

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2016/071237 A1**

(43) Date de la publication internationale  
12 mai 2016 (12.05.2016)

(51) Classification internationale des brevets :  
*G06Q 50/06* (2012.01)

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/EP2015/075299

(22) Date de dépôt international :  
30 octobre 2015 (30.10.2015)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
1460561 3 novembre 2014 (03.11.2014) FR

(71) Déposant : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES [FR/FR]; 25 rue Leblanc, Bâtiment "le Ponant D", F-75015 Paris (FR).

(72) Inventeurs : BOURRY, Franck; 86 rue Basse, F-38380 Entre-deux-Guiers (FR). GUILLOU, Hervé; 10 rue André Gide, F-75015 Paris (FR).

(74) Mandataires : AIVAZIAN, Denis et al.; Novaimo, Immeuble Europa 2, 310, avenue Marie Curie, Archamps

Technopole, F-74166 Saint Julien en Genevois Cedex (FR).

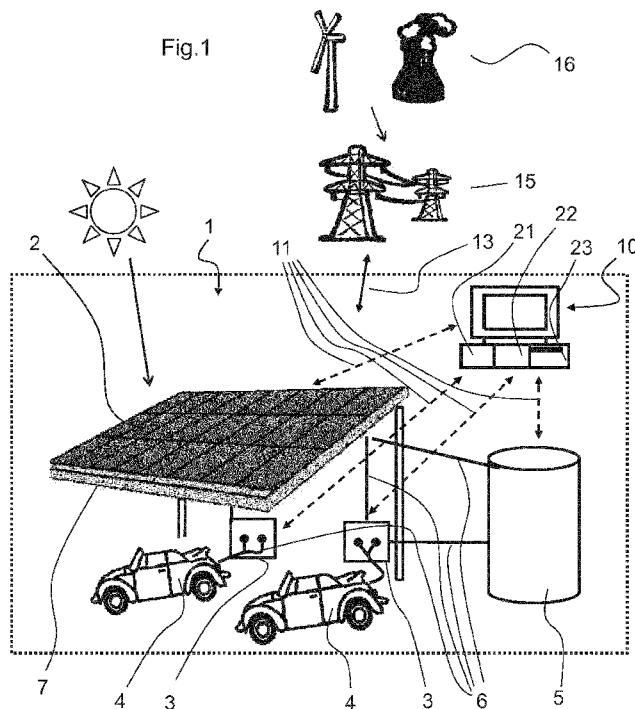
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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), eurasiatique (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).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : ENERGY MANAGEMENT OF A FLEET OF ELECTRIC VEHICLES

(54) Titre : GESTION ENERGETIQUE D'UNE FLOTTE DE VEHICULES ELECTRIQUES



(57) Abstract : The invention relates to a method for managing an energy system that comprises a set of battery-recharging terminals (3) and batteries (4) of a fleet of electric motor vehicles capable of connecting to one of said recharging terminals (3), optionally one or more devices for generating renewable energy (2), and optionally one or more devices for storing stationary energy (5), characterised in that it includes a phase of modelling the operation of the energy system (1) over a future period, which includes repeating the following steps for a plurality of future instants  $t_i$  of the future period: (E14) determining the maximum power that can be absorbed by the energy system at an instant  $t_i$  under consideration; (E16) determining the minimum power that can be absorbed by the energy system at the instant  $t_i$  under consideration; (E18) determining the maximum energy that can be accumulated by the energy system between the initial instant of the future period and the instant  $t_i$  under consideration; and (E20) determining the minimum energy that can be accumulated by the energy system between the initial instant of the future period and the instant  $t_i$  under consideration.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2016/071237 A1

**Publiée :**

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

---

Procédé de gestion d'un système énergétique comprenant un ensemble de bornes de recharge (3) de batteries et des batteries (4) d'une flotte de véhicules automobiles électriques aptes à se connecter à une desdites bornes de recharge (3), éventuellement un ou plusieurs dispositifs de production d'énergie renouvelable (2), et éventuellement un ou plusieurs dispositifs de stockage d'énergie (5) stationnaire, caractérisé en ce qu'il comprend une phase de modélisation du fonctionnement du système énergétique (1) sur une période future, qui comprend la répétition des étapes suivantes pour plusieurs instants  $t_i$  futurs de la période future : (E14) : détermination de la puissance maximale qui pourra être absorbée par le système énergétique à un instant  $t_i$  considéré; (E1 6) : détermination de la puissance minimale qui pourra être absorbée par le système énergétique à l'instant  $t_i$  considéré; (E1 8) : détermination de l'énergie maximale qui pourra être cumulée par le système énergétique entre l'instant initial de la période future et l'instant  $t_i$  considéré; (E20) : détermination de l'énergie minimale qui peut être cumulée par le système énergétique entre l'instant initial de la période future et l'instant  $t_i$  considéré.

Gestion énergétique d'une flotte de véhicules électriques

L'invention concerne la gestion énergétique d'un système comprenant un ensemble de bornes de recharge de véhicules électriques, éventuellement  
5 associé à une ou plusieurs sources de production d'énergie de type intermittente, notamment photovoltaïque ou éolienne, et éventuellement associé à un dispositif de stockage d'énergie que nous appellerons  
dispositif de stockage d'énergie stationnaire pour le différencier des  
batteries des véhicules électriques mobiles. La gestion énergétique se  
10 focalise sur la recharge d'une flotte de véhicules électriques à travers le système décrit. L'invention concerne à la fois un procédé de gestion énergétique et un système mettant en œuvre ce procédé de gestion.

Le développement des véhicules électriques induit des nouvelles  
15 contraintes sur les systèmes énergétiques, ce qui exige une modification spécifique de la gestion énergétique des systèmes énergétiques comprenant une flotte de véhicules électriques. De nombreuses solutions, comme celle décrite dans le document EP2669855, se focalisent  
spécifiquement sur l'optimisation de la recharge électrique des batteries  
20 des véhicules électriques d'une flotte de véhicules électriques. Ces solutions sont insuffisantes en ce qu'elles n'optimisent pas le fonctionnement énergétique global des systèmes énergétiques.

En parallèle, des infrastructures sont mises en place pour offrir un nombre  
25 suffisant de bornes de recharge, adapté au dimensionnement de la flotte de véhicules électriques. Ces infrastructures intègrent souvent leur propre source de production d'énergie, de type renouvelable, pour acquérir une certaine autonomie et atteindre un coût raisonnable sans trop solliciter le secteur électrique existant, dont les sources de production d'énergie ne  
30 sont pas toujours prévues pour répondre au besoin d'une flotte importante

de véhicules électriques. Ces bornes de recharge peuvent par exemple se présenter sous la forme d'un abri dont le toit est couvert de panneaux photovoltaïques, qui alimentent des bornes électriques installées sous l'abri au niveau de places de stationnement, pour permettre la recharge  
5 des véhicules électriques lors de leur stationnement.

De manière plus générale, les infrastructures de production électrique évoluent, et l'utilisation des sources de production d'énergie renouvelable, comme à base de composants photovoltaïques et/ou d'éoliennes, se  
10 développe de plus en plus. De telles sources de production d'énergie présentent la particularité d'être intermittentes, c'est-à-dire qu'elles ne produisent pas une énergie constante avec le temps. Cette intermittence complique leur utilisation, complique la maîtrise d'une production en correspondance avec la demande.

15

Pour atténuer ce phénomène d'intermittence, il est connu d'associer un dispositif de stockage d'énergie stationnaire à une source de production d'énergie intermittente, pour former un système global de production d'énergie, souvent appelé système hybride. Le dispositif de stockage  
20 stationnaire d'un système hybride joue alors par sa nature un rôle tampon permettant d'alterner des phases de stockage de l'énergie produite par la source d'énergie intermittente et des phases de restitution de cette énergie, pour atteindre une production dans le temps plus stable et plus facile à exploiter. Le dispositif de stockage d'énergie stationnaire permet  
25 aussi d'apporter une flexibilité supplémentaire pour la gestion d'énergie liée à la recharge des véhicules électriques. En effet, le stockage peut par exemple être déchargé pour limiter les besoins de puissance liés à la recharge de véhicules électriques.

30

5  
Finalement, toutes ces évolutions modifient fortement l'infrastructure électrique globale, ce qui se caractérise par l'augmentation du nombre de véhicules électriques combinée avec l'augmentation du nombre de sources de production d'énergie renouvelable. Il existe un besoin d'adapter la gestion des systèmes énergétiques à ces évolutions de l'infrastructure électrique globale.

10  
Ainsi, un objet général de l'invention est de proposer une solution optimisée de gestion d'un système énergétique comprenant un ensemble de bornes de recharge de véhicules électriques, éventuellement associé à une ou plusieurs sources de production d'énergie de type intermittente, et éventuellement associé à un dispositif de stockage d'énergie stationnaire.

15  
A cet effet, l'invention repose sur un procédé de gestion d'un système énergétique comprenant un ensemble de bornes de recharge de batteries et des batteries d'une flotte de véhicules automobiles électriques aptes à se connecter à une desdites bornes de recharge, éventuellement un ou plusieurs dispositifs de production d'énergie renouvelable, et éventuellement un ou plusieurs dispositifs de stockage d'énergie stationnaire, caractérisé en ce qu'il comprend une phase de modélisation du fonctionnement du système énergétique sur une période future, qui comprend la répétition des étapes suivantes pour plusieurs instants  $t_i$  futurs de la période future :

- 25
- détermination de la puissance maximale qui pourra être absorbée par le système énergétique à un instant  $t_i$  considéré ;
  - détermination de la puissance minimale qui pourra être absorbée par le système énergétique à l'instant  $t_i$  considéré ;

- détermination de l'énergie maximale qui pourra être cumulée par le système énergétique entre l'instant initial de la période future et l'instant  $t_i$  considéré ;
- détermination de l'énergie minimale qui peut être cumulée par le système énergétique entre l'instant initial de la période future et l'instant  $t_i$  considéré.

Le procédé de gestion d'un système énergétique peut comprendre les étapes suivantes mises en œuvre pour plusieurs instants  $t_i$  futurs de la période future :

- calcul d'une puissance maximale et minimale qui pourra être absorbée par chaque composant du système énergétique à un instant  $t_i$  considéré ;
- calcul d'une énergie maximale et minimale qui peut être cumulée par chaque composant du système énergétique à un instant  $t_i$  considéré ; et
  - l'étape de détermination de la puissance maximale qui pourra être absorbée par le système énergétique à l'instant  $t_i$  est calculée par la somme des puissances maximales qui pourront être absorbées par chaque composant du système énergétique ;
  - l'étape de détermination de la puissance minimale qui pourra être absorbée par le système énergétique à l'instant  $t_i$  est calculée par la somme des puissances minimales qui pourront être absorbées par chaque composant du système énergétique ;
  - l'étape de détermination de l'énergie maximale qui pourra être cumulée par le système énergétique entre l'instant initial de la période future et l'instant  $t_i$  est calculée par la somme des énergies maximales qui pourront être

- cumulées par chaque composant du système énergétique entre l'instant initial et l'instant  $t_i$  ;
- 5 - l'étape de détermination de l'énergie minimale qui pourra être cumulée par le système énergétique entre l'instant initial de la période future et l'instant  $t_i$  est calculée par la somme des énergies minimales qui pourront être cumulées par chaque composant du système énergétique entre l'instant initial et l'instant  $t_i$ .
- 10 Le procédé de gestion d'un système énergétique peut comprendre une étape préalable de mémorisation de données individuelles relatives à tout ou partie des composants du système énergétique, parmi lesquelles :
- 15 - Une heure d'arrivée et/ou de départ d'un véhicule électrique ;
- Une quantité d'énergie comprise dans une batterie d'un véhicule automobile à son arrivée et/ou à son départ ;
- Une puissance maximale de recharge d'une batterie d'un véhicule automobile ;
- 20 - Un rendement de charge et/ou de décharge d'une batterie d'un véhicule automobile ;
- Une heure de début et/ou de fin de disponibilité d'un dispositif de stockage d'énergie stationnaire ;
- Une quantité d'énergie comprise au sein d'un dispositif de stockage d'énergie stationnaire au début de sa disponibilité ;
- 25 - Une quantité d'énergie maximale qui peut être comprise au sein d'un dispositif de stockage d'énergie stationnaire ;
- Une puissance maximale de charge et/ou de décharge
- 30 d'un dispositif de stockage d'énergie stationnaire ;

6

- Un rendement de charge et/ou de décharge d'un dispositif de stockage d'énergie stationnaire ;
- Une estimation de la production d'énergie future par un dispositif de production d'énergie renouvelable ;
- 5 - Un paramètre de régulation à la baisse de la production d'énergie future par un dispositif de production d'énergie renouvelable.

Le procédé de gestion peut comprendre une étape d'estimation de la  
10 puissance maximale qui pourra être absorbée par une batterie d'un  
véhicule automobile sur la période future en prenant pour valeurs la  
puissance maximale de charge de la batterie aux instants pour lesquels la  
batterie est connectée à une borne de charge et une valeur nulle pour les  
autres instants, et/ou peut comprendre une étape d'estimation de la  
15 puissance minimale qui pourra être absorbée par une batterie d'un  
véhicule automobile sur la période future en prenant pour valeurs sa  
puissance maximale en décharge aux instants pour lesquels la batterie est  
connectée à une borne de charge si elle est de nature bidirectionnelle et  
une valeur nulle si elle est de nature monodirectionnelle, et une valeur  
20 nulle pour les autres instants.

Le procédé de gestion peut comprendre une étape d'estimation de la  
puissance maximale qui pourra être absorbée par un dispositif de  
stockage d'énergie stationnaire en prenant pour valeur la puissance de  
25 charge maximale et constante sur toute la période future, et/ou peut  
comprendre une étape d'estimation de la puissance minimale qui pourra  
être absorbée par un dispositif de stockage d'énergie stationnaire en  
prenant pour valeur la puissance de décharge maximale et constante sur  
toute la période future.

30

Le procédé de gestion peut comprendre une étape d'estimation de la puissance minimale qui pourra être absorbée par un dispositif de production d'énergie renouvelable, cette puissance absorbée étant négative, en prenant pour valeur la valeur obtenue par un modèle  
5 d'estimation de la production future d'énergie sur la période future par le dispositif de production d'énergie renouvelable, et/ou peut comprendre une étape d'estimation de la puissance maximale qui pourra être absorbée par un dispositif de production d'énergie renouvelable en prenant pour valeur le résultat d'un calcul comprenant l'application d'un  
10 paramètre de régulation à la baisse de la production d'énergie future estimée.

Le procédé de gestion peut comprendre une étape d'estimation de l'énergie maximale qui pourra être cumulée par une batterie d'un véhicule automobile sur la période future en considérant qu'elle est rechargée au  
15 plus tôt et avec la puissance maximale après sa connexion à une borne de charge, et/ou peut comprendre une étape d'estimation de l'énergie minimale qui pourra être cumulée par une batterie d'un véhicule automobile sur la période future en considérant qu'elle est rechargée au  
20 plus tard avec la puissance maximale après sa connexion à une borne de charge.

Le procédé de gestion peut comprendre une étape d'estimation de l'énergie maximale qui pourra être cumulée par une batterie bidirectionnelle d'un véhicule automobile sur la période future en  
25 considérant qu'elle est rechargée au plus tôt avec la puissance maximale jusqu'à son état de charge maximal, à un état de charge supérieur à celui souhaité par l'utilisateur du véhicule automobile, puis qu'elle est déchargée au plus tard avec la puissance maximale de décharge pour  
30 atteindre l'état de charge souhaité à l'instant de départ du véhicule automobile, et/ou peut comprendre une étape d'estimation de l'énergie

minimale qui pourra être cumulée par une batterie bidirectionnelle d'un véhicule automobile sur la période future en considérant qu'elle est déchargée au plus tôt avec la puissance maximale de décharge jusqu'à son état de charge minimal, puis qu'elle est chargée au plus tard avec la puissance maximale de charge pour atteindre l'état de charge souhaité à l'instant de départ du véhicule automobile.

Le procédé de gestion peut comprendre une étape d'estimation de l'énergie maximale qui pourra être cumulée par un dispositif de stockage d'énergie stationnaire en supposant qu'il est chargé au plus tôt à la puissance de charge maximale, jusqu'à atteindre son état de charge maximal, et/ou peut comprendre une étape d'estimation de l'énergie minimale qui pourra être cumulée par un dispositif de stockage d'énergie stationnaire en supposant qu'il est déchargé au plus tôt à la puissance de décharge maximale, jusqu'à atteindre son état de charge minimal.

Le procédé de gestion peut comprendre une étape d'estimation de l'énergie minimale qui pourra être cumulée par un dispositif de production d'énergie renouvelable en prenant pour valeur sa production future estimée à la puissance maximale et/ou peut comprendre une étape d'estimation de l'énergie minimale qui pourra être cumulée par un dispositif de production d'énergie renouvelable en prenant pour valeur le résultat d'un calcul comprenant l'application d'un paramètre de régulation à la baisse de la production d'énergie future estimée.

Le procédé de gestion peut comprendre une étape de détermination de la diminution maximale possible de l'énergie du système énergétique entre deux instants.

Le procédé de gestion peut comprendre une étape de définition de consignes de fonctionnement d'un système énergétique pour définir des points de fonctionnement optimisés du système énergétique sur la période

future respectant les limites fixées par les puissance et énergie maximales et minimales définies par la phase de modélisation.

5 L'invention porte aussi sur un support d'enregistrement de données lisible par un calculateur sur lequel est enregistré un programme d'ordinateur comprenant des moyens logiciels de mise en œuvre des étapes du procédé de gestion tel que défini précédemment.

10 L'invention porte aussi sur un unité de gestion d'un système énergétique, caractérisée en ce qu'elle comprend des composants matériel et logiciel, et un dispositif de communication apte à communiquer avec un dispositif de production d'énergie renouvelable et des bornes de charge, et en ce qu'elle met en œuvre un procédé de gestion d'un système énergétique tel que défini précédemment.

15 L'invention porte aussi sur un système énergétique comprenant au moins un ensemble de bornes de recharge de batteries et des batteries d'une flotte de véhicules automobiles électriques aptes à se connecter à une desdites bornes de recharge, éventuellement un ou plusieurs dispositifs  
20 de production d'énergie renouvelable, et éventuellement un ou plusieurs dispositif de stockage d'énergie stationnaire, caractérisé en ce qu'il comprend une unité de gestion qui met en œuvre un procédé de gestion tel que défini précédemment.

25 Ces objets, caractéristiques et avantages de la présente invention seront exposés en détail dans la description suivante d'un mode d'exécution particulier fait à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

La figure 1 représente un système énergétique selon un mode de réalisation de l'invention. En plus des différentes bornes de recharge, l'exemple illustré sur cette figure comprend un système de production d'énergie photovoltaïque et un système de stockage d'énergie stationnaire.

Les figures 2 à 4 représentent les courbes d'évolution des puissances maximale et minimale pour plusieurs véhicules automobiles selon un exemple illustrant le mode de réalisation de l'invention.

10

La figure 5 représente les courbes d'évolution de la puissance maximale et minimale de l'ensemble des véhicules automobiles selon l'exemple illustrant le mode de réalisation de l'invention.

15 La figure 6 représente les courbes d'évolution de la puissance maximale et minimale d'un composant de stockage selon l'exemple illustrant le mode de réalisation de l'invention.

La figure 7 représente les courbes d'évolution de la puissance maximale et minimale d'un dispositif de production d'énergie renouvelable selon l'exemple illustrant le mode de réalisation de l'invention.

20

La figure 8 représente les courbes d'évolution de la puissance maximale et minimale du système énergétique selon l'exemple illustrant le mode de réalisation de l'invention.

25

Les figures 9 et 11 représentent les courbes d'évolution des énergies cumulées maximale et minimale pour deux batteries monodirectionnelles de véhicules automobiles selon l'exemple illustrant le mode de réalisation de l'invention.

30

La figure 10 représente les courbes d'évolution des énergies cumulées maximale et minimale pour une batterie bidirectionnelle d'un véhicule automobile selon l'exemple illustrant le mode de réalisation de l'invention.

5

La figure 12 représente les courbes d'évolution de l'énergie cumulée maximale et minimale pour un composant de stockage selon l'exemple illustrant le mode de réalisation de l'invention.

10 La figure 13 représente les courbes d'évolution de l'énergie cumulée maximale et minimale d'un dispositif de production d'énergie renouvelable selon l'exemple illustrant le mode de réalisation de l'invention.

La figure 14 représente les courbes d'évolution de l'énergie cumulée  
15 maximale et minimale du système énergétique selon l'exemple illustrant le mode de réalisation de l'invention.

La figure 15 représente l'analyse de la diminution maximale d'énergie du  
20 système énergétique entre deux instants selon l'exemple illustrant le mode de réalisation de l'invention.

La figure 16 représente schématiquement un algorithme du procédé de  
gestion de la production d'énergie selon un mode de réalisation de  
l'invention.

25

L'invention s'intéresse à un système énergétique comprenant un  
ensemble de bornes de recharge de véhicules électriques, et des batteries  
d'une flotte de véhicules automobiles, éventuellement associé à une ou  
plusieurs sources de production d'énergie de type intermittente, et  
30 éventuellement associé à un dispositif de stockage d'énergie stationnaire.

L'invention permet d'abord de modéliser et formuler la flexibilité pour un tel système énergétique, et d'optimiser le pilotage des différents composants de ce système en exploitant cette flexibilité. Ce système énergétique est de plus relié à une infrastructure électrique globale, par une liaison au «  
5 secteur ». Une source de production d'énergie renouvelable du système énergétique peut interagir avec le reste de l'installation électrique globale, soit pour lui fournir une énergie électrique si sa production est en excès, soit pour puiser une énergie électrique si elle est insuffisante. De plus, les différentes batteries des véhicules électriques de la flotte et le ou les  
10 éventuels éléments de stockage stationnaires complémentaires forment des composants de stockage d'énergie susceptibles de consommer de l'énergie pour leur charge, mais aussi d'en restituer au reste du système énergétique et/ou à l'extérieur. Il ressort des explications précédentes qu'un système énergétique considéré par l'invention peut consommer de  
15 l'énergie provenant de l'infrastructure électrique extérieure ou lui fournir de l'énergie : ce système énergétique apporte ainsi une flexibilité à une infrastructure électrique à laquelle il est lié, que l'invention va exploiter en définissant un procédé de gestion particulier du système énergétique.

20 La figure 1 illustre ainsi un tel système énergétique 1 selon un mode de réalisation de l'invention. En plus des différentes bornes de recharge 3, ce système énergétique 1 illustré sur cette figure comprend un système de production photovoltaïque se présentant sous la forme d'un abri 7  
comprenant des panneaux photovoltaïques, formant une source de  
25 production d'énergie renouvelable 2, et un dispositif de stockage d'énergie 5 stationnaire. Cette source alimente les bornes de recharge 3, sur lesquelles des batteries 4 de véhicules électriques peuvent être électriquement connectées pour la mise en œuvre de leur recharge. Le système énergétique 1 comprend de plus un dispositif de stockage  
30 d'énergie 5 stationnaire, par exemple une batterie. Ainsi, le système

énergétique 1 selon le mode de réalisation comprend trois familles de composants énergétiques : les batteries 4 d'une flotte de véhicules électriques, une source de production d'énergie renouvelable 2, et un dispositif de stockage d'énergie 5 stationnaire. Ces composants sont  
5 reliés entre eux par différentes liaisons électriques 6. De plus, le système énergétique 1 est relié à une infrastructure électrique globale extérieure par une connexion électrique 13. Cette infrastructure électrique comprend notamment un réseau de distribution d'électricité 15, relié à différentes sources de production d'énergie 16. En remarque, cette infrastructure  
10 électrique extérieure peut comprendre d'autres systèmes énergétiques similaires au système énergétique 1 considéré, qui pourraient alors aussi être gérés par le procédé de gestion selon l'invention, et tout autre composant de production et/ou de consommation d'énergie.

15 Le système énergétique 1 comprend de plus une unité de gestion 10, ou unité centrale, qui forme l'intelligence du système, et qui se présente sous la forme d'au moins un ordinateur, sur lequel est installé un logiciel de gestion du système énergétique, relié aux différents composants du système par des dispositifs de communication 11 pour pouvoir transmettre  
20 des commandes et agir sur le fonctionnement du système énergétique 1, par l'intermédiaire d'actionneurs par exemple. L'unité de gestion 10 détermine notamment l'énergie qui doit être transmise ou restituée par le système énergétique 1 avec l'extérieur. Plus généralement, cette unité de gestion définit des consignes pour les grandeurs électriques du système  
25 énergétique, définissant ainsi son point de fonctionnement. Des commandes de l'unité de gestion 10 permettent par exemple d'initier ou stopper la charge d'une batterie 4 d'un véhicule automobile, de récupérer de l'énergie stockée dans une de ces batteries 4 pour la diriger vers l'extérieur du système énergétique par exemple, de stocker ou récupérer  
30 de l'énergie du dispositif de stockage d'énergie 5 stationnaire,

d'augmenter ou réduire la puissance produite par la source de production d'énergie renouvelable 2, etc. L'unité de gestion 10 peut aussi recevoir des données numériques provenant des composants du système énergétique, par exemple définissant leur état électrique, comme l'état de charge d'un dispositif de stockage, la tension et/ou le courant à leurs bornes, la puissance et l'énergie de sortie, etc., par exemple à partir de capteurs de mesure et par l'intermédiaire des dispositifs de communication 11. En remarque, cette unité de gestion 10 peut être physiquement à proximité des composants du système énergétique ou à distance, auquel cas elle supervise et commande le système à distance.

L'unité de gestion 10 comprend notamment un module de prédiction 21 qui met en œuvre un calcul de prédiction de la production d'électricité, notamment celle qui sera produite et disponible par la source d'énergie renouvelable 2. Ce module de prédiction 21 peut aussi mettre en œuvre un calcul de prédiction de l'arrivée et/ou du départ des véhicules électriques dans le dispositif de charge. Ce module de prédiction 21 comporte alors une prévision du besoin lié à l'utilisation des véhicules électriques. Ce module de prédiction 21 peut fonctionner de manière locale et autonome et/ou à partir d'informations, et/ou de calculs réalisés à distance sur un serveur distant non représenté, relié à l'unité de gestion 10 par un dispositif de communication. L'unité de gestion 10 comprend de plus un module de modélisation 22 et un module d'optimisation 23 qui comprennent les fonctions et les algorithmes permettant de définir de manière automatique les données nécessaires à l'optimisation du système énergétique, selon un procédé de gestion qui va être décrit ci-après, et qui est schématiquement illustré par l'organigramme de la figure 16.

En remarque, l'invention est illustrée dans le cas d'une flotte de véhicules électriques à titre d'exemple. Un tel véhicule électrique peut être un vélo

électrique, une voiture électrique, un segway, un scooter électrique, etc. Naturellement, l'invention pourrait être aisément transposée à tout dispositif électrique équipé d'une batterie pour son alimentation, et nécessitant des phases de recharge de sa batterie. De plus, pour des  
5 raisons de simplification, il est considéré dans la description que chaque véhicule est équipé d'une seule batterie. Toutefois, le procédé pourrait naturellement être appliqué de manière similaire à des véhicules équipés de plusieurs batteries.

10 L'unité de gestion 10 du système de production d'énergie met donc en œuvre un procédé de gestion du système énergétique 1. Pour cela, le procédé considère une période future sur laquelle les conditions de fonctionnement du système énergétique vont être prédéfinies à l'avance. Notamment, l'interaction énergétique du système énergétique avec le  
15 reste de l'infrastructure globale à laquelle il est connecté sera prédéfinie. La période future peut être d'une durée prédéfinie une fois pour toutes comme une constante du procédé, par exemple la prochaine journée de 24H, comme cela sera illustré dans l'exemple considéré ci-après, ou être définie par un opérateur par l'intermédiaire d'une interface homme  
20 machine. De plus, le procédé de gestion du système énergétique définit le fonctionnement optimal du système énergétique 1 selon des critères d'optimisation choisis.

Le procédé de gestion comprend une étape préalable E8 d'obtention de  
25 données caractéristiques de chaque composant du système énergétique. Ces données peuvent être mémorisées dans une base de données ou une simple mémoire électronique du système, et transmises par un opérateur ou par le composant lui-même de manière automatique. Par exemple, l'état de charge des véhicules électriques peut être donné par  
30 l'utilisateur du véhicule. En variante, certaines de ces données peuvent

être estimées ou calculées par l'unité de gestion 10 du système énergétique.

- Le tableau suivant illustre à titre d'exemple les données utiles pour chaque batterie des véhicules automobiles de la flotte de véhicules du système énergétique. Dans cet exemple, la flotte est composée de trois véhicules automobiles VE1, VE2, VE3 sur la période future considérée, de 24H.

	VE1	VE2	VE3
Heure arrivée	08h00	07h00	09h00
Heure départ	12h00	15h00	18h00
Energie à l'arrivée (kWh)	20	10	18
Energie au départ (kWh)	24	30	28
Energie max (kWh)	24	40	35
Puissance max de recharge (kW)	3	6	3
Puissance max de décharge (kW)		6	
Rendement de charge (p.u.)	0.9	0.9	0.9
Rendement de décharge (p.u.)		0.9	

- 10 En remarque, les quantités d'énergie contenues dans les batteries des véhicules peuvent être connues au sein de chaque véhicule à leur arrivée, par exemple mémorisées et traitées par un ordinateur de bord du véhicule automobile, et automatiquement transmises au système énergétique. De plus, chaque conducteur peut avoir renseigné l'énergie, ou de manière
- 15 équivalente l'état de charge, dont il a besoin à son départ, ainsi que ses horaires d'arrivée et de départ prévus. D'autres données, notamment celles concernant les conditions de charge et de décharge d'une batterie, sont fournies par le fabricant des batteries concernées, et automatiquement mémorisées dans une mémoire électronique du
- 20 véhicule automobile et/ou du gestionnaire de la flotte de véhicules

automobiles, et transmises automatiquement au système énergétique 1, plus précisément à son unité de gestion 10.

Le tableau suivant donne un exemple des données qui peuvent caractériser un composant de stockage d'énergie 5 stationnaire. Ce dernier est disponible sur toute la durée de la période future considérée.

	Composant 5
Heure début de disponibilité	00h00
Heure fin de disponibilité	24h00
Energie au début de la disponibilité (kWh)	10
Energie max (capacité de la batterie) (kWh)	30
Puissance max de recharge (kW)	8
Puissance max de décharge (kW)	8
Rendement de charge (p.u.)	0.85
Rendement de décharge (p.u.)	0.85

Enfin, la production future du dispositif de production d'énergie renouvelable 2 est estimée, selon toute méthode existante d'estimation, notamment à partir de données météorologiques et de modèles préétablis, au sein du module de prédiction 21 de l'unité de gestion. De plus, un paramètre de régulation à la baisse de la production d'énergie peut être pris en compte, qui permet de prendre en compte la possibilité ou non de réduire la production du dispositif. Ce paramètre peut par exemple correspondre au ratio de la production qui peut être atteint dans le cas de la plus forte modulation à la baisse par rapport à la production au point de puissance maximal (MPPT). Si par exemple la production prédite sur une période donnée est de 10 kW et que le paramètre de régulation à la baisse est de 0.3, la puissance minimale prédite est de 3 kW. Dans le cas d'un dispositif de production de type photovoltaïque, ce paramètre de régulation à la baisse peut désormais être proche de zéro car les

nouvelles technologies d'onduleurs proposent cette fonctionnalité de diminution de production.

5 Ensuite, le procédé de gestion détermine un modèle global du système énergétique 1, considéré comme un seul ensemble énergétique, à partir des caractéristiques individuelles de ses différents composants énergétiques, par l'intermédiaire du module de modélisation 22 de l'unité de gestion 10.

10 Plus précisément, cette modélisation établit des limites de l'évolution de la puissance et de l'énergie du système énergétique en fonction du temps sur la période future considérée, ce qui fixe un cadre au pilotage futur du système énergétique sur ladite période. Cette période future correspond à la période pour laquelle la flexibilité est modélisée. Selon la convention  
15 choisie, la puissance électrique pour un composant donné du système énergétique est positive lorsque ce composant consomme de l'énergie, et négative lorsque ce composant produit de l'énergie. La puissance du système énergétique est positive lorsqu'une puissance, puisée sur l'infrastructure électrique extérieure par la connexion électrique 13, est  
20 consommée par le système énergétique, négative dans le cas contraire. De même, l'énergie est positive lorsqu'elle est reçue par le système énergétique, négative dans le cas contraire.

25 La modélisation du système énergétique repose sur les quatre étapes suivantes :

E14 : détermination d'une évolution temporelle de la puissance maximale qui peut être absorbée par le système énergétique sur la période future ;

E16 : détermination d'une évolution temporelle de la puissance minimale qui peut être absorbée par le système énergétique sur la période future ;

5 E18 : détermination d'une évolution temporelle de l'énergie maximale qui peut être cumulée par le système énergétique sur la période future ;

E20 : détermination d'une évolution temporelle de l'énergie minimale qui peut être cumulée par le système énergétique sur la période future.

10

En remarque, du fait de la convention choisie, la puissance minimale qui peut être absorbée correspond, si elle est négative, à la puissance maximale, en valeur absolue, qui peut être fournie vers l'extérieur par le système énergétique. En effet, une puissance négative correspond à une  
15 puissance transmise depuis le système énergétique vers le secteur. De même, l'énergie minimale qui peut être cumulée peut être, en valeur absolue si elle est négative, une énergie maximale qui peut être restituée sur le secteur. En effet, une énergie négative correspond à une énergie transmise depuis le système énergétique vers le secteur.

20

Pour réaliser les étapes E14 et E16 mentionnées ci-dessus, le procédé de gestion met en œuvre une étape E10 de détermination de l'évolution temporelle d'une puissance maximale et minimale pour chaque composant du système énergétique selon le mode de réalisation, c'est-à-  
25 dire chaque batterie de véhicule automobile, chaque dispositif de production d'énergie renouvelable, chaque dispositif de stockage stationnaire.

Selon le mode de réalisation, la courbe d'évolution de la puissance  
30 maximale pour une batterie d'un véhicule automobile est obtenue en

prenant la valeur de sa puissance maximale de charge aux instants pour lesquels la batterie est connectée à une borne 3 du dispositif de charge, et une valeur nulle pour les autres instants. La courbe d'évolution de la puissance minimale d'une batterie d'un véhicule automobile est obtenue  
5 par sa puissance en décharge, c'est-à-dire la puissance qu'elle peut restituée, si elle est de nature bidirectionnelle. Lorsqu'une batterie n'est pas connectée à une borne 3 du dispositif ou lorsqu'elle est du type monodirectionnel, c'est-à-dire qu'elle ne peut pas restituer son énergie vers le reste du système, alors cette puissance minimale est nulle.

10

Les figures 2 à 4 représentent à titre d'exemple les courbes d'évolution des puissances  $P$  (en kW) maximale 31, 32, 33 et minimale 34, 35, 36 pour respectivement les véhicules VE1, VE2 et VE3 en reprenant les valeurs numériques de l'exemple considéré précédemment, en fonction du  
15 temps  $t$  sur la période future. Les données résumées dans le tableau précédent, et obtenues à l'étape préalable E8 explicitée précédemment, ont été utilisées pour l'obtention de ces courbes. En remarque, seul le second véhicule VE2 est de nature bidirectionnelle, c'est-à-dire apte à restituer de l'énergie, ce qui explique que sa courbe de puissance  
20 minimale 35 prend une valeur négative durant sa connexion à une borne de charge. Les deux courbes 34, 36 de puissance minimale de respectivement les premier et troisième véhicules VE1, VE3 restent à zéro sur toute la période future.

25 Une étape intermédiaire peut consister en l'addition des courbes de puissance maximale 31, 32, 33 pour obtenir une courbe de puissance 37 unique représentant la puissance maximale des batteries des véhicules électriques de la flotte. De manière similaire, l'addition des courbes de puissance minimale 34, 35, 36 permet d'obtenir une courbe de puissance  
30 38 unique représentant la puissance minimale de charge des batteries de

véhicule automobile. La figure 5 représente ces courbes 37, 38 intermédiaires.

La figure 6 représente à titre d'exemple la courbe de puissance maximale 39 retenue pour le composant de stockage d'énergie 5 stationnaire, qui correspond à sa puissance de charge et est constante sur toute la période future puisque ce dispositif reste toujours disponible par nature. Sa courbe de puissance minimale 40 est constante à sa valeur de décharge.

10 La figure 7 représente enfin les courbes d'évolution de la puissance maximale 41 et minimale 42 de la puissance du dispositif de production d'énergie renouvelable. Du fait de la convention choisie, la puissance minimale est négative et correspond à la puissance maximale produite (en valeur absolue) par le système énergétique. Elle est obtenue par un  
15 modèle d'estimation de la production future d'énergie sur la période future considérée, mis en œuvre par le module de prédiction 21. La puissance maximale dépend de la possibilité de réduction de la production d'énergie renouvelable par le dispositif de production : elle est obtenue par l'intermédiaire d'un paramètre de régulation à la baisse de la production  
20 d'énergie. Dans l'exemple illustré, elle est nulle car cette production peut être réduite à zéro. En variante illustrée à titre d'exemple, si ce paramètre est égal à 0,3, nous obtenons la puissance maximale illustrée par la courbe 43.

25 A la fin de cette étape E10, qui a permis d'obtenir les courbes illustrées par les figures 2, 3, 4, 6 et 7, le procédé possède alors toutes les données pour procéder aux étapes E14, E16 de détermination des courbes d'évolution de la puissance maximale 45 et minimale 46 du système énergétique dans son ensemble sur toute la période future considérée,

comme représenté sur la figure 8 selon l'exemple considéré, par agrégation des différentes courbes obtenues précédemment.

Le procédé met de manière similaire en œuvre des étapes de  
5 détermination de l'évolution temporelle de l'énergie accumulée dans le système énergétique. Pour cela, le procédé met en œuvre une étape E12 de détermination de l'évolution temporelle d'une énergie maximale et minimale accumulée par chaque composant du système énergétique, c'est-à-dire chaque batterie de véhicule automobile, chaque dispositif de  
10 production d'énergie renouvelable, chaque dispositif de stockage d'énergie stationnaire.

Pour une batterie d'un véhicule automobile, l'énergie maximale est déterminée en supposant qu'elle est rechargée au plus tôt, avec la  
15 puissance maximale, alors que son énergie minimale est déterminée en supposant qu'elle est rechargée au plus tard. Cette approche s'applique particulièrement à une batterie monodirectionnelle, ce qui est le cas des premier et troisième véhicules VE1, VE3, illustrés par les figures 9 et 11.

20 Dans le cas d'une batterie d'un véhicule automobile bidirectionnelle, c'est-à-dire qu'elle peut avoir la capacité de se décharger en restituant de l'énergie vers les autres composants du système énergétique et/ou l'infrastructure électrique extérieure, l'énergie maximale est déterminée en supposant qu'elle est rechargée au plus tôt avec la puissance maximale,  
25 mais jusqu'à une valeur de quantité d'énergie supérieure à celle souhaitée par l'utilisateur du véhicule automobile, puis qu'elle est déchargée pour atteindre la consigne de quantité d'énergie (ou d'état de charge) souhaitée. De plus, son énergie minimale est déterminée en supposant qu'elle est d'abord déchargée, avant d'être chargée au plus tard à la

consigne souhaitée. La figure 10 illustre cet exemple dans le cas du second véhicule VE2.

5  
10  
Finalement, les figures 9 à 11 représentent ainsi les courbes d'énergie E (en kWh) maximale 51, 52, 53 et minimale 54, 55, 56 cumulées obtenues pour respectivement chacune des batteries des trois véhicules automobiles VE1, VE2 et VE3 de l'exemple considéré en fonction du temps t sur la période future. Une étape intermédiaire non illustrée peut consister en l'agrégation des énergies maximales et minimales de toutes les batteries du système énergétique.

15  
20  
La courbe d'énergie maximale cumulée par le dispositif de stockage d'énergie 5 stationnaire est déterminée en supposant qu'il est chargé au plus tôt à la puissance maximale, jusqu'à atteindre son état de charge maximal. De plus, sa courbe d'énergie minimale cumulée est obtenue en déchargeant au plus tôt le dispositif à la puissance de décharge maximale jusqu'à atteindre son état de charge minimal. La figure 12 illustre les courbes d'énergie cumulée maximale 57 et minimale 58 obtenues par cette approche pour le dispositif de stockage stationnaire 5 selon l'exemple considéré.

25  
Concernant le dispositif de production d'énergie renouvelable 2, son énergie minimale accumulée, représentée par la courbe 60 de la figure 13, négative par la convention choisie, est obtenue par sa production continue à la puissance maximale. Son énergie maximale accumulée, représentée par la courbe 59, est nulle car obtenue lorsque la production est nulle.

30  
A partir des différentes courbes d'énergie obtenues par l'étape E12 décrite ci-dessus, le procédé possède alors toutes les données pour procéder aux étapes E18, E20 de détermination respective des courbes d'évolution de

l'énergie maximale cumulée 61 et minimale 62 du système énergétique dans son ensemble sur toute la période future considérée, comme représenté sur la figure 14 selon l'exemple considéré, par agrégation des différentes courbes obtenues précédemment.

5

Ainsi, le procédé permet de définir des limites de puissance et d'énergie au-delà desquelles le système énergétique ne peut pas fonctionner. Cela présente l'avantage de délimiter les points de fonctionnement possibles d'un système énergétique tel que défini et d'assister un opérateur du système énergétique dans sa recherche d'un point de fonctionnement, de lui permettre de converger au plus vite vers une solution, en délimitant le domaine des solutions possibles. Cette modélisation, qui consiste à formuler une série de contraintes sur la puissance consommée par les différents composants du système, ainsi que sur l'énergie cumulée, est particulièrement adaptée pour les méthodes de gestion de recharge qui reposent sur une optimisation.

Les courbes précédentes ont été tracées pour tout instant de la période future considérée. Naturellement, des calculs peuvent être faits pour plusieurs instants de la période future. Ensuite, des interpolations entre ces instants peuvent éventuellement permettre de définir des courbes continues, pour tout instant.

Selon une variante de réalisation, le procédé ajoute une condition supplémentaire permettant de tenir compte des possibilités réelles de décharge énergétique du système énergétique. En effet, tous les chemins de puissance entre les limites définies précédemment ne sont pas possibles en pratique. Cette variante permet d'éliminer au moins une partie de ces chemins impossibles, pour réduire encore le champ de

recherche des points de fonctionnement du système énergétique et améliorer le procédé.

En effet, des fortes variations d'énergie du système énergétique ne sont pas possibles au-delà de l'énergie cumulée disponible, qui peut réellement être déchargée, c'est-à-dire l'énergie totale cumulée par le (ou les) composant de stockage d'énergie stationnaire et par les batteries bidirectionnelles.

10 Ainsi, selon une variante du mode de réalisation, le procédé met en œuvre une étape E22 de détermination de la diminution d'énergie maximale possible entre deux instants  $t_1$  et  $t_2$  de la période future considérée.

Pour cela, nous introduisons la grandeur  $\text{dimMax}(t_1, t_2)$ , qui représente la diminution maximale d'énergie cumulée d'un système énergétique entre les instants  $t_1$  et  $t_2$ . Cette grandeur peut s'écrire de la manière suivante :

$$\text{dimMax}(t_1, t_2) = \max_{[t_1, t_2]} (E(t)) - \min_{[t_1, t_2]} (E(t))$$

Pour tout  $t_1$  et  $t_2$  compris entre  $t_i$  et  $t_j$  (avec  $t_i \leq t_1 \leq t_2 \leq t_j$ ), et où  $E(t)$  représente l'énergie cumulée par le système énergétique à l'instant  $t$ .

A tout instant  $t$ , l'énergie maximale  $e_{\text{max}}(t)$  qui peut être déchargée par un composant de stockage déchargeable (composant de stockage d'énergie stationnaire ou batterie de véhicule automobile) s'écrit :

$$e(t) = E_{\text{max}}(t) - E_{\text{min}}(t)$$

Où  $E_{\text{max}}(t)$  représente l'énergie cumulée maximale et  $E_{\text{min}}(t)$  l'énergie minimale cumulée par le composant, à l'instant  $t$ . Pour une unité déchargeable, l'énergie maximale qui peut être déchargée sur la période  $[t_1, t_2]$  est donnée par :

$$e_{\text{max}}[t_1, t_2] = \max_{[t_1, t_2]} (e(t))$$

Enfin, le système énergétique peut être impacté par une modification de l'énergie provenant d'un dispositif de production d'énergie. Pour cela, la grandeur  $\text{dimMin}_{[t_1 \ t_2]}$  est considérée, qui représente la diminution maximale de l'énergie minimale cumulée par un tel dispositif entre les instants  $t_1$  et  $t_2$ .

Finalement nous pouvons résumer mathématiquement les conditions explicitées précédemment par :

10

Pour tout  $t_1$  et  $t_2$  compris entre  $t_i$  et  $t_j$ , ( $t_i \leq t_1 \leq t_2 \leq t_j$ ),

$$\text{dimMax}(t_i, t_j) \leq \sum_{\text{unités déchargeables}} \text{emax}_{[t_1 \ t_2]} + \sum_{\text{toutes unités}} \text{dimMin}_{[t_1 \ t_2]}$$

La figure 15 illustre l'impact de cette condition dans l'exemple mentionné précédemment, pour  $t_1 = 8H$  et  $t_2 = 12H$ . La courbe 63 représente une évolution possible de l'énergie cumulée par le système énergétique : les étapes précédentes du procédé permettent d'informer à un opérateur que cette évolution est possible par les vérifications suivantes :

- La courbe 63 reste comprise entre les limites supérieure et inférieure définies respectivement par les courbes 61 et 62 définies précédemment ;
- Sur chaque sous-intervalle  $[t_1, t_2]$ , il doit être vérifié que la diminution maximale d'énergie  $\text{dimMax}$  ne dépasse pas le plafond maximal possible, selon l'approche décrite ci-dessus.

Lorsque les étapes décrites précédemment ont été effectuées, regroupées dans une phase dite de modélisation, un opérateur du système énergétique va pouvoir définir une évolution future du fonctionnement du système énergétique, dans une étape de définition du fonctionnement E30

- sur la période future du système énergétique. Pour cela, il pourra ajouter une ou des conditions complémentaires provenant de critères d'optimisation choisis, comme par exemple le souhait d'un coût minimal de l'énergie utilisée, qui lui permettront de calculer rapidement une
- 5 évolution du système énergétique dans les limites prédéfinies par la phase de modélisation. Cette modélisation qui consiste à formuler une série de contraintes sur la puissance consommée par les différents composants du système ainsi que sur l'énergie cumulée est particulièrement adaptée pour les méthodes de gestion de recharge qui reposent sur une optimisation.
- 10 Ce résultat sera ensuite utilisé pour définir des consignes et/ou des actions sur le système énergétique, pour le maintenir dans les conditions calculées et prédéfinies, par l'opérateur qui le gèrera en temps réel ou quasi-réel durant la période considérée.

Revendications

1. Procédé de gestion d'un système énergétique comprenant un ensemble de bornes de recharge (3) de batteries et des batteries (4) d'une flotte de véhicules automobiles électriques aptes à se connecter à une desdites bornes de recharge (3), éventuellement un ou plusieurs dispositifs de production d'énergie renouvelable (2), et éventuellement un ou plusieurs dispositifs de stockage d'énergie (5) stationnaire, caractérisé en ce qu'il comprend une phase de modélisation du fonctionnement du système énergétique (1) sur une période future, qui comprend la répétition des étapes suivantes pour plusieurs instants  $t_i$  futurs de la période future :
- (E14) : détermination de la puissance maximale qui pourra être absorbée par le système énergétique à un instant  $t_i$  considéré ;
- (E16) : détermination de la puissance minimale qui pourra être absorbée par le système énergétique à l'instant  $t_i$  considéré ;
- (E18) : détermination de l'énergie maximale qui pourra être cumulée par le système énergétique entre l'instant initial de la période future et l'instant  $t_i$  considéré ;
- (E20) : détermination de l'énergie minimale qui peut être cumulée par le système énergétique entre l'instant initial de la période future et l'instant  $t_i$  considéré.
2. Procédé de gestion d'un système énergétique selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes mises en œuvre pour plusieurs instants  $t_i$  futurs de la période future :
- (E10) : calcul d'une puissance maximale et minimale qui pourra être absorbée par chaque composant du système énergétique (1) à un instant  $t_i$  considéré ;

(E12) : calcul d'une énergie maximale et minimale qui peut être cumulée par chaque composant du système énergétique (1) à un instant  $t_i$  considéré ; et en ce que

- 5                   - l'étape de détermination (E14) de la puissance maximale qui pourra être absorbée par le système énergétique à l'instant  $t_i$  est calculée par la somme des puissances maximales qui pourront être absorbées par chaque composant du système énergétique (1);
- 10                  - l'étape de détermination (E16) de la puissance minimale qui pourra être absorbée par le système énergétique à l'instant  $t_i$  est calculée par la somme des puissances minimales qui pourront être absorbées par chaque composant du système énergétique (1);
- 15                  - l'étape de détermination (E18) de l'énergie maximale qui pourra être cumulée par le système énergétique entre l'instant initial de la période future et l'instant  $t_i$  est calculée par la somme des énergies maximales qui pourront être cumulées par chaque composant du système énergétique entre l'instant initial et l'instant  $t_i$  ;
- 20                  - l'étape de détermination (E20) de l'énergie minimale qui pourra être cumulée par le système énergétique entre l'instant initial de la période future et l'instant  $t_i$  est calculée par la somme des énergies minimales qui pourront être cumulées par chaque composant du
- 25                  système énergétique entre l'instant initial et l'instant  $t_i$ .

3. Procédé de gestion d'un système énergétique selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend une étape préalable (E8) de mémorisation de données individuelles

relatives à tout ou partie des composants du système énergétique, parmi lesquelles :

- 5 - Une heure d'arrivée et/ou de départ d'un véhicule électrique ;
- Une quantité d'énergie comprise dans une batterie d'un véhicule automobile à son arrivée et/ou à son départ ;
- Une puissance maximale de recharge d'une batterie d'un véhicule automobile ;
- 10 - Un rendement de charge et/ou de décharge d'une batterie d'un véhicule automobile ;
- Une heure de début et/ou de fin de disponibilité d'un dispositif de stockage d'énergie (5) stationnaire ;
- Une quantité d'énergie comprise au sein d'un dispositif de stockage d'énergie (5) stationnaire au début de sa
- 15 disponibilité ;
- Une quantité d'énergie maximale qui peut être comprise au sein d'un dispositif de stockage d'énergie (5) stationnaire ;
- Une puissance maximale de charge et/ou de décharge
- 20 d'un dispositif de stockage d'énergie (5) stationnaire ;
- Un rendement de charge et/ou de décharge d'un dispositif de stockage d'énergie (5) stationnaire ;
- Une estimation de la production d'énergie future par un dispositif de production d'énergie renouvelable (2) ;
- 25 - Un paramètre de régulation à la baisse de la production d'énergie future par un dispositif de production d'énergie renouvelable (2).

4. Procédé de gestion d'un système énergétique selon la  
30 revendication 2 ou 3, caractérisé en ce qu'il comprend une étape

- 5 d'estimation de la puissance maximale qui pourra être absorbée par une batterie d'un véhicule automobile sur la période future en prenant pour valeurs la puissance maximale de charge de la batterie aux instants pour lesquels la batterie est connectée à une borne de charge (3) et une valeur nulle pour les autres instants, et/ou en ce qu'il comprend une étape d'estimation de la puissance minimale qui pourra être absorbée par une batterie d'un véhicule automobile sur la période future en prenant pour valeurs sa puissance maximale en décharge aux instants pour lesquels la batterie est connectée à une borne de charge (3) si elle est de nature bidirectionnelle et une valeur nulle si elle est de nature monodirectionnelle, et une valeur nulle pour les autres instants.
- 10
- 15 5. Procédé de gestion d'un système énergétique selon l'une des revendications 2 à 4, caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'estimation de la puissance maximale qui pourra être absorbée par un dispositif de stockage d'énergie (5) stationnaire en prenant pour valeur la puissance de charge maximale et constante sur toute la période future, et/ou en ce qu'il comprend une étape d'estimation de la puissance minimale qui pourra être absorbée par un dispositif de stockage d'énergie (5) stationnaire en prenant pour valeur la puissance de décharge maximale et constante sur toute la période future.
- 20
- 25 6. Procédé de gestion d'un système énergétique selon l'une des revendications 2 à 5, caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'estimation de la puissance minimale qui pourra être absorbée par un dispositif de production d'énergie renouvelable (2), cette puissance absorbée étant négative, en prenant pour valeur la valeur obtenue par un modèle d'estimation de la production future d'énergie sur la période future par le dispositif de production
- 30

- 5 d'énergie renouvelable (2), et/ou en ce qu'il comprend une étape d'estimation de la puissance maximale qui pourra être absorbée par un dispositif de production d'énergie renouvelable (2) en prenant pour valeur le résultat d'un calcul comprenant l'application d'un paramètre de régulation à la baisse de la production d'énergie future estimée.
- 10 7. Procédé de gestion d'un système énergétique selon l'une des revendications 2 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'estimation de l'énergie maximale qui pourra être cumulée par une batterie d'un véhicule automobile sur la période future en considérant qu'elle est rechargée au plus tôt et avec la puissance maximale après sa connexion à une borne de charge (3), et/ou en ce qu'il comprend une étape d'estimation de l'énergie minimale qui
- 15 pourra être cumulée par une batterie d'un véhicule automobile sur la période future en considérant qu'elle est rechargée au plus tard avec la puissance maximale après sa connexion à une borne de charge (3).
- 20 8. Procédé de gestion d'un système énergétique selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'estimation de l'énergie maximale qui pourra être cumulée par une batterie bidirectionnelle d'un véhicule automobile sur la période future en considérant qu'elle est rechargée au plus tôt avec
- 25 la puissance maximale jusqu'à son état de charge maximal, à un état de charge supérieur à celui souhaité par l'utilisateur du véhicule automobile, puis qu'elle est déchargée au plus tard avec la puissance maximale de décharge pour atteindre l'état de charge souhaité à l'instant de départ du véhicule automobile, et/ou en ce
- 30 qu'il comprend une étape d'estimation de l'énergie minimale qui pourra être cumulée par une batterie bidirectionnelle d'un véhicule

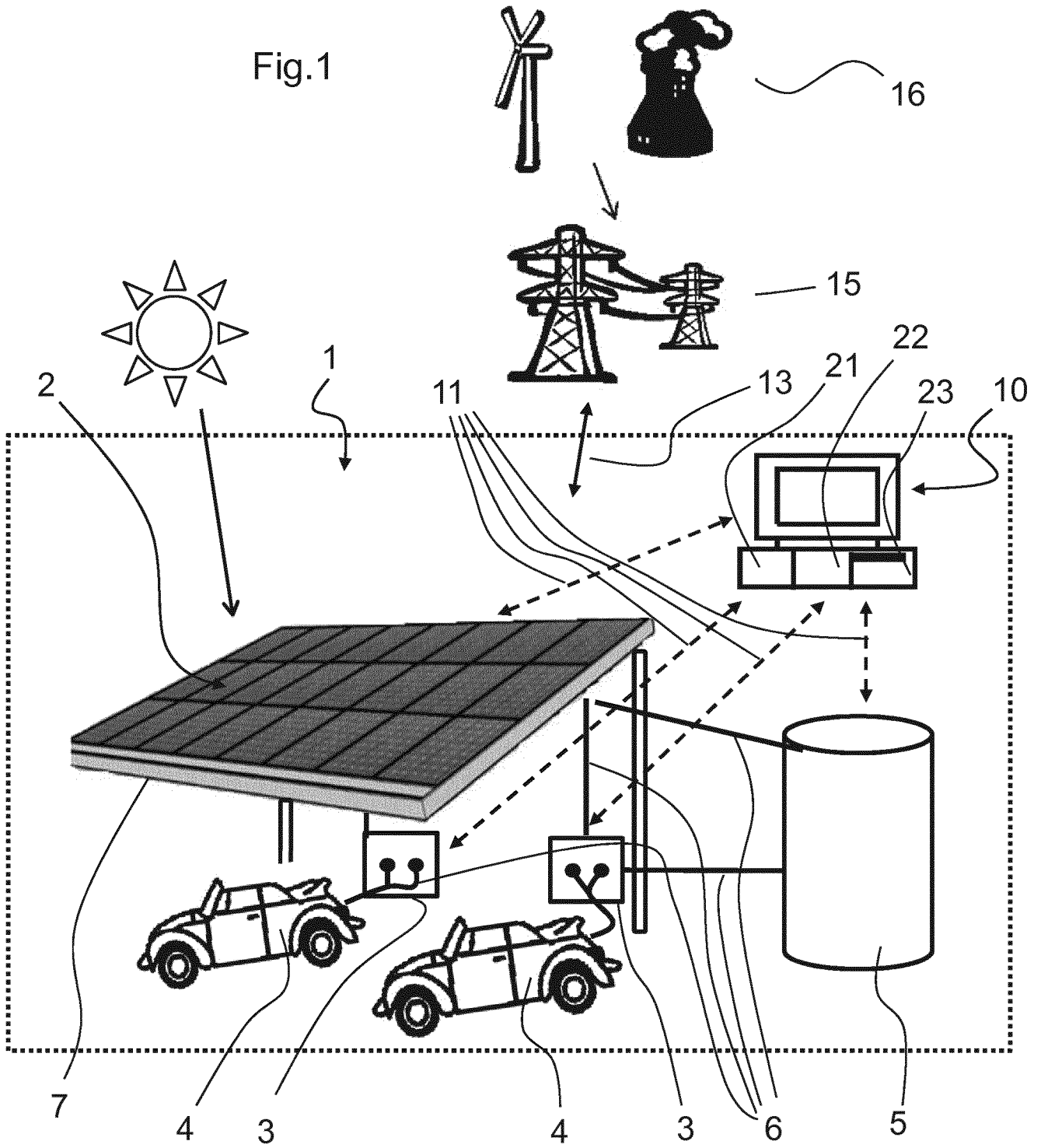
- 5 automobile sur la période future en considérant qu'elle est déchargée au plus tôt avec la puissance maximale de décharge jusqu'à son état de charge minimal, puis qu'elle est chargée au plus tard avec la puissance maximale de charge pour atteindre l'état de charge souhaité à l'instant de départ du véhicule automobile.
9. Procédé de gestion d'un système énergétique selon l'une des revendications 2 à 8, caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'estimation de l'énergie maximale qui pourra être cumulée par un  
10 dispositif de stockage d'énergie (5) stationnaire en supposant qu'il est chargé au plus tôt à la puissance de charge maximale, jusqu'à atteindre son état de charge maximal, et/ou en ce qu'il comprend une étape d'estimation de l'énergie minimale qui pourra être cumulée par un dispositif de stockage d'énergie (5) stationnaire en  
15 supposant qu'il est déchargé au plus tôt à la puissance de décharge maximale, jusqu'à atteindre son état de charge minimal.
10. Procédé de gestion d'un système énergétique selon l'une des revendications 2 à 9, caractérisé en ce qu'il comprend une étape  
20 d'estimation de l'énergie minimale qui pourra être cumulée par un dispositif de production d'énergie renouvelable (2) en prenant pour valeur sa production future estimée à la puissance maximale et/ou en ce qu'il comprend une étape d'estimation de l'énergie minimale qui pourra être cumulée par un dispositif de production d'énergie  
25 renouvelable (2) en prenant pour valeur le résultat d'un calcul comprenant l'application d'un paramètre de régulation à la baisse de la production d'énergie future estimée.
11. Procédé de gestion d'un système énergétique selon l'une des  
30 revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une

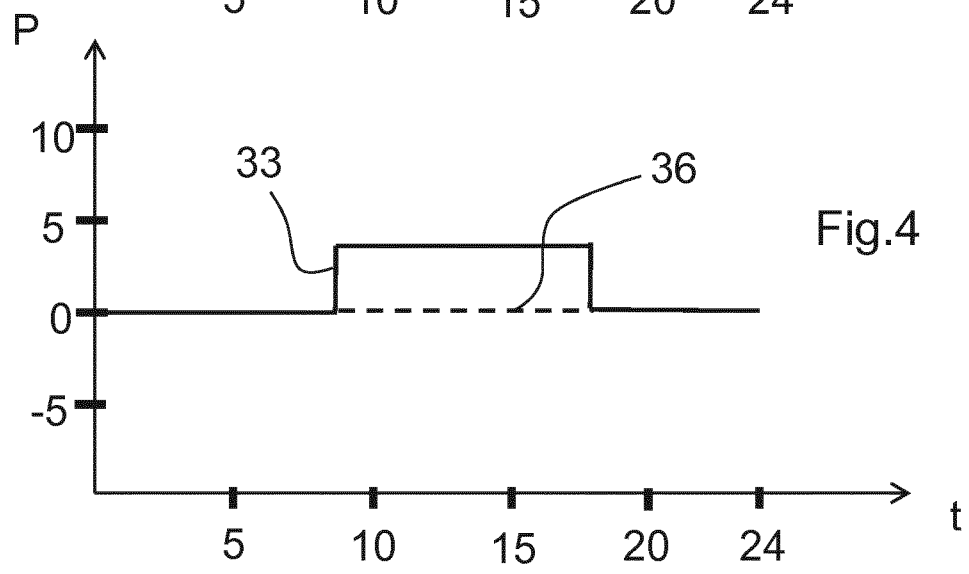
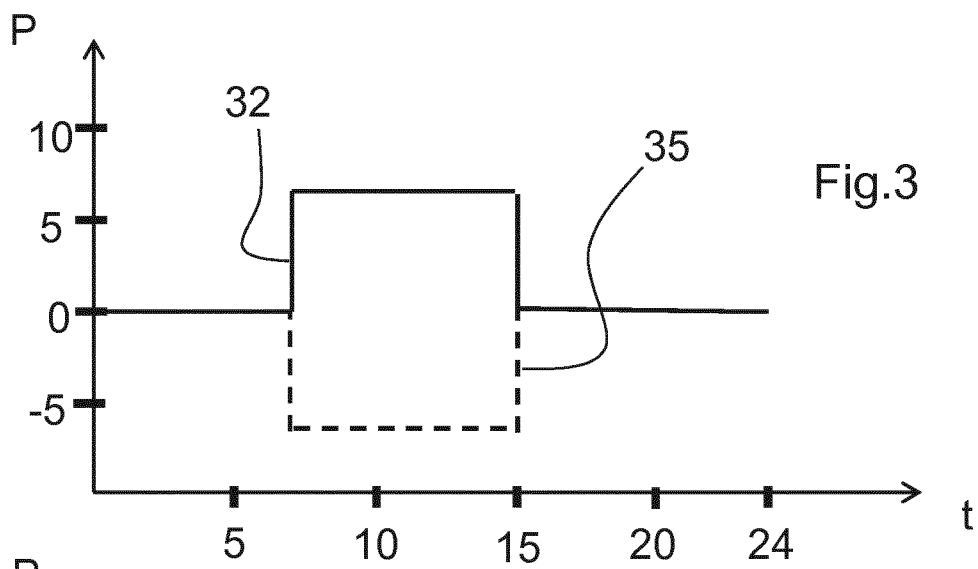
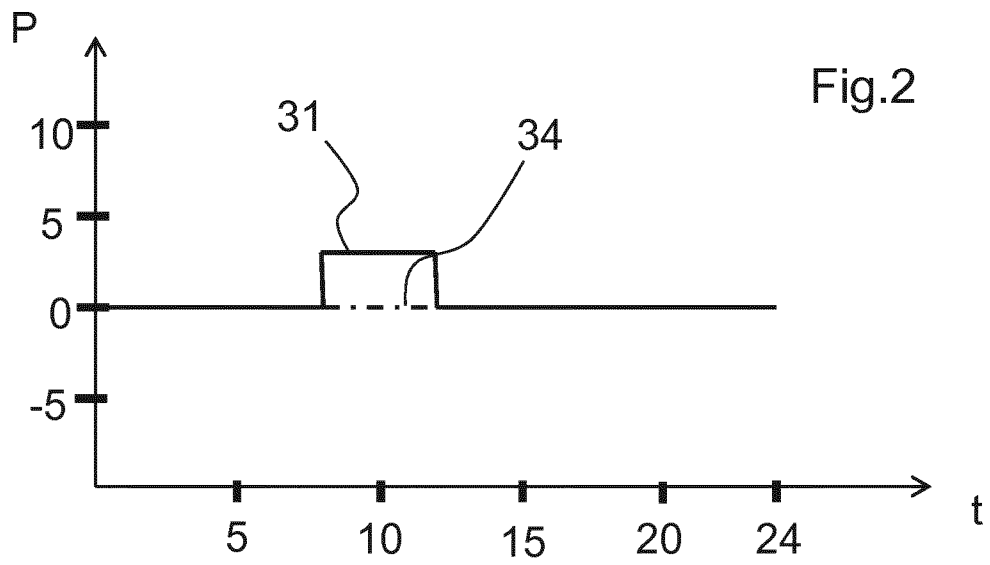
étape de détermination (E22) de la diminution maximale possible de l'énergie du système énergétique entre deux instants.

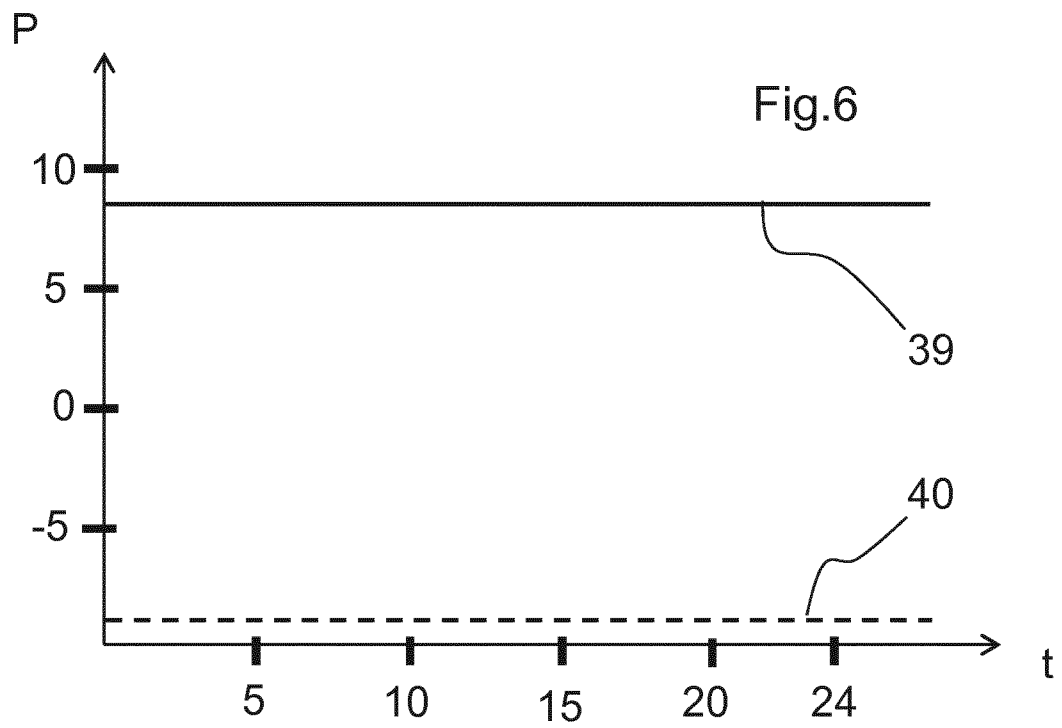
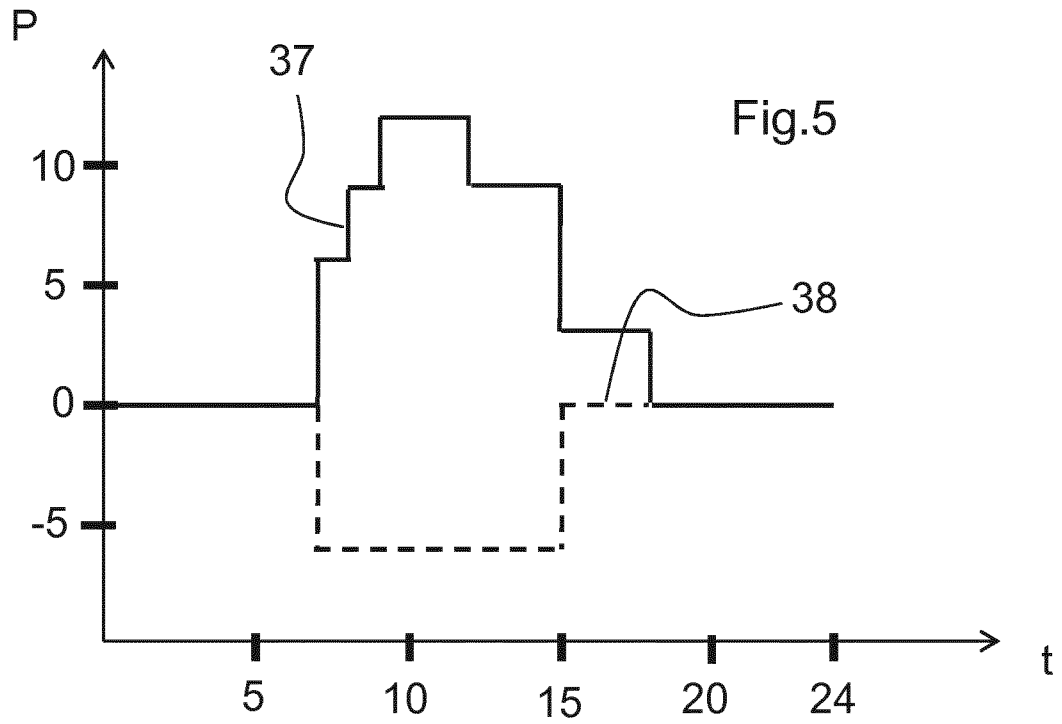
- 5 12. Procédé de gestion d'un système énergétique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de définition de consignes de fonctionnement d'un système énergétique pour définir des points de fonctionnement optimisés du système énergétique sur la période future respectant les limites fixées par les puissance et énergie maximales et minimales
- 10 définies par la phase de modélisation.
13. Support d'enregistrement de données lisible par un ordinateur sur lequel est enregistré un programme d'ordinateur comprenant des moyens logiciels de mise en œuvre des étapes du procédé selon
- 15 l'une des revendications 1 à 12.
14. Unité de gestion (10) d'un système énergétique (1), caractérisée en ce qu'elle comprend des composants matériel et logiciel, et un dispositif de communication apte à communiquer avec un dispositif
- 20 de production d'énergie renouvelable (2) et des bornes de charge (3), et en ce qu'elle met en œuvre un procédé de gestion d'un système énergétique (1) selon l'une des revendications 1 à 12.
15. Système énergétique (1) comprenant au moins un ensemble de bornes de recharge (3) de batteries et des batteries (4) d'une flotte
- 25 de véhicules automobiles électriques aptes à se connecter à une desdites bornes de recharge (3), éventuellement un ou plusieurs dispositifs de production d'énergie renouvelable (2), et éventuellement un ou plusieurs dispositif de stockage d'énergie (5)
- 30 stationnaire, caractérisé en ce qu'il comprend une unité de gestion

(10) qui met en œuvre un procédé de gestion selon l'une des revendications 1 à 12.

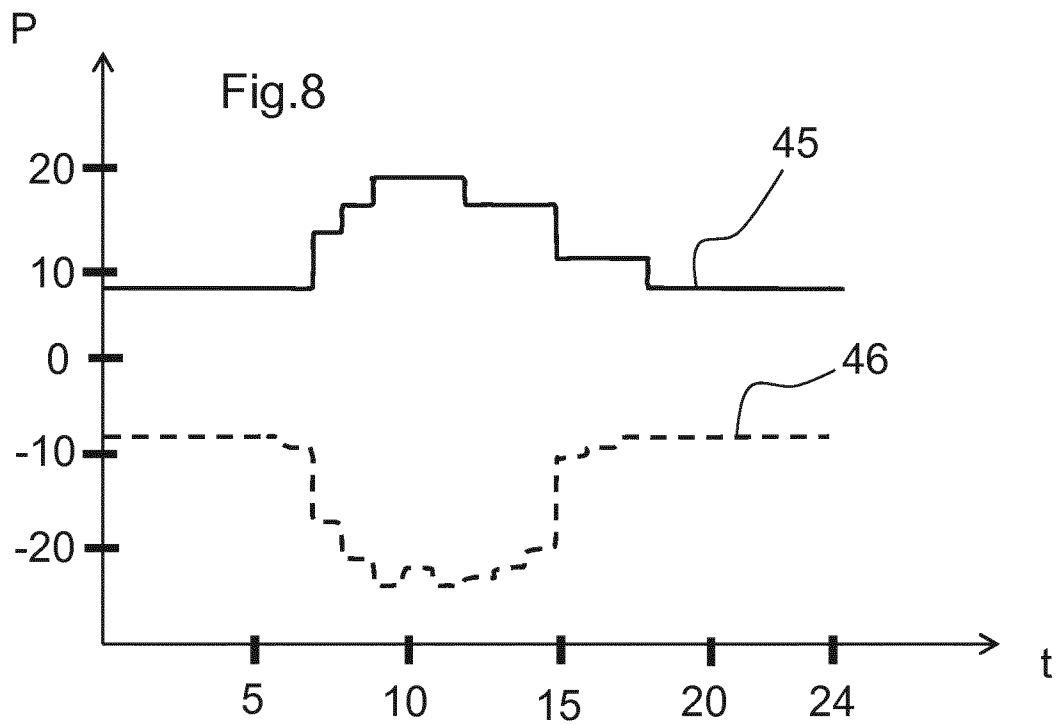
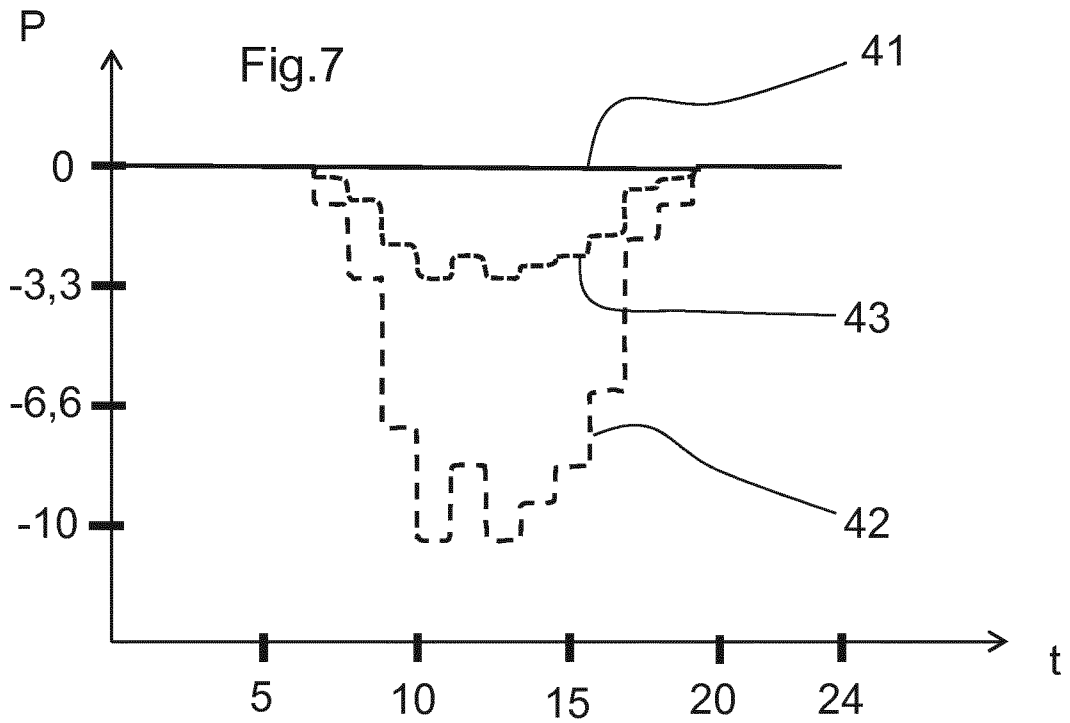
Fig.1

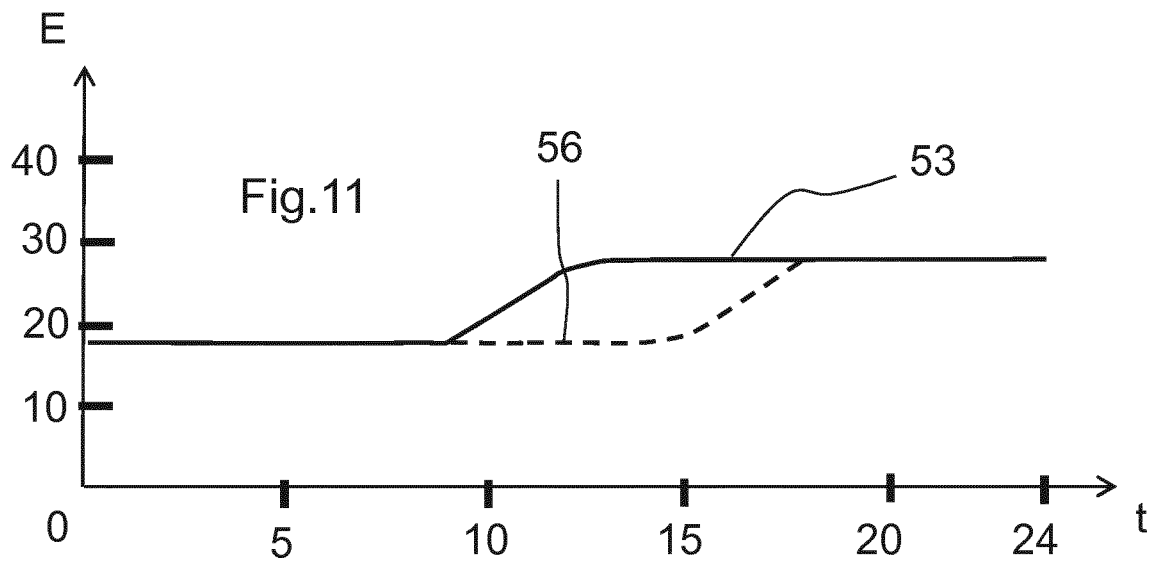
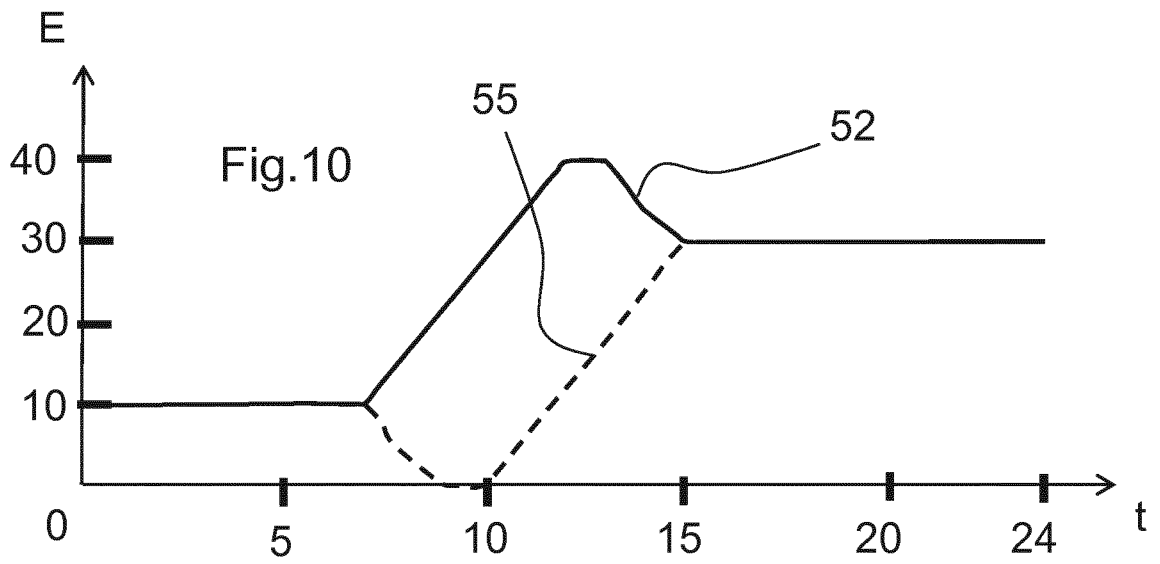
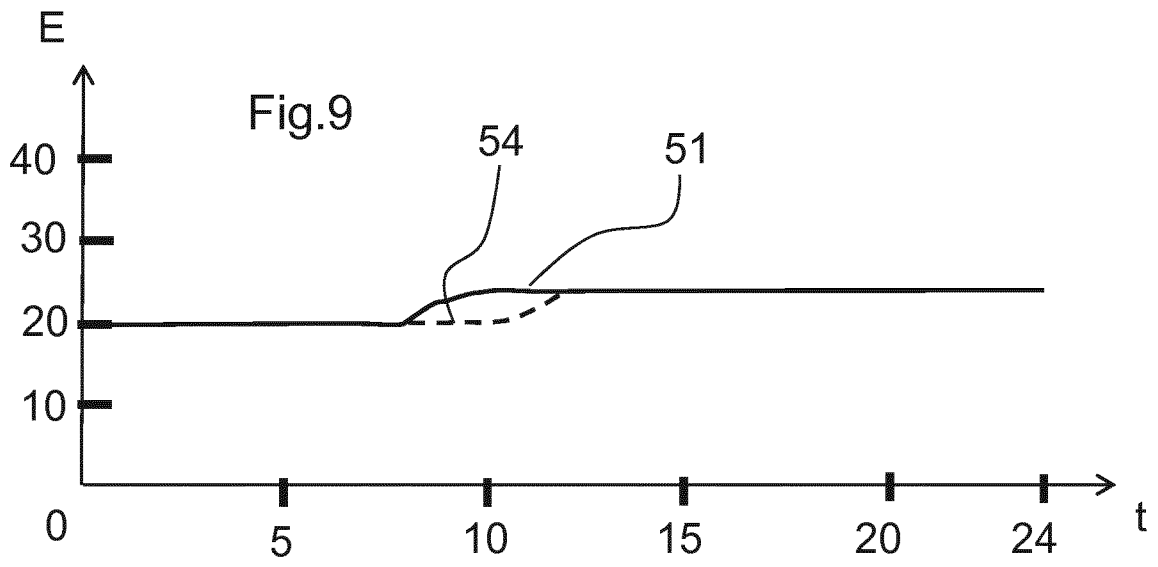


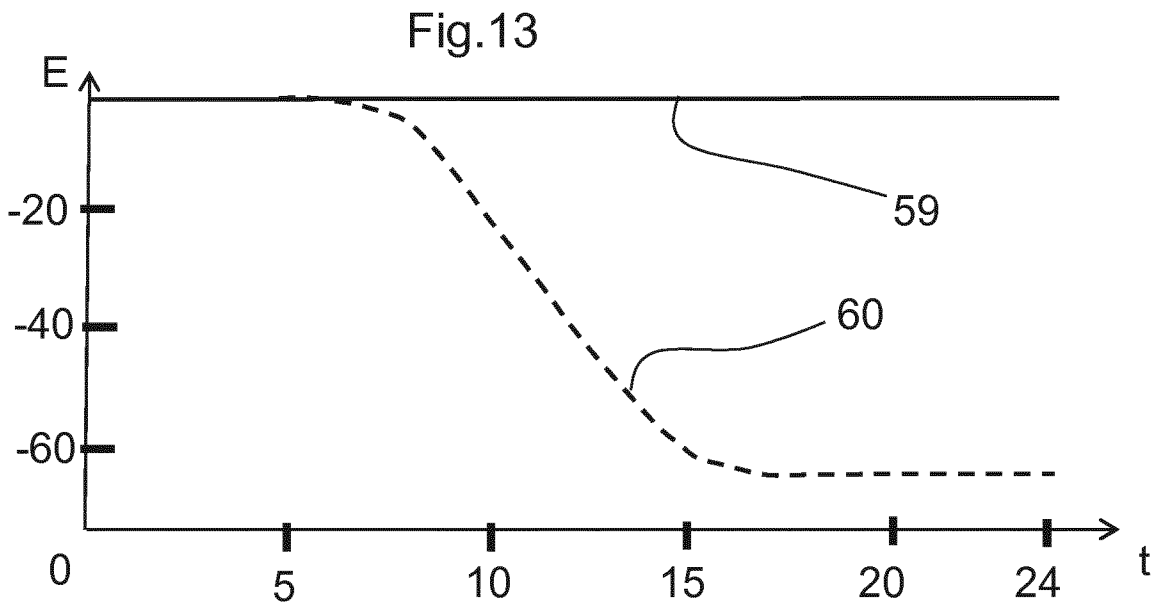
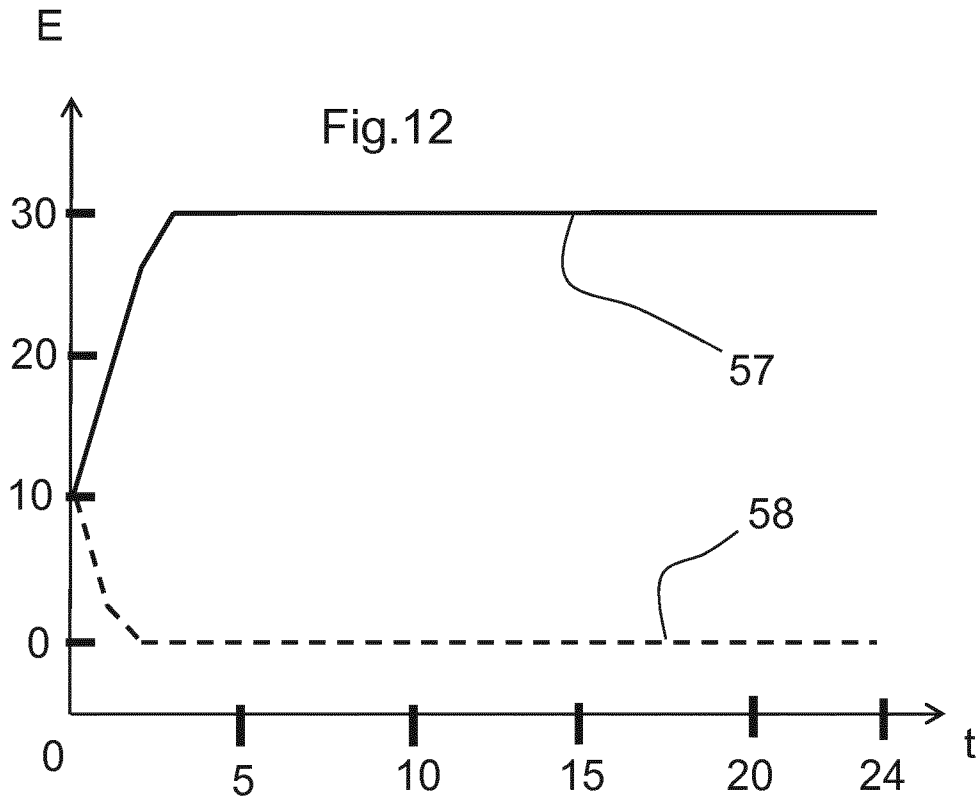


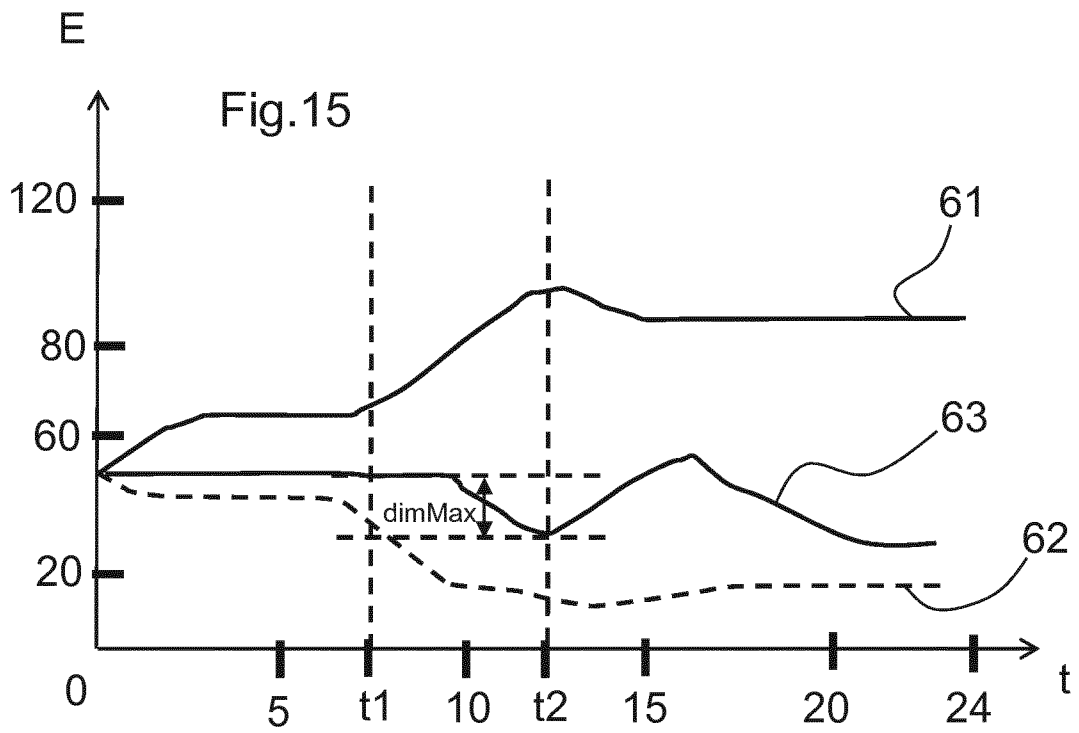
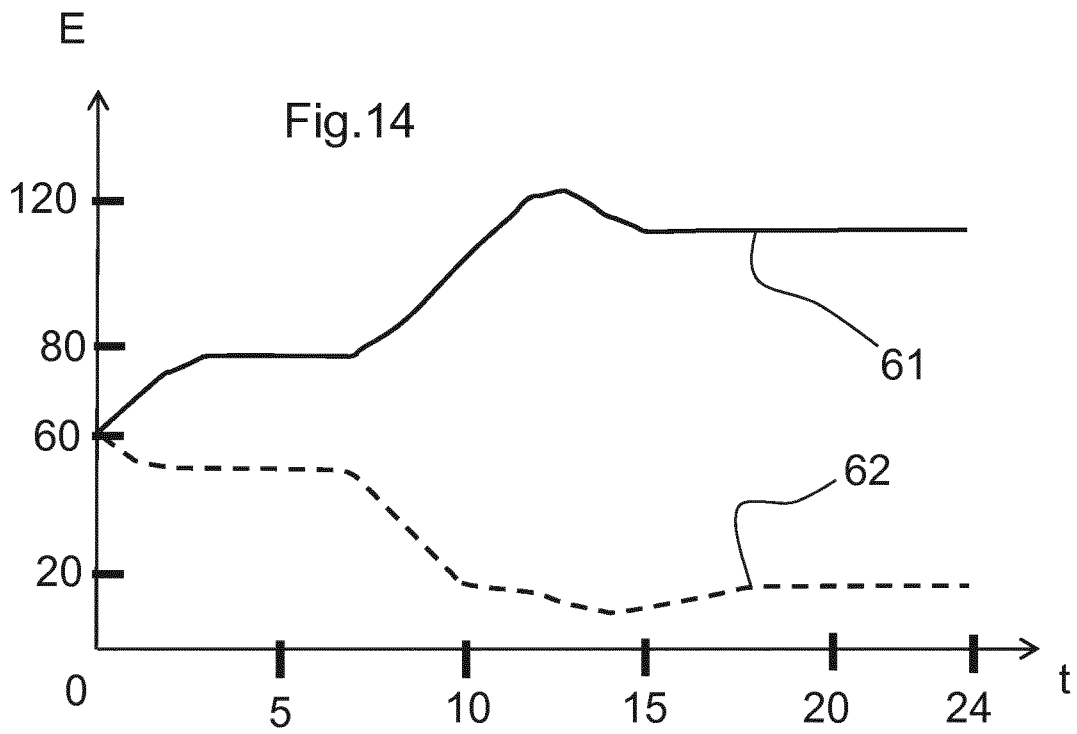


4/8



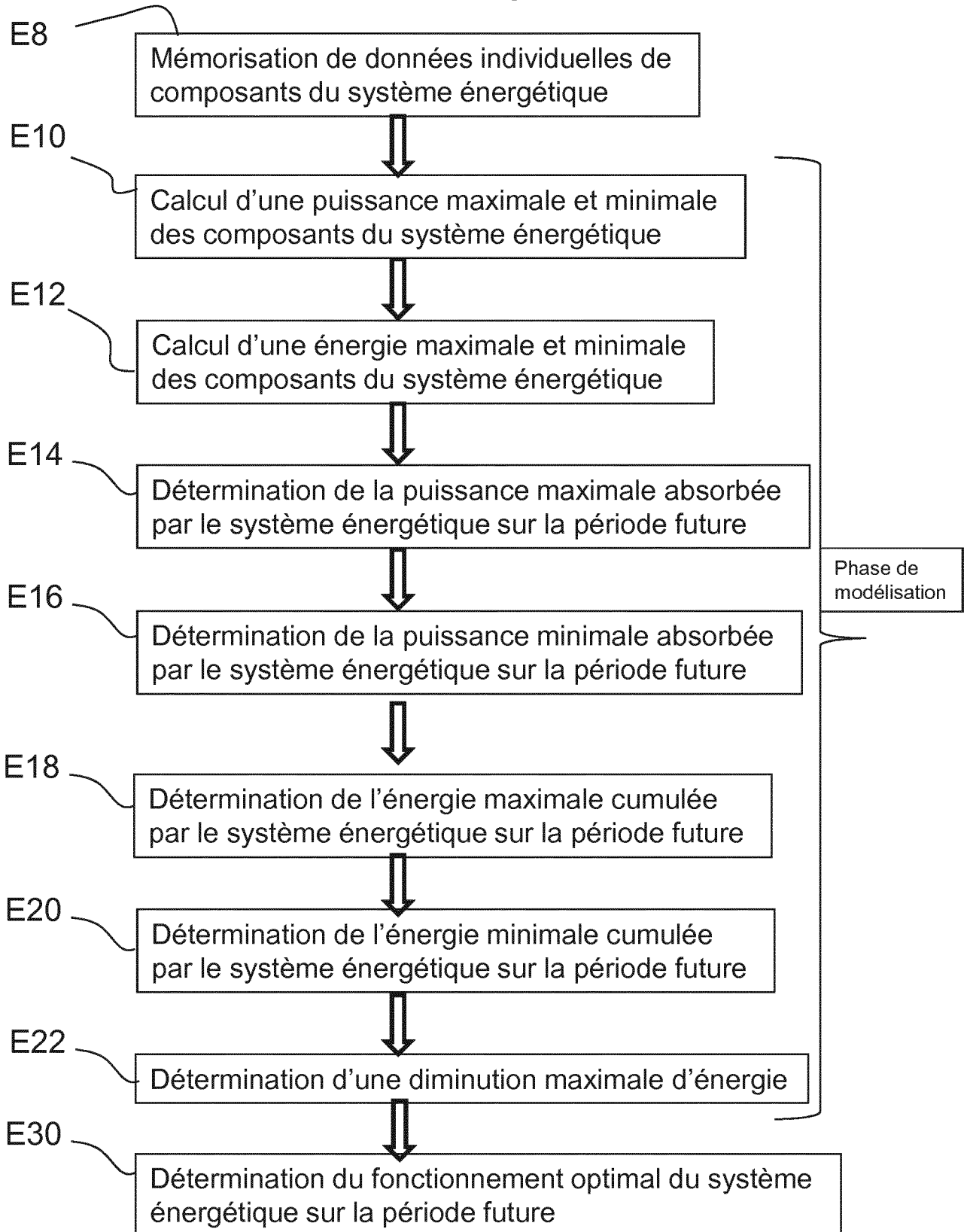






8/8

Fig.16



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2015/075299

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. G06Q50/06  
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)  
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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	BOURRY FRANCK ET AL: "Advanced simulation tool for the optimal management of photovoltaic generation in combined systems", 2013 IEEE GRENOBLE CONFERENCE, IEEE, 16 June 2013 (2013-06-16), pages 1-6, XP032519817, DOI: 10.1109/PTC.2013.6652469 the whole document ----- -/--	1-15

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

23 November 2015

Date of mailing of the international search report

03/12/2015

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

Bauer, Rodolphe

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2015/075299

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>HERVE GUILLOU ET AL: "Power allocation problem in charging electric vehicles with photovoltaic production", SUPPLY CHAIN MANAGEMENT AND INFORMATION SYSTEMS (SCMIS), 2010 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 6 October 2010 (2010-10-06), pages 1-6, XP031844715, ISBN: 978-1-4244-7981-8 the whole document</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-15
X	<p>NGUYEN VAN-LINH ET AL: "Charging strategies to minimize the energy cost for an electric vehicle fleet", IEEE PES INNOVATIVE SMART GRID TECHNOLOGIES, EUROPE, IEEE, 12 October 2014 (2014-10-12), pages 1-7, XP032730674, DOI: 10.1109/ISGTEUROPE.2014.7028894 the whole document</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-15

<p>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE                  INV. G06Q50/06                  ADD.</p>		
<p>Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB</p>		
<p>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</p>		
<p>Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)                  G06Q</p>		
<p>Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche</p>		
<p>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</p>		
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</p>		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	<p>BOURRY FRANCK ET AL: "Advanced simulation tool for the optimal management of photovoltaic generation in combined systems",                  2013 IEEE GRENOBLE CONFERENCE, IEEE, 16 juin 2013 (2013-06-16), pages 1-6, XP032519817,                  DOI: 10.1109/PTC.2013.6652469                  le document en entier</p> <p style="text-align: center;">-----                  -/--</p>	1-15
<p><input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <span style="margin-left: 200px;"><input type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</span></p>		
<p>* Catégories spéciales de documents cités:</p> <p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" document qui fait partie de la même famille de brevets</p>		
<p>Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée</p> <p style="text-align: center;">23 novembre 2015</p>		<p>Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale</p> <p style="text-align: center;">03/12/2015</p>
<p>Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale</p> <p style="text-align: center;">Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2                  NL - 2280 HV Rijswijk                  Tel. (+31-70) 340-2040,                  Fax: (+31-70) 340-3016</p>		<p>Fonctionnaire autorisé</p> <p style="text-align: center;">Bauer, Rodolphe</p>

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	<p>HERVE GUILLOU ET AL: "Power allocation problem in charging electric vehicles with photovoltaic production",                      SUPPLY CHAIN MANAGEMENT AND INFORMATION SYSTEMS (SCMIS), 2010 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 6 octobre 2010 (2010-10-06), pages 1-6, XP031844715,                      ISBN: 978-1-4244-7981-8                      le document en entier</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-15
X	<p>NGUYEN VAN-LINH ET AL: "Charging strategies to minimize the energy cost for an electric vehicle fleet",                      IEEE PES INNOVATIVE SMART GRID TECHNOLOGIES, EUROPE, IEEE, 12 octobre 2014 (2014-10-12), pages 1-7, XP032730674,                      DOI: 10.1109/ISGTEUROPE.2014.7028894                      le document en entier</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-15