



(43) Date de la publication internationale
12 octobre 2017 (12.10.2017)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2017/174909 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H02J 3/32 (2006.01) H02J 3/38 (2006.01)
G06Q 50/06 (2012.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2017/050768

(22) Date de dépôt international :
3 avril 2017 (03.04.2017)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1652932 4 avril 2016 (04.04.2016) FR

(71) Déposant : RENAULT S.A.S. [FR/FR]; 13-15 Quai Le Gallo, 92100 BOULOGNE BILLANCOURT (FR).

(72) Inventeur : BEN-AICHA, Fehd; 5 Rue André Leroi Gourhan, 78250 GUYANCOURT (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))

(54) Title : METHOD FOR OPTIMIZING THE ELECTRICITY CONSUMPTION OF AN INSTALLATION

(54) Titre : PROCEDE D'OPTIMISATION DE LA CONSOMMATION ELECTRIQUE D'UNE INSTALLATION

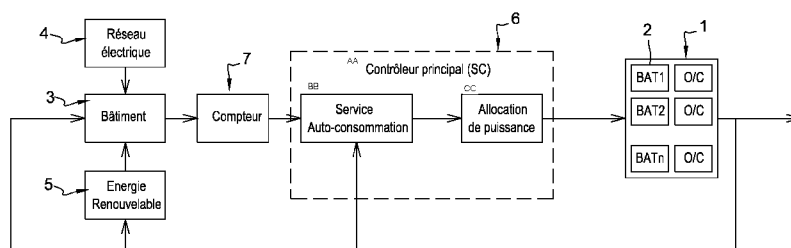


Fig. 3

- 3 Building
- 4 Electrical grid
- 5 Renewable energy
- AA Main controller (SC)
- BB Self-consumption service
- CC Power allocation
- 7 Counter

(57) Abstract : The invention relates to a method for optimizing the electricity consumption of an installation (3) linked to an electricity supply grid, said installation also being linked to an energy storage system (1) that is capable of at least partially supplementing the electrical power delivered by the grid in a discharge phase or of storing electrical power delivered by the grid in a charge phase. The main feature of an optimization method according to the invention is that it comprises the following steps: - a step of evaluating an average amount of electrical power consumed by the installation (3) over a given period; - a step of charging or of discharging the storage system (1), so as to substantially smooth the electrical power delivered by the grid around the average power.

(57) Abrégé : L'invention se rapporte à un procédé d'optimisation de la consommation électrique

[Suite sur la page suivante]



d'une installation (3) reliée à un réseau de fourniture d'électricité, ladite installation étant également reliée à un système de stockage d'énergie (1) apte à compléter au moins partiellement la puissance électrique fournie par le réseau dans une phase de décharge ou à stocker de la puissance électrique fournie par le réseau dans une phase de charge. La principale caractéristique d'un procédé d'optimisation selon l'invention est qu'il comprend les étapes suivantes, - une étape d'évaluation d'une puissance électrique moyenne consommée par l'installation (3) sur une période donnée, - une étape de charge ou de décharge du système de stockage (1), de manière à lisser sensiblement la puissance électrique fournie par le réseau autour de la puissance moyenne.

PROCEDE D'OPTIMISATION DE LA CONSOMMATION ELECTRIQUE D'UNE INSTALLATION

L'invention se rapporte à un procédé d'optimisation de la
5 consommation électrique d'une installation.

A force d'être utilisées dans les véhicules, les batteries électriques finissent par s'user et à fournir moins d'énergie.

Le recyclage des batteries de véhicules électriques dans un environnement stationnaire est une solution envisageable pour une seconde
10 vie desdites batteries.

En effet, cette solution semble un compromis idéal pour les batteries n'ayant plus assez d'énergie pour une utilisation embarquée telle que les véhicules électriques, car elles fourniraient une autonomie insuffisante, mais assez pour être utilisées comme un générateur tampon capable à la fois
15 d'emmagasiner de l'énergie à moindre coût, et de la restituer aux moments les plus opportuns selon les besoins.

L'utilisation d'un système de stockage stationnaire permet de réduire la puissance consommée par une installation sur le réseau électrique du secteur. En effet, ledit stockage permet d'emmagasiner de l'énergie lorsqu'elle ne coûte
20 pas cher ou lorsqu'elle est abondante, comme lorsqu'elle est issue d'une source d'énergie renouvelable, et de la restituer lorsque le site en a le plus besoin.

Le défi qui se pose alors est celui de programmer les instants ainsi que les puissances de charge et de décharge du système de stockage, pour pouvoir
25 réduire la consommation électrique sur le secteur de l'installation. Cette démarche doit être conduite en prenant en considération les contraintes du système de stockage, comme par exemple l'énergie maximum de charge et de décharge, la puissance maximum de charge et de décharge, etc.

Dans le cadre de certains projets, il a été proposé un standard de
30 communication visant à diminuer la consommation globale d'électricité d'un ensemble de bâtiments reliés par un réseau électrique. Concrètement, un serveur central envoie des messages à des serveurs locaux situés dans des bâtiments consommateurs de courant, afin de leur demander de diminuer leur

consommation dans une plage horaire comprise entre un instant T_0 et un instant T_f .

A ce sujet, la demande US2015/0019036A1 divulgue un procédé mettant en œuvre des moyens permettant de satisfaire ce type de requête, c'est-à-dire de réduire concrètement la consommation de courant entre l'instant T_0 et l'instant T_f . Un inconvénient du procédé décrit dans ce document est que, en l'absence de réception d'un message émis par un serveur central, il est incapable de réduire de manière optimale la consommation électrique de l'installation. En effet, il ne met pas en œuvre des moyens appropriés capables de déterminer de façon autonome, les intervalles $[T_0, T_f]$ optimum sur lesquels il faudrait réduire la consommation de l'installation, ainsi que les valeurs de puissance optimales à respecter en charge et en décharge dans ces intervalles.

Un procédé d'optimisation de la consommation électrique d'une installation selon l'invention, s'affranchit des inconvénients relevés dans l'état de la technique, notamment de la réception de messages extérieurs, en proposant une gestion énergétique du bâtiment autonome, efficace et à moindre coût.

L'invention a pour objet un procédé d'optimisation de la consommation électrique d'une installation reliée à un réseau de fourniture d'électricité, ladite installation étant également reliée à un système de stockage d'énergie apte à compléter au moins partiellement la puissance électrique fournie par le réseau dans une phase de décharge ou à stocker de la puissance électrique fournie par le réseau dans une phase de charge. La principale caractéristique d'un procédé selon l'invention est qu'il comprend les étapes suivantes,

- une étape d'évaluation d'une puissance électrique moyenne consommée par l'installation (3) sur une période donnée,
- une étape de charge ou de décharge du système de stockage, de manière à lisser sensiblement la puissance électrique fournie par le réseau autour de la puissance moyenne.

Le principe d'un procédé d'optimisation selon l'invention est d'abaisser la consommation électrique de l'installation en provenance du réseau, en la complétant avec de l'énergie électrique fournie par un système de stockage comprenant des batteries électriques. Ce complément énergétique tient

5 compte de la consommation réelle en électricité de l'installation sur le réseau, et est donc déterminé de façon optimisée. Il ne s'agit pas d'un complément énergétique standard fourni de façon systématique, mais d'un complément qui est ajusté par rapport à la consommation en électricité de l'installation. Préférentiellement, les batteries électriques constituant le système de

10 stockage sont des batteries électriques de véhicules automobiles, qui sont recyclées car elles n'ont plus la capacité de remplir leur fonction au sein desdits véhicules. Un procédé d'optimisation selon l'invention propose d'utiliser l'énergie électrique en provenance du système de stockage de manière à lisser la consommation électrique de l'installation sur le réseau, sur une période

15 prédéfinie, autour de sa consommation moyenne sur ladite période. A titre d'exemple, la période prédéfinie peut aller de quelques heures à quelques jours. L'énergie électrique moyenne consommée par l'installation peut par exemple être mesurée et calculée automatiquement en temps réel, ou bien être déduite de consommations antérieures mesurées lors de périodes

20 identiques. Il est à noter que le terme « installation » est générique et désigne tout type de bâtiments susceptibles de consommer de l'électricité. Ainsi, une installation peut par exemple matérialiser un site industriel, ou une maison individuelle.

Avantageusement, l'étape de charge ou de décharge inclut d'évaluer la

25 puissance P de charge ou de décharge qui minimise le terme suivant :

$$\min_P J = \int_{T_0}^{T_f} (\overline{P_b} + P)^2 dt$$

Où :

- $\overline{P_b}$ est la puissance moyenne consommée par l'installation entre des instants T_0 et T_f ,

- P est la puissance stockée ou délivrée par le système de stockage en charge ou en décharge respectivement (positive en charge et négative en décharge).

De façon préférentielle, l'étape d'évaluation de la puissance électrique consommée par l'installation est réalisée par un report de la puissance consommée le jour précédent sur la même période si le jour est un jour de semaine, ou par un report de la puissance consommée le même jour le weekend précédent sur la même période, s'il s'agit d'un jour de weekend. De cette manière, la consommation électrique de l'installation sur une période donnée est supposée être identique à celle du jour précédent sur la même période s'il s'agit d'un jour de semaine. Pour un jour de week-end, on suppose que cette consommation est identique à celle du jour correspondant du week-end précédent.

Préférentiellement, le système de stockage est également apte à stocker de l'énergie issue d'une source d'énergie renouvelable.

De façon avantageuse, la source d'énergie renouvelable est de type photovoltaïque.

Avantageusement, un procédé selon l'invention comprend une étape de détermination de la puissance moyenne à fournir par le système de stockage de l'énergie renouvelable sur une période, ladite étape étant réalisée par un report de la puissance fournie par le système de stockage le jour précédent sur la même période si le jour est un jour de semaine, ou par un report de la puissance fournie par le système de stockage le même jour le weekend précédent sur la même période s'il s'agit d'un jour de weekend, un facteur correctif étant ajouté à ladite puissance reportée, pour tenir compte d'une éventuelle dispersion des conditions météorologiques d'un jour à l'autre. En effet, la météorologie présentant un caractère aléatoire, il est important de pouvoir corriger certaines disparités de celle-ci d'un jour à l'autre, pour crédibiliser et rendre plus fiable un procédé d'optimisation selon l'invention.

De façon préférentielle, la puissance fournie reportée à un instant donné d'un jour j , est calculée de la manière suivante :

$$P_j^{ss} = P_{j-1}^{ss} + k_p (P_{b,j} - P_{b,j-1})$$

Où,

P_{j-1}^{ss} est la puissance fournie au même instant du jour j-1,

5 $P_{b,j}$ est la puissance consommée audit instant du jour j,

$P_{b,j-1}$ est la puissance consommée au même instant du jour j-1,

k_p est un coefficient de correction adaptatif.

Préférentiellement, un procédé selon l'invention comprend une étape de prise en compte des périodes au cours desquelles l'énergie renouvelable est la plus abondante et en prenant en même temps en compte la variation de tarification de l'électricité du réseau électrique en fonction des heures creuses à tarif réduit ou des heures pleines à tarif plein, cette étape incluant de minimiser le paramètre,

$$\min_P J = \sum_{k=1}^N (\bar{P}_b + P_k)^2 T_s + \xi_1 \cdot C^{elec} - \xi_2 C^{renouvelable}$$

15

Où $C^{elec} = (p_{g1}P_1 + p_{g2}P_2 + \dots + p_{gN}P_N)$ représente le coût de l'électricité prélevé sur le secteur ; Où p_{gi} représente le prix de l'électricité à la discrétisation i de la journée. Ainsi, dans les cas d'une tarification variable de l'énergie entre une heure creuse et une heure pleine, nous pouvons par exemple avoir un prix horaire de 5 centimes entre 0h et 1h, de 8 centimes entre 7h et 20h, et de 5 centimes entre 20h et 23h.

20

$C^{renouvelable} = (p_{r1}P_1 + p_{r2}P_2 + \dots + p_{rN}P_N)$ représente le coût fictif apporté par l'énergie photovoltaïque ; p_{rk} représentant la disponibilité de l'énergie renouvelable à la discrétisation k de la journée.

25

$P = [P_1 \dots P_N]$ est le vecteur des puissances du système de stockage aux discrétisations k de la journée.

30

ξ_1, ξ_2 sont des paramètres de calibration qui permettent de faire l'arbitrage entre les différents termes du critère générale d'optimisation selon lequel on cherche à minimiser la variance de la consommation du site, le report de consommation heure creuse/heure pleine pour minimiser l'énergie

consommée sur le secteur ou la maximisation d'exploitation des énergies renouvelables.

Un procédé d'optimisation selon l'invention présente l'avantage de pouvoir réduire l'utilisation de l'électricité fournie par le réseau électrique du secteur et donc de réduire la facture d'électricité de ladite installation. Il a de plus l'avantage de favoriser l'utilisation des énergies renouvelables telles que par exemple l'énergie solaire sans être limité sur la nature de ladite énergie renouvelable. Il présente enfin l'avantage d'être rigoureux et fiable, car il prend en compte de façon précise les conditions météorologiques ainsi que le coût de l'électricité fournie par le réseau électrique.

Pour la prise en compte des conditions météorologiques, il y a plusieurs façons de faire :

- soit en connectant notre système à un système de prévision météorologique,
- soit on intègre dans nos stratégies des cartographies statistiques des données météorologiques.

On donne ci-après une description détaillée d'un procédé d'optimisation selon l'invention en se référant aux figures suivantes :

- La figure 1 est un diagramme illustrant un exemple de la consommation électrique d'une installation et de l'apport potentiel d'une source d'énergie renouvelable,
- La figure 2 est un logigramme illustrant les principales sources d'énergie mises en œuvre dans un procédé d'optimisation selon l'invention,
- La figure 3 est un logigramme décrivant les principaux éléments pour la mise en œuvre d'un procédé d'optimisation selon l'invention,
- La figure 4 est un diagramme montrant une courbe illustrant un exemple de la consommation électrique d'une installation en fonction du temps et de l'image de ladite courbe que l'on souhaite obtenir avec un procédé d'optimisation selon l'invention,

- Les figures 5a, 5b et 5c sont trois diagrammes illustrant respectivement un exemple de variation au cours du temps de la puissance électrique consommée par l'installation, de la commande de la puissance de charge et de décharge d'un système de stockage d'énergie stationnaire, et de l'état de charge des batteries électriques constituant ledit système,
- La figure 6 est un diagramme illustrant schématiquement la variation au cours du temps du prix de l'électricité consommée par l'installation.

Le recyclage des batteries de véhicule électrique dans un environnement stationnaire est une solution envisageable pour une seconde vie des dites piles.

En effet cette solution semble un compromis idéal pour les batteries n'ayant plus assez d'énergie pour une utilisation embarquée telle que les véhicules électriques car elles ne fourniraient pas une autonomie suffisante, mais assez pour être considérées comme un générateur tampon capable à la fois d'emmagasiner de l'énergie à moindre coût, et de la restituer aux moments les plus opportuns selon les besoins.

En se référant à la figure 2, l'utilisation d'un système de stockage stationnaire 1 comprenant des batteries 2 électriques recyclées, permet de réduire la puissance consommée par une installation 3 sur le réseau électrique 4 du secteur. En effet, le stockage permet d'emmagasiner l'énergie lorsqu'elle ne coûte pas cher ou lorsqu'elle est abondante dans le cas par exemple d'une énergie renouvelable 5 de type photovoltaïque, et de la restituer lorsque l'installation 3 en a le plus besoin.

En se référant à la figure 1, la courbe 30 illustre un exemple de la consommation électrique totale d'une installation 3, la courbe 31 un exemple de l'énergie électrique consommée par ladite installation 3 sur le réseau électrique 4 du secteur et la courbe 32 un exemple de l'énergie électrique produite par une source énergétique renouvelable 5 de type photovoltaïque. Il est important de noter que lorsque l'installation 3 consomme de l'énergie électrique en provenance de la source renouvelable 5, la consommation électrique sur le réseau électrique 4 du secteur est significativement réduite.

Le terme « installation » est un terme générique couvrant un ou plusieurs bâtiments pouvant par exemple être industriel(s) ou domestique(s) comme une maison individuelle, et susceptible(s) de consommer de l'électricité.

5 Un procédé d'optimisation de la consommation électrique d'une installation selon l'invention, permet de programmer les instants ainsi que les puissances de charge et de décharge du système de stockage stationnaire 1 pour pouvoir réduire la puissance d'abonnement de l'installation 3. Ce but est notamment atteint en prenant en considération les contraintes liées au
10 système de stockage stationnaire 1 comprenant les batteries électriques 2, comme par exemple l'énergie maximale de charge et de décharge, l'état de charge maximal et minimal, etc.

En se référant à la figure 2, un procédé d'optimisation selon l'invention comprend une étape de mise en œuvre d'un système de stockage d'énergie
15 stationnaire 1 comprenant des batteries 2 recyclées et une étape de mise en œuvre d'une source d'énergie renouvelable 5 de type photovoltaïque. Lesdites batteries 2, qui sont raccordées au réseau électrique 4 de l'installation 3, sont connectées à des organes assurant la charge/décharge de l'énergie depuis et vers ledit réseau 4.

20 L'un des buts d'un procédé d'optimisation selon l'invention, est de pouvoir optimiser la gestion énergétique de l'installation 3, d'une façon automatique et réaliste, et avec le moindre coût. Autrement dit, ledit procédé va favoriser l'utilisation de l'énergie renouvelable 5 de façon à réduire la consommation électrique de l'installation 3 au niveau du réseau électrique.

25 En se référant à la figure 3, un contrôleur est alloué à chaque batterie 2 pour permettre d'assurer le pilotage bas niveau de ladite batterie 2.

Un contrôleur global 6 SC est mis en œuvre pour assurer le contrôle haut niveau du système de stockage stationnaire 1. C'est à ce niveau, par exemple, que l'on fait l'allocation de puissance individuellement pour chaque
30 batterie 2, afin de répondre à un besoin global en puissance électrique, demandé par l'installation 3. De façon conventionnelle, un compteur 7 permet de mesurer la consommation électrique de l'installation 3. Le contrôleur global 6 comprend au moins un calculateur permettant de piloter un procédé

d'optimisation selon l'invention, en prenant en compte tous les paramètres liés à la consommation électrique de l'installation 3, ainsi que les caractéristiques des batteries 2 du système de stockage stationnaire 1.

Voici la liste des notations des principaux paramètres qui vont être
5 utilisés pour la suite de la description détaillée.

P_b : puissance électrique consommée par l'installation,

P : puissance électrique du système de stockage stationnaire 1, qui est positive en charge et négative en décharge,

J : critère d'optimisation

10 $[T_0, T_f]$: intervalle de calcul de l'optimisation par exemple $[0h, 24h]$ (le lendemain)]

SOC : état de charge équivalent du système de stockage

SOC^{min} : SOC minimal au quel on permet la décharge.

SOC^{max} : SOC maximal au quel on permet la charge.

15 P_{dch}^{min} : puissance maximale de la décharge

P_{ch}^{max} : puissance maximale de la charge

T_s : pas d'échantillonnage de l'algorithme de recherche de la période $[T_0, T_f]$,
(par exemple 30mn).

En se référant à la figure 4, un procédé d'optimisation selon l'invention
20 comprend une étape de détermination de la consommation électrique de l'installation 3 au cours d'une période prédéfinie, pouvant par exemple être de 24heures, ladite consommation étant matérialisée par la courbe 8 sur le diagramme de ladite figure 4.

Le principe d'un procédé d'optimisation selon l'invention est d'ajouter
25 une puissance de charge ou de décharge (P) du système de stockage stationnaire 1 à la puissance (P_b) consommée par l'installation 3 de manière à lisser cette dernière.

Pour cela, nous retranchons de la valeur de la puissance électrique consommée par l'installation 3 sa valeur moyenne, et nous obtenons alors la
30 courbe 9. Ensuite nous cherchons à minimiser le terme

$$\min_P J = \int_{T_0}^{T_f} (\overline{P_b} + P)^2 dt$$

par ajout de la puissance de charge ou de décharge (P) afin de faire tendre la courbe 9 vers une droite parallèle à l'axe des abscisses. Le terme P_b correspond à la puissance électrique P_b consommée par l'installation 3, à laquelle a été retranchée la valeur moyenne de ladite consommation sur une période prédéfinie.

Il faut également tenir compte des contraintes du système de stockage. En effet, la capacité de stockage de l'ensemble des batteries 2 est comprise entre une valeur minimale d'état de charge SOC_{min} et une valeur maximale SOC_{max} .

De plus, le système de stockage est fonctionnel uniquement pour une plage donnée de puissance de charge et de décharge.

On peut alors formuler le problème d'autoconsommation de l'installation 3 comme étant un problème d'optimisation sous contrainte qui peut être écrit comme suit :

$$\begin{aligned} \min_P J &= \int_{T_0}^{T_f} (\overline{P_b} + P)^2 dt \\ \frac{dSOC}{dt} &= \frac{P}{EBat,max} \\ SOC^{min} &\leq SOC \leq SOC^{max} \\ P_{dch}^{max} &\leq P \leq P_{ch}^{max} \end{aligned}$$

Pour résoudre ce problème, nous allons procéder à une discrétisation de ces équations.

$$\begin{aligned} \min_P J &= \sum_{k=1}^N (\bar{P}_b + P_k)^2 T_s \\ SOC_k - SOC_{k-1} - \frac{P_k}{E^{Bat,max}} &= 0 \\ SOC^{\min} &\leq SOC_k \leq SOC^{\max} \\ P_{dch}^{\min} &\leq P_k \leq P_{ch}^{\max} \end{aligned}$$

Qui peut se résoudre par la méthode du point intérieur (algorithme de Karuch-Khan-Tuker).

- 5 De cette manière, nous déterminons la puissance optimale du système de stockage 1, qui permet de lisser la consommation de l'installation 3, sauf que cet algorithme nécessite la connaissance a priori de la consommation électrique du bâtiment.

10 Pour ce faire, il est supposé que la puissance électrique consommée par l'installation 3 sur au moins une période est réalisée par un report de la puissance électrique consommée le jour précédent sur la même période si le jour est un jour de semaine, ou par un report de la consommation électrique consommée le même jour du weekend précédent sur la même période s'il s'agit d'un jour de weekend. Autrement dit, il est supposé que pour un jour de
15 la semaine, la consommation électrique sur une période donnée est identique à celle du jour précédent sur la même période. Pour un jour du weekend, il est supposé que la consommation électrique sur une période donnée est identique à celle du même jour du weekend précédent sur la même période.

20 Dans le cas d'une installation 3 qui dispose d'une source d'énergie renouvelable 5 du type « photovoltaïque », la puissance produite dépend essentiellement de la météorologie. On considère dans ce cas de figure, que la météorologie varie faiblement d'un jour à l'autre.

De cette manière, pour un jour de semaine nous déterminons la commande du système de stockage 1 en se basant sur la consommation
25 énergétique du jour précédent, et pour un jour du weekend en se basant sur la consommation énergétique du même jour mais du weekend précédent.

Cette stratégie est très adaptée aux sites où les consommations sont répétables d'un jour à l'autre.

En revanche, pour les cas où il y a une dispersion de la consommation électrique d'une journée à une autre, en raison d'une météorologie changeante, il convient d'introduire un facteur correctif au niveau de la prévision de ladite consommation électrique.

- 5 On corrige ainsi la commande calculée en prédictif pour un terme correctif instantané basé sur la consommation journalière du site comparé à celle du jour précédent au même moment :

$$P_j^{ss} = P_{j-1}^{ss} + k_p(P_{b,j} - P_{b,j-1})$$

- 10 Où, P_j^{ss} est la puissance du système de stockage au jour j au pas d'échantillonnage $k.T_s$

P_{j-1}^{ss} est la puissance du système de stockage au jour j-1 au pas d'échantillonnage $k.T_s$ (même moment de la journée)

$P_{b,j}$ est la puissance du bâtiment au jour j au pas d'échantillonnage $k.T_s$

- 15 $P_{b,j-1}$ est la puissance du bâtiment au jour j-1 au pas d'échantillonnage $k.T_s$ (même moment de la journée)

k_p est le coefficient de correction adaptatif (il permet d'adapter la consommation prévisionnelle avec une adaptation temps réelle de l'instant t la journée j ; cas d'un nuage qui passe ou d'une dispersion de consommation du bâtiment).

- 20 Le premier terme de l'expression précédente correspond à la prévision basée sur la valeur du jour précédent s'il s'agit d'un jour de semaine, et le deuxième terme correspond à un facteur correctif.

- 25 Les figures 5a, 5b et 5c illustrent sur un exemple, le résultat de la validation de l'algorithme précédemment décrit.

- Pour pouvoir appliquer la stratégie adaptative précédemment décrite, nous avons besoin de réserver une partie de l'énergie batterie et de la dédier à contrebalancer les perturbations qui peuvent apparaître d'un jour à l'autre sur la consommation de l'installation ou sur la production d'énergie renouvelable. Pour cela, dans la stratégie optimale de calcul de trajectoire de charge/décharge du système de stockage, en se référant à la figure 5c, nous
- 30 contrainsons le système 1 à évoluer dans la plage $[SOC^{min}, SOC^{max}] =$

[10%,90%]. L'énergie restante peut par exemple être réservée aux phénomènes aléatoires.

La courbe 10 de la figure 5a illustre un exemple de la consommation électrique d'une installation 3 alternant au cours du temps les phases de forte consommation et les phases de faible consommation. La courbe 11 matérialise la consommation électrique corrigée de l'installation 3 après avoir appliqué une puissance de charge et de décharge du système de stockage stationnaire 1.

En se référant à la figure 5b, on remarque que le système de stockage stationnaire 1 se décharge pendant les phases où la puissance de l'installation 3 est maximale, et qu'il se charge pendant les phases où la puissance est minimale correspondant à une surproduction d'énergie renouvelable 5.

Les contraintes sur la capacité du système de stockage stationnaire 1 sont respectées et l'énergie de ce dernier est exploitée au maximum. On remarque également le respect des contraintes sur les puissances de charge/décharge du système. La puissance de charge est inférieure à 18kW et la puissance de décharge est inférieure à 70 kW.

Un procédé d'optimisation selon l'invention comprend une étape de prise en compte de la variation de tarification de l'électricité en fonction des heures pleines ou creuses.

Le principe de cette prise en compte est de rajouter au critère d'optimisation un terme qui permet de favoriser la charge du système de stockage pendant les heures creuses.

Pour cela nous définissons la fonction coût suivante :

$$\min_P J = \sum_{k=1}^N (\bar{P}_b + P_k)^2 T_s + \xi_1 \cdot (p_{g1} P_1 + p_{g2} P_2 + \dots + p_{gN} P_N)$$

Où p_{gi} représente le prix de l'électricité à la discrétisation i de la journée. Ce nouveau critère permet de favoriser la consommation de l'énergie dans les zones où les prix de l'électricité sont les plus faibles et de pénaliser les zones où les prix de l'électricité sont les plus élevés.

Le critère d'optimisation va être adapté pour favoriser les zones où la production d'énergie renouvelable est la plus abondante. Pour cela, nous considérons le critère d'optimisation augmenté suivant:

$$\min_P J = \sum_{k=1}^N (\bar{P}_b + P_k)^2 T_s + \xi_1 \cdot C^{elec} - \xi_2 C^{renouvelable}$$

La figure 6 illustre la corrélation qu'il peut exister entre le tarif de l'électricité issu du réseau électrique 4 du secteur et l'utilisation de l'énergie renouvelable 5. Sur le diagramme de la figure 6, la courbe 20 matérialise le prix de l'électricité au cours du temps. Cette courbe 20 présente un créneau correspondant à un tarif élevé de l'électricité. La courbe inférieure 21 représente la puissance électrique fournie par la source d'énergie renouvelable 5 et présente une bosse matérialisant une utilisation importante de la source d'énergie renouvelable 5. Cette bosse est placée au droit du créneau de la courbe supérieure 20, montrant ainsi qu'il est recommandé d'utiliser majoritairement la source d'énergie renouvelable 5 lorsque le prix de l'électricité du réseau 4 est élevé.

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'optimisation de la consommation électrique d'une installation (3) reliée à un réseau de fourniture d'électricité, ladite installation étant également reliée à un système de stockage d'énergie (1) apte à compléter au moins partiellement la puissance électrique fournie par le réseau dans une phase de décharge ou à stocker de la puissance électrique fournie par le réseau dans une phase de charge, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes,

- une étape d'évaluation d'une puissance électrique moyenne consommée par l'installation (3) sur une période donnée,
- une étape de charge ou de décharge du système de stockage (1), de manière à lisser sensiblement la puissance électrique fournie par le réseau autour de la puissance moyenne.

2. Procédé d'optimisation selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape de charge ou de décharge inclut d'évaluer la puissance P de charge ou de décharge qui minimise le terme suivant :

$$\min_P J = \int_{T_0}^{T_f} (\overline{P_b} + P)^2 dt$$

Où :

- $\overline{P_b}$ est la puissance moyenne consommée par l'installation entre des instants T_0 et T_f ,
- P est la puissance stockée ou délivrée par le système de stockage en charge ou en décharge respectivement.

3. Procédé d'optimisation selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que l'étape d'évaluation de la puissance électrique consommée par l'installation (3) est réalisée par un report de la puissance consommée le jour précédent sur la même période si le jour est un jour de semaine, ou par un report de la puissance consommée le même jour le weekend précédent sur la même période, s'il s'agit d'un jour de weekend.

4. Procédé d'optimisation selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le système de stockage est également apte à stocker de l'énergie issue d'une source d'énergie renouvelable (5).
5. Procédé d'optimisation selon la revendication 6, caractérisé en ce que la source d'énergie renouvelable (5) est de type photovoltaïque.
6. Procédé d'optimisation selon l'une quelconque des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de détermination de la puissance moyenne à fournir par le système de stockage de l'énergie renouvelable (5) sur une période, et en ce que ladite étape est réalisée par un report de la puissance fournie par le système de stockage le jour précédent sur la même période si le jour est un jour de semaine, ou par un report de la puissance fournie par le système de stockage le même jour le weekend précédent sur la même période s'il s'agit d'un jour de weekend, un facteur correctif étant ajouté à ladite puissance reportée, pour tenir compte d'une éventuelle dispersion des conditions météorologiques d'un jour à l'autre.
7. Procédé d'optimisation selon la revendication 6, caractérisé en ce que la puissance fournie reportée à un instant donné d'un jour j, est calculée de la manière suivante :

$$P_j^{ss} = P_{j-1}^{ss} + k_p(P_{b,j} - P_{b,j-1})$$

Où,

P_{j-1}^{ss} est la puissance fournie au même instant du jour j-1,

$P_{b,j}$ est la puissance consommée audit instant du jour j,

$P_{b,j-1}$ est la puissance consommée au même instant du jour j-1,

k_p est un coefficient de correction adaptatif.

8. Procédé d'optimisation selon l'une quelconque des revendications 6 ou 7, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de prise en compte des périodes au cours desquelles l'énergie renouvelable est la plus abondante et en prenant en même temps en compte la variation de tarification de l'électricité du réseau électrique en fonction des heures creuses ou pleines, cette étape incluant de minimiser le paramètre,

$$\min_P J = \sum_{k=1}^N (\bar{P}_b + P_k)^2 T_s + \xi_1 \cdot C^{elec} - \xi_2 C^{renouvelable}$$

Où $C^{elec} = (p_{g1}P_1 + p_{g2}P_2 + \dots + p_{gN}P_N)$ représente le coût de l'électricité prélevé sur le secteur, p_{gi} représentant le prix de l'électricité à la discrétisation i de la journée ;

Où $C^{renouvelable} = (p_{r1}P_1 + p_{r2}P_2 + \dots + p_{rN}P_N)$ représente le coût fictif apporté par l'énergie photovoltaïque, p_{rk} représentant la disponibilité de l'énergie renouvelable à la discrétisation k de la journée ;

Où $P = [P_1 \dots P_N]$ est le vecteur des puissances du système de stockage aux discrétisations k de la journée ;

Où ξ_1, ξ_2 sont des paramètres de calibration.

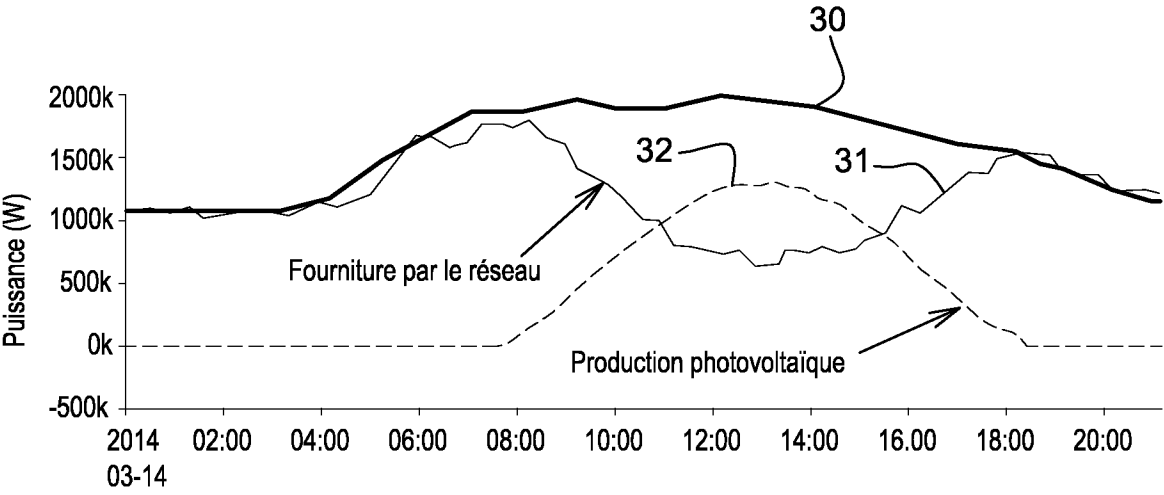


Fig. 1

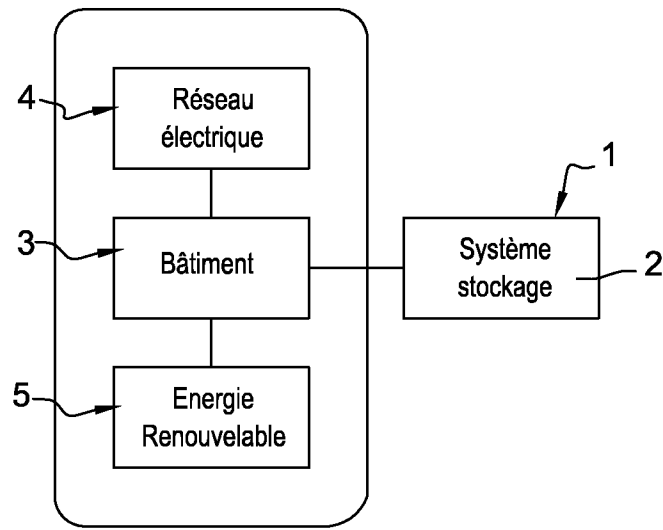


Fig. 2

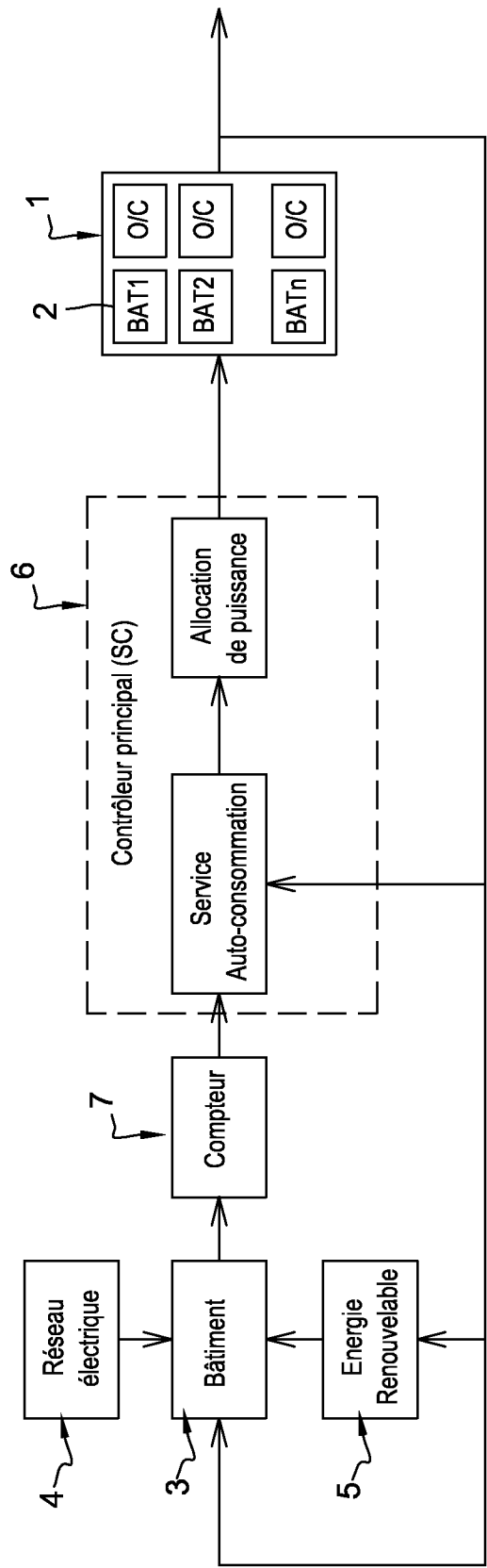


Fig. 3

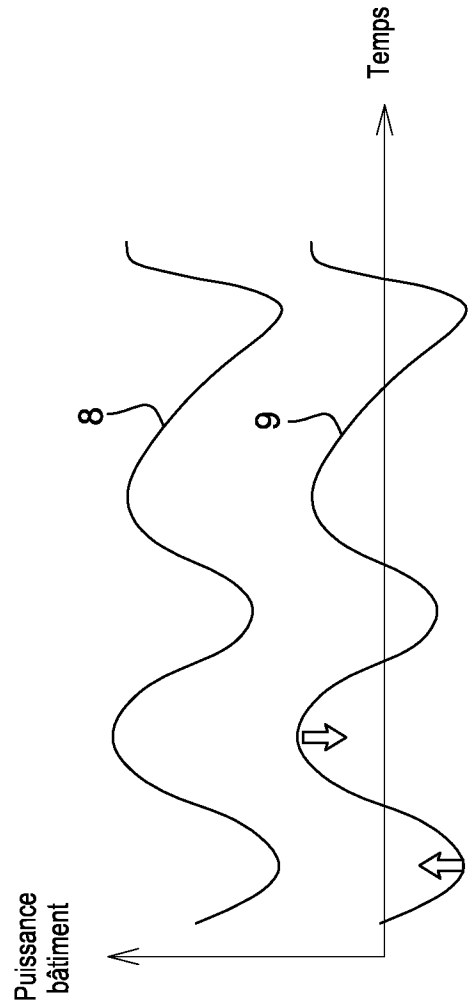


Fig. 4

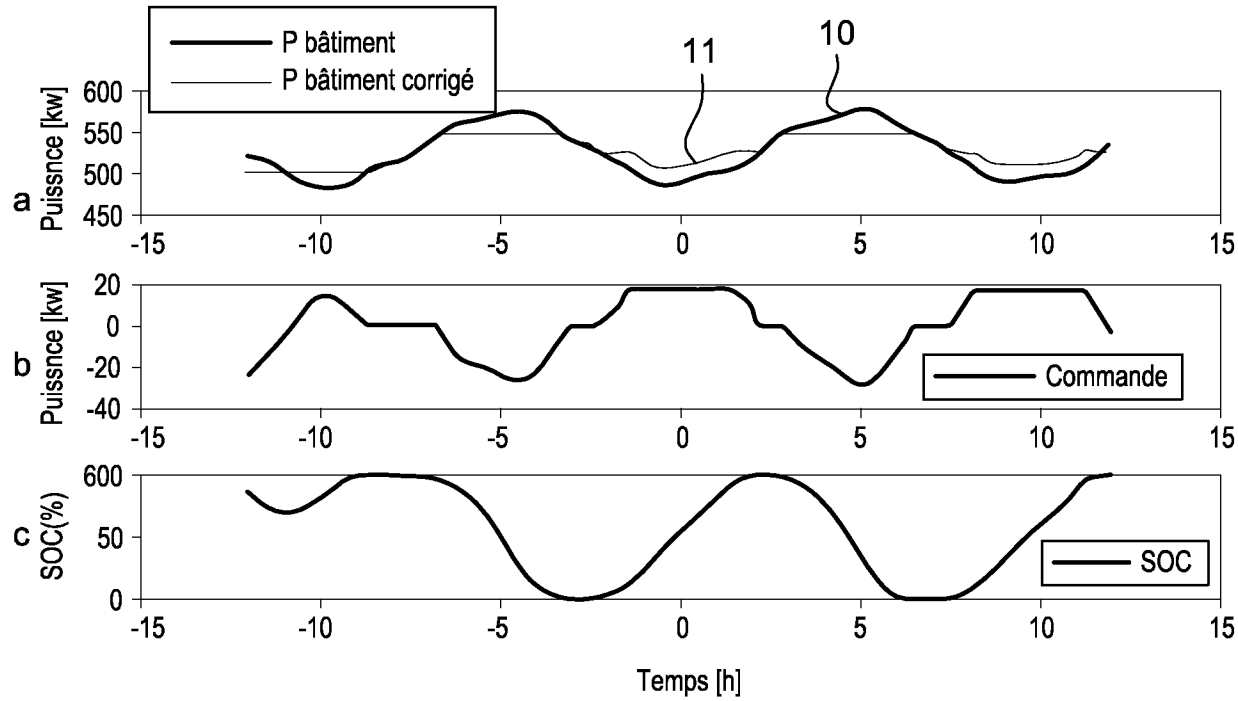


Fig. 5

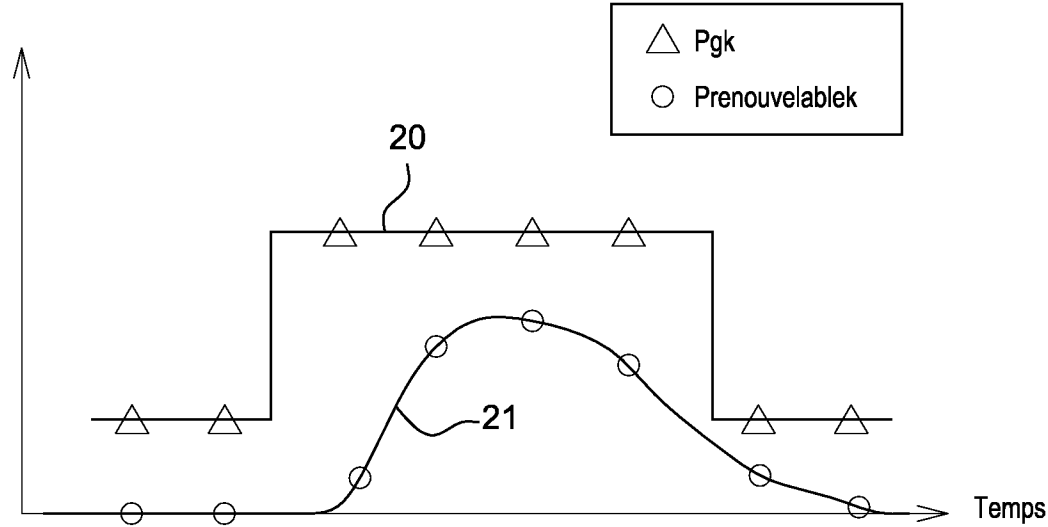


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2017/050768

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H02J3/32 G06Q50/06 H02J3/38
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H02J G06Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	ZHENG YU ET AL: "Optimal Allocation of Energy Storage System for Risk Mitigation of DISCOs With High Renewable Penetrations", IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 29, no. 1, 1 January 2014 (2014-01-01), pages 212-220, XP011534433, ISSN: 0885-8950, DOI: 10.1109/TPWRS.2013.2278850 [retrieved on 2013-12-16] page 215, right-hand column - page 216 -----	1-8
X	EP 2 293 406 A1 (ABB RESEARCH LTD [CH]) 9 March 2011 (2011-03-09) abstract; figures 1-3 ----- -/-	1



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 July 2017

Date of mailing of the international search report

08/08/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Castagné, Olivier

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2017/050768

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 2 688 174 A1 (SCHNEIDER ELECTRIC IND SAS [FR]) 22 January 2014 (2014-01-22) the whole document -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2017/050768

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2293406	A1	09-03-2011	CN 102498630 A 13-06-2012
			EP 2293406 A1 09-03-2011
			US 2012248873 A1 04-10-2012
			WO 2011026901 A1 10-03-2011

EP 2688174	A1	22-01-2014	EP 2688174 A1 22-01-2014
			ES 2562482 T3 04-03-2016
			FR 2993724 A1 24-01-2014
			US 2014025212 A1 23-01-2014

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2017/050768

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H02J3/32 G06Q50/06 H02J3/38 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H02J G06Q		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	ZHENG YU ET AL: "Optimal Allocation of Energy Storage System for Risk Mitigation of DISCOs With High Renewable Penetrations", IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 29, no. 1, 1 janvier 2014 (2014-01-01), pages 212-220, XP011534433, ISSN: 0885-8950, DOI: 10.1109/TPWRS.2013.2278850 [extrait le 2013-12-16] page 215, colonne de droite - page 216 -----	1-8
X	EP 2 293 406 A1 (ABB RESEARCH LTD [CH]) 9 mars 2011 (2011-03-09) abrégé; figures 1-3 ----- -/-	1
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets	
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
31 juillet 2017	08/08/2017	
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Castagné, Olivier

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 2 688 174 A1 (SCHNEIDER ELECTRIC IND SAS [FR]) 22 janvier 2014 (2014-01-22) le document en entier -----	1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2017/050768

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2293406	A1	09-03-2011	CN 102498630 A	13-06-2012
			EP 2293406 A1	09-03-2011
			US 2012248873 A1	04-10-2012
			WO 2011026901 A1	10-03-2011

EP 2688174	A1	22-01-2014	EP 2688174 A1	22-01-2014
			ES 2562482 T3	04-03-2016
			FR 2993724 A1	24-01-2014
			US 2014025212 A1	23-01-2014
