effectue la commutation entre les dispositifs à seuil 6, 7 et un état déconnecté, en fonction de l'état de charge SOC(t), pour transmettre, soit les écarts positifs en cas de connexion avec le dispositif à seuil 6, soit les écarts négatifs en cas de connexion avec le dispositif à seuil 7, soit rien, au correcteur Proportionnel-Intégral 9.

30

Dans le cas où l'état de charge de la batterie SOC(t) se situe à l'intérieur d'une bande morte centrée sur une valeur moyenne de l'état de charge SOC\_moy, le commutateur 8 ne transmet aucun écart (position centrale sur la figure 2).

Dans le cas où l'état de charge  $SOC(t)$  de la batterie est supérieur à une limite haute correspondant au dépassement par la borne supérieure de la bande morte centrée sur la valeur moyenne de l'état de charge  $SOC_{moy}$ , alors le commutateur 8 établit une connexion entre le dispositif à seuil 6 et le correcteur 9. Il s'agit de la configuration illustrée par la figure 2. La batterie 2 est alors proche de sa saturation, et menace de ne plus être en mesure d'assurer son rôle de compensation, par l'impossibilité d'absorber un supplément d'énergie.

Le dispositif à seuil 6 ne laisse passer que les écarts  $\varepsilon$  négatifs, les autres étant ramenés à zéro, le correcteur 9 n'a d'entrées non nulles que lorsque l'état de charge de la batterie  $SOC(t)$  est supérieur à la trajectoire de référence  $SOC_{ref}(t)$ . Dans ce cas, la régulation mise en œuvre par le correcteur 9 vise à ramener l'état de charge  $SOC(t)$  vers la trajectoire de charge  $SOC_{ref}(t)$ , qui lui est inférieur, ce qui correspond à une baisse de l'énergie stockée dans la batterie 2.

A l'inverse, si l'état de charge de la batterie  $SOC(t)$  est inférieur à la trajectoire de référence  $SOC_{ref}(t)$ , l'écart  $\varepsilon$  est positif, et, en raison du dispositif à seuil 6, le correcteur reçoit une entrée nulle, de sorte qu'aucune correction n'est apportée.

De la sorte, pour un état de charge trop haut de la batterie, les écarts  $\varepsilon$  positifs entre la trajectoire de charge  $SOC_{ref}(t)$  et l'état de charge  $SOC(t)$  sont tolérés, tandis que les écarts  $\varepsilon$  négatifs sont compensés.

Lorsque le suivi de la trajectoire de référence  $SOC_{ref}(t)$  entraîne une demande de stockage d'énergie à la batterie 2, c'est-à-dire lorsque l'écart  $\varepsilon$  est positif, ce suivi n'est plus assuré. En revanche, lorsque le suivi de la trajectoire de référence  $SOC_{ref}(t)$  entraîne une diminution de l'énergie stockée dans la batterie 2, c'est-à-dire lorsque l'écart est négatif, le suivi de la trajectoire de référence  $SOC_{ref}(t)$  permet d'éloigner l'état de charge des limites physiques de stockage, et donc de conserver la capacité de la batterie 2 à absorber les fluctuations.

De la même manière, dans le cas où l'état de charge  $SOC(t)$  de la batterie est inférieur à une limite basse correspondant au dépassement par la borne inférieure d'une bande morte centrée sur une valeur moyenne de l'état de charge  $SOC_{moy}$ , alors le commutateur 8 établit une connexion entre le dispositif à seuil 7 et le



correcteur 9. La batterie 2 est alors fortement déchargée, et menace de ne plus être en mesure d'assurer son rôle de compensation, par manque d'énergie stockée.

Le dispositif à seuil 7 ne laisse passer que les écarts  $\varepsilon$  positifs, les autres étant ramenés à zéro, le correcteur 9 n'a d'entrées non nulles que lorsque l'état de charge de la batterie  $SOC(t)$  est inférieur à la trajectoire de référence  $SOC_{ref}(t)$ . Dans ce cas, la régulation mise en œuvre par le correcteur 9 vise à ramener l'état de charge  $SOC(t)$  vers la trajectoire de charge  $SOC_{ref}(t)$ , qui lui est supérieur, ce qui correspond à une hausse de l'énergie stockée dans la batterie 2.

10

A l'inverse, si l'état de charge de la batterie  $SOC(t)$  est supérieur à la trajectoire de référence  $SOC_{ref}(t)$ , l'écart  $\varepsilon$  est négatif, et, en raison du dispositif à seuil 7, le correcteur reçoit une entrée nulle, de sorte qu'aucune correction n'est apportée. Ainsi, pour un état de charge trop bas de la batterie, les écarts  $\varepsilon$  négatifs entre la trajectoire de charge  $SOC_{ref}(t)$  et l'état de charge  $SOC(t)$  sont tolérés, tandis que les écarts  $\varepsilon$  positifs sont compensés.

15

De la sorte, lorsque le suivi de la trajectoire de référence  $SOC_{ref}(t)$  entraîne une demande de puissance à la batterie 2, c'est-à-dire lorsque l'écart  $\varepsilon$  est négatif, ce suivi n'est plus assuré. En revanche, lorsque le suivi de la trajectoire de référence  $SOC_{ref}(t)$  entraîne une augmentation de l'énergie stockée dans la batterie 2, c'est-à-dire lorsque l'écart est positif, le suivi de la trajectoire de référence  $SOC_{ref}(t)$  permet d'éloigner l'état de charge des limites physiques de stockage, et donc de conserver la capacité de la batterie 2 à absorber les fluctuations.

25

Une telle approche permet d'éviter une dérive de l'état de charge  $SOC(t)$  vers les limites (basse et haute) physiques de stockage.

Le correcteur 9 calcule une consigne de puissance de batterie en boucle fermée ( $P_{batt\_BF}(t)$ ), qui est additionnée à la consigne de puissance de batterie en boucle ouverte ( $P_{batt\_BO}(t)$ ) pour donner la commande instantanée de batterie  $P_{batt}(t)$ , qui est appliquée à la batterie 2 pour la commander.

30

Ainsi, la centrale de pilotage commande la batterie 2 au moyen d'une commande instantanée de puissance  $P_{batt}(t)$  déterminée à partir:

35

- d'une consigne de puissance de batterie en boucle fermée  $P_{batt\_BF}(t)$  en sortie de la boucle de régulation, et
- d'une consigne de puissance de batterie en boucle ouverte  $P_{batt\_BO}(t)$  correspondant à la différence entre la consigne de production totale  $Prod(T)$  et la production instantanée  $Prod\_f(t)$  de la source de production électrique intermittente.

Le correcteur 9 utilisé pour la régulation de l'état de charge  $SOC(t)$  est un filtre Proportionnel-Intégrale (PI) qui permet d'ajuster le comportement transitoire de la réaction « anticipative ».

- 10 Les deux paramètres  $K_p$  (gain proportionnel) et  $K_i$  (gain intégral) du correcteur 9 déterminent le temps de réponse et la bande passante du système bouclé ainsi que l'amplitude de la consigne de puissance de batterie en boucle fermée ( $P_{batt\_BF}(t)$ ). Plus  $K_p$  et  $K_i$  sont élevés et plus la réaction est accélérée en dépit d'une commande à forte amplitude. L'effet des variations de la consigne de puissance de batterie en
- 15 boucle ouverte ( $P_{batt\_BO}(t)$ ) sur la consigne de puissance de batterie en boucle fermée  $P_{batt\_BF}(t)$ , par suite sur la puissance totale fournie au réseau, est moins filtré.

- En revanche et pour de faibles valeurs de  $K_p$  et  $K_i$ , l'effet des variations de la consigne de puissance de batterie en boucle ouverte  $P_{batt\_BO}(t)$  sur la consigne de
- 20 puissance de batterie en boucle fermée  $P_{batt\_BF}(t)$  est négligeable mais le temps de réponse de la réaction est plus long. Le réglage de ces paramètres se fait en fonction de la réponse désirée, de la fréquence des variations de  $P_{batt\_BO}(t)$  qui sont directement liés aux fluctuations de la production de la source de production électrique intermittente et des exigences de l'exploitant de la batterie 2 en termes
- 25 de sollicitations de la batterie 2 et de durée de vie.

- L'invention concerne également une installation de production électrique comportant une batterie 2 de stockage d'énergie destinée à être couplée à une source de production électrique intermittente pour suivre une consigne de puissance totale, ladite installation comportant une centrale de pilotage 1 selon l'invention. De
- 30 préférence, l'installation comporte en outre une source de production électrique intermittente.

L'invention concerne aussi un procédé de pilotage de la batterie de stockage conforme à la mise en œuvre de la centrale de pilotage selon l'invention.

## Revendications

1. Centrale de pilotage d'une batterie(2) de stockage d'énergie destinée à être  
5 couplée à une source de production électrique intermittente pour fournir à un réseau d'énergie électrique une puissance électrique totale approchant une consigne de puissance totale (Prod (T)) suivant un plan de production annoncé à l'avance au gestionnaire du réseau,  
caractérisée en ce que la centrale de pilotage (1) est adaptée pour déterminer une  
10 trajectoire de référence de l'état de charge de la batterie (SOC\_ref(t)) à partir d'une modélisation de la batterie(5) et d'une consigne optimisée de puissance de batterie (Pbatt(T)), ladite consigne optimisée de puissance de batterie (Pbatt(T)) étant déterminée à partir de la consigne de puissance totale (Prod(T)), et  
en ce que la centrale de pilotage (1) est adaptée pour mettre en œuvre une  
15 régulation par asservissement en boucle fermée de l'état de charge (SOC(t)) de la batterie (5) pour imposer le suivi par l'état de charge (SOC(t)) de la trajectoire de référence de l'état de charge de la batterie (SOC\_ref(t)).
2. Centrale de pilotage selon la revendication précédente, ladite centrale étant  
20 adaptée pour que la puissance électrique totale fournie au réseau approche au mieux la consigne de puissance totale (Prod(T)) tout en évitant la dérive de l'état de charge (SOC(t)).
3. Centrale de pilotage selon l'une des revendications précédentes, ladite centrale  
25 étant adaptée pour que la régulation par asservissement en boucle fermée de l'état de charge soit mise en œuvre en cas de dérive de l'état de charge (SOC(t)) de la batterie par rapport à la trajectoire de référence de l'état de charge.
4. Centrale de pilotage selon la revendication précédente, ladite centrale étant  
30 adaptée pour que la dérive de l'état de charge corresponde au dépassement d'une bande morte définie autour d'une trajectoire de référence de l'état de charge (SOC(t)) de la batterie(2).
5. Centrale de pilotage selon l'une des revendications précédentes, comprenant des  
35 moyens de limitation (6,7) de la régulation par asservissement en boucle fermée de

l'état de charge aux seuls suivis de la trajectoire de référence de l'état de charge de la batterie ( $SOC_{ref}(t)$ ) qui éloignent l'état de charge ( $SOC(t)$ ) des limites de la batterie.

- 5 6. Centrale de pilotage selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle la régulation par asservissement en boucle fermée de l'état de charge prend en entrée la trajectoire de référence de l'état de charge ( $SOC_{ref}(t)$ ) et l'état de charge de la batterie ( $SOC(t)$ ) pour fournir en sortie une consigne de puissance de batterie en boucle fermée ( $P_{batt\_BF}(t)$ ).
- 10 7. Centrale de pilotage selon l'une des revendications précédentes, ladite centrale de pilotage commandant la batterie (2) au moyen d'une commande instantanée de puissance ( $P_{batt}(t)$ ) déterminée à partir
- d'une consigne de puissance de batterie en boucle fermée ( $P_{batt\_BF}(t)$ ) en
- 15 sortie de la boucle de régulation, et
- d'une consigne de puissance de batterie en boucle ouverte ( $P_{batt\_BO}(t)$ ) correspondant à la différence entre la consigne de production totale ( $Prod(T)$ ) et la production instantanée ( $Prod_f(t)$ ) de la source de production électrique intermittente.
- 20 8. Centrale de pilotage selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la consigne de puissance totale ( $Prod(T)$ ) suit une trajectoire, et le pas de la régulation en boucle fermée de l'état de charge est inférieur d'au moins un facteur cent par rapport au pas de la trajectoire suivie par la consigne de puissance totale ( $Prod(T)$ ).
- 25 9. Installation de production électrique comportant une batterie (2) de stockage d'énergie destinée à être couplée à une source de production électrique intermittente pour fournir à un réseau d'énergie électrique une puissance électrique totale approchant une consigne de puissance totale ( $Prod(T)$ ) suivant un plan de
- 30 production annoncé à l'avance au gestionnaire du réseau, caractérisé en ce que ladite installation comporte une centrale de pilotage (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes.
- 35 10. Installation de production électrique selon la revendication précédente, comportant en outre une source de production électrique intermittente.

11. Procédé de pilotage d'une batterie (2) de stockage d'énergie destinée à être couplée à une source de production électrique intermittente pour fournir à un réseau d'énergie électrique une puissance électrique totale approchant une consigne de puissance totale (Prod (T)) suivant un plan de production annoncé à l'avance au gestionnaire du réseau,
- 5 caractérisé en ce qu'une trajectoire de référence de l'état de charge de la batterie (SOC\_ref(t)) est déterminée à partir d'une modélisation de la batterie (5) et d'une consigne optimisée de puissance de batterie (Pbatt(T)), ladite consigne optimisée de
- 10 puissance de batterie (Pbatt(T)) étant déterminée à partir de la consigne de puissance totale (Prod(T)), et
- une régulation par asservissement en boucle fermée de l'état de charge est mise en œuvre pour imposer le suivi par l'état de charge SOC(t) de la trajectoire de référence de l'état de charge de la batterie (SOC\_ref(t)).
- 15
12. Produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution des étapes du procédé selon la revendication 11, lorsque ledit programme est exécuté sur un ordinateur.

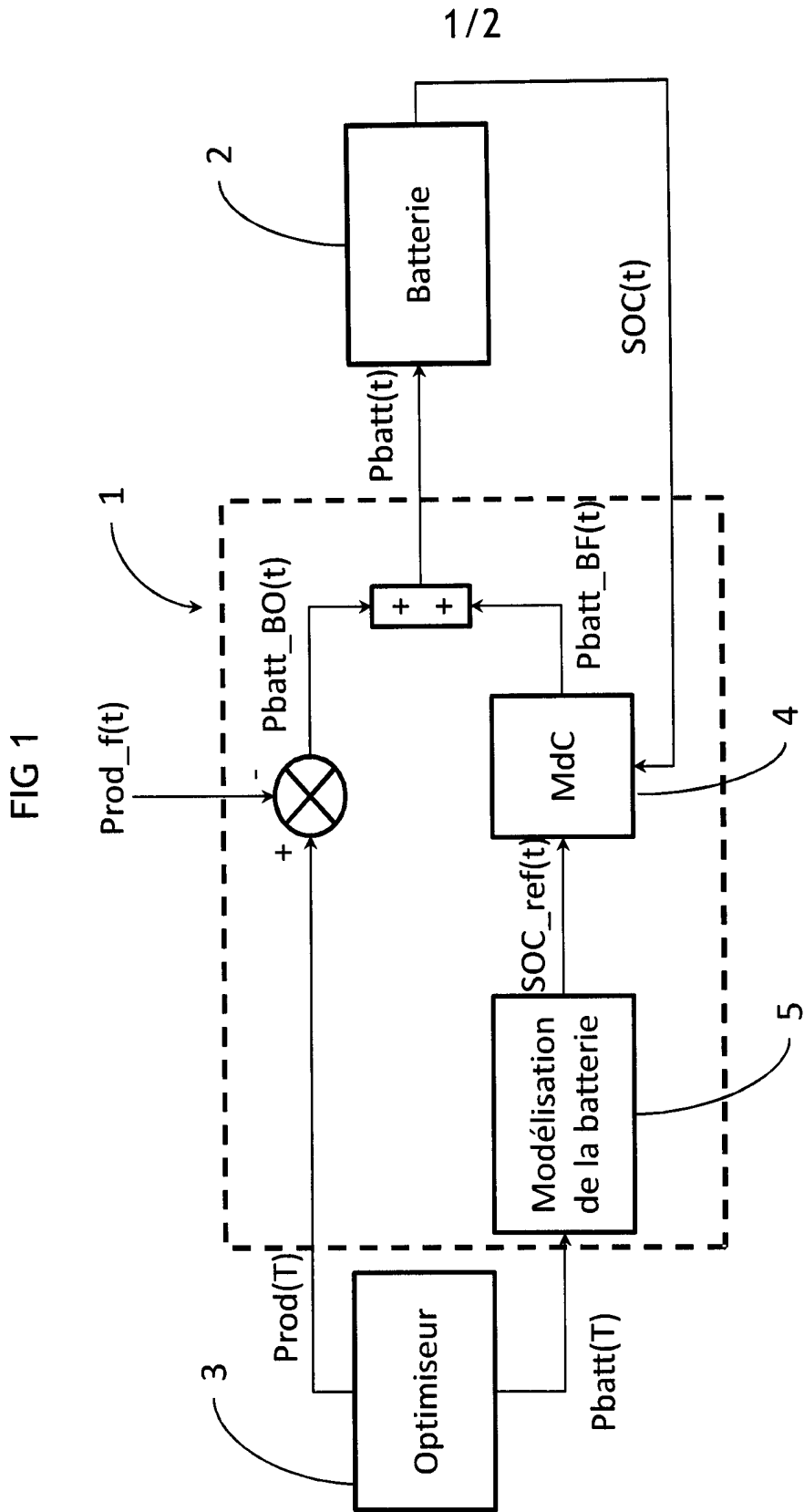
BREVET D'INVENTION

Centrale de pilotage d'une batterie de stockage d'énergie

ABREGE DESCRIPTIF

L'invention concerne une centrale de pilotage, et le procédé de commande associé, d'une batterie (2) de stockage d'énergie destinée à être couplée à une source de production électrique intermittente pour fournir à un réseau d'énergie électrique une puissance électrique totale approchant une consigne de puissance totale ( $Prod(T)$ ) suivant un plan de production, la centrale de pilotage (1) est adaptée pour déterminer une trajectoire de référence de l'état de charge de la batterie ( $SOC_{ref}(t)$ ) à partir d'une modélisation de la batterie (5) et d'une consigne optimisée de puissance de batterie ( $P_{batt}(T)$ ), ladite consigne optimisée de puissance de batterie ( $P_{batt}(T)$ ) étant déterminée à partir de la consigne de puissance totale ( $Prod(T)$ ), et la centrale de pilotage (1) est adaptée pour mettre en œuvre une régulation en boucle fermée de l'état de charge de la batterie pour imposer le suivi par l'état de charge ( $SOC(t)$ ) de la trajectoire de référence de l'état de charge de la batterie ( $SOC_{ref}(t)$ ).

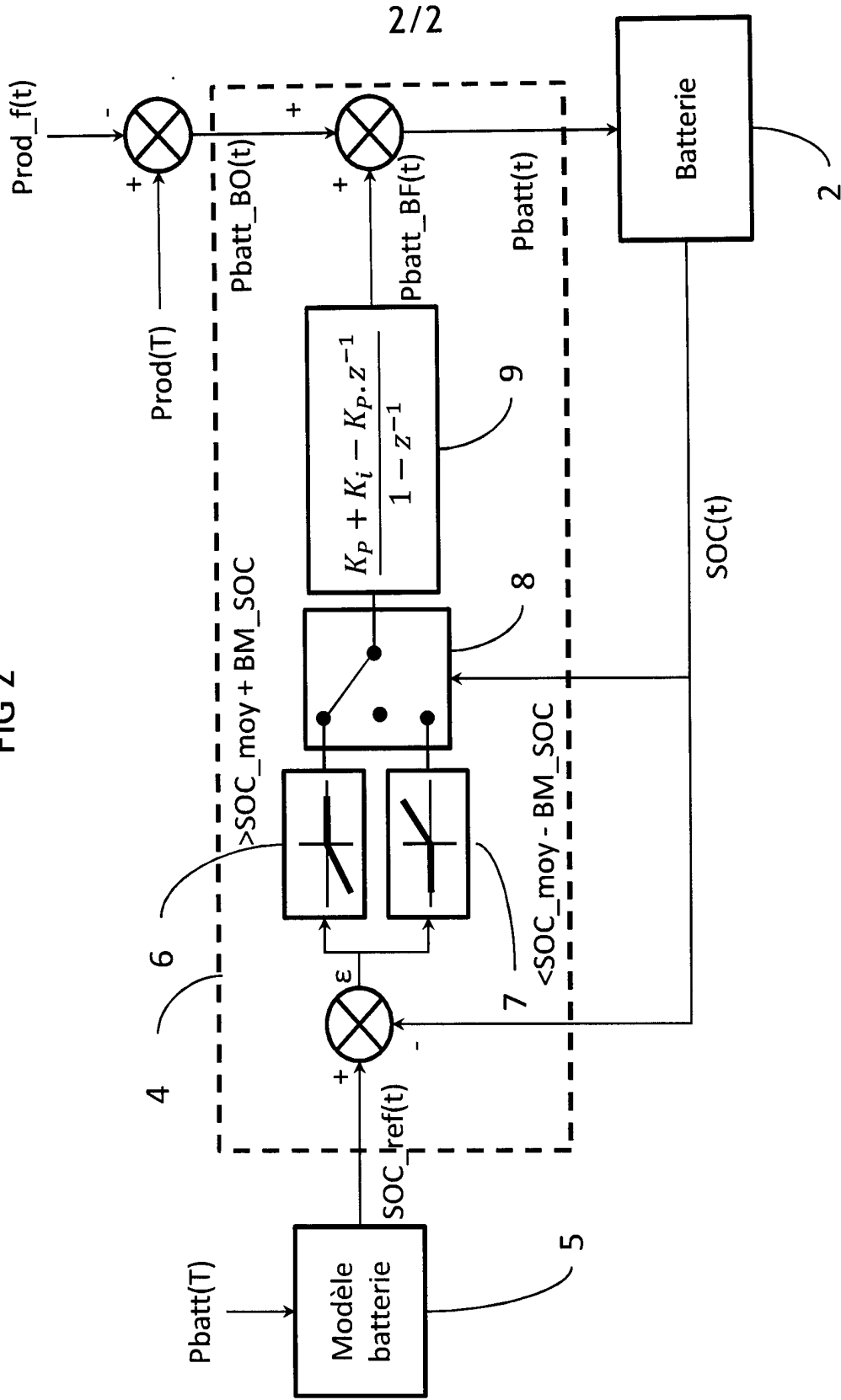
Figure pour l'abrégé : figure 1



ml



FIG 2



*free*

ROYAUME DU MAROC  
\*\*\*\*\*  
OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE  
\*\*\*\*\*

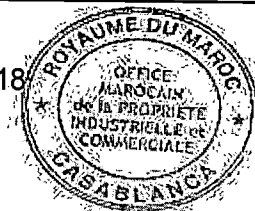


المملكة المغربية  
-----  
المكتب المغربي  
للملكية الصناعية و التجارية  
-----

**RAPPORT DE RECHERCHE DEFINITIF AVEC OPINION  
SUR LA BREVETABILITE**

*Établi conformément à l'article 43.2 de la loi 17-97 relative à la  
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et  
complétée par la loi 23-13*

<b>Renseignements relatifs à la demande</b>	
N° de la demande : 37933	Date de dépôt : 08/10/2013
Déposant : ELECTRICITE DE FRANCE	Date d'entrée en phase nationale : 16/03/2015
	Date de priorité: 09/10/2012
Intitulé de l'invention : CENTRALE DE PILOTAGE D'UNE BATTERIE DE STOCKAGE D'ÉNERGIE	
<b>Classement de l'objet de la demande :</b> CIB : H 02J 3/32, H 02J 7/04, H 02J 7/00	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :	
Partie 1 : Considérations générales	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport <input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité	
Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité	
<input type="checkbox"/> Cadre 3 : Remarques de clarté <input type="checkbox"/> Cadre 4 : Observations à propos de revendications modifiées qui s'étendent au-delà du contenu de la demande telle qu'initialement déposée <input checked="" type="checkbox"/> Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle <input type="checkbox"/> Cadre 6 : Défaut d'unité d'invention	
Examineur: M. EL KINANI	Date d'établissement du rapport : 16/03/2018
Téléphone: (+212) 5 22 58 64 14	



**Partie 1 : Considérations générales****Cadre 1 : base du présent rapport**

Les pièces suivantes servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Demande telle qu'initialement déposée
- Demande modifiée suite à la notification du rapport de recherche préliminaire :
- Description/ Description limitée  
Pages
  - Revendications
  - Planches de dessin  
Pages
- Observations à l'appui des revendications maintenues
- Observations des tiers suite à la publication de la demande
- Réponses du déposant aux observations des tiers
- Nouveaux documents constituant des antériorités :
- Suite à la recherche complémentaire (Couvrant les documents de l'état de la technique qui n'étaient pas disponibles à la date de la recherche préliminaire)
  - Suite à la recherche additionnelle (couvrant les éléments n'ayant pas fait l'objet de la recherche préliminaire)
- Observations à l'encontre de la décision de rejet

**Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité****Cadre 5: Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle**

Nouveauté (N)	Revendications 1-12 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive (AI)	Revendications 1-12 Revendications aucune	Oui Non
Possibilité d'application Industrielle (PAI)	Revendications 1-12 Revendications aucune	Oui Non

D1 : US2012/074909

**1. Nouveauté (N) :**

Aucun des documents précités ne divulgue un système de commande pour une batterie de stockage destinée à être couplée à une source de production électrique intermittente pour suivre une consigne total de puissance selon un plan de production donné au réseau gestionnaire à l'avance selon les caractéristiques techniques de la revendication indépendante 1.

D'où l'objet des revendications 1-12 est nouveau au sens de article 26 la loi N° 17-97 tel que modifiée et complétée par la loi 23-13.

**2. Activité inventive (AI) :**

Le document D1 considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1 décrit (les références entre parenthèses s'appliquent à ce document) un système de commande (14) pour une batterie de stockage d'énergie (16) destinée à être couplée à une source de production électrique intermittente (3).

L'objet de la revendication 1 diffère alors du système connu de D1 en ce que le système de commande étant apte à :

- Déterminer un trajet de référence pour un état de charge de la batterie sur la base d'une modélisation de la batterie et une valeur de consigne optimisée pour une puissance de la batterie, ladite consigne optimisée pour la puissance de la batterie étant déterminée sur la base de la consigne de puissance totale suivant un plan de production pré-annoncé et ;
- Mettre en œuvre une régulation en boucle fermée de l'état de charge de la batterie pour la forcer à suivre le trajet de référence de l'état de charge.

Le problème technique objectif que la présente invention se propose de résoudre peut donc être considéré comme éviter la dérive de l'état de charge de la batterie dans le but de garantir une puissance totale conforme aux exigences de production pré-annoncée.

Le système de commande (14) pour batterie de stockage d'énergie (16) de D1 repose uniquement sur la valeur courante de l'état de charge et les probabilités de charge/décharge de ladite batterie selon des critères environnementaux pour déclencher une charge/décharge afin de maintenir l'état de charge de ladite batterie dans un intervalle déterminé.

Il est alors considéré qu'un homme du métier ayant connaissance de D1 ne saurait pas mettre en place un système de commande de la manière décrite par la revendication 1. Par conséquent, l'objet des revendications 1-12 est considéré comme inventif au sens de l'article 28 de la loi 17/97 telle que modifiée et complétée par la loi 23/13.

**3. Possibilité d'application industrielle (PAI) :**

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.