

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 17.02.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 23.08.24 Bulletin 24/34.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : ELECTRICITE DE FRANCE Société anonyme — FR et AVIGNON UNIVERSITE ETABLISSEMENT PUBLIC A CARACTERE SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE — FR.

72 Inventeur(s) : SOHET Benoît, BEAUDE Olivier, BREAL Jean-Baptiste et HAYEL Yezekael.

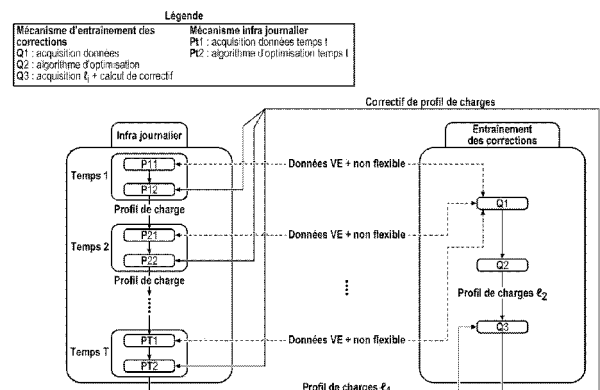
73 Titulaire(s) : ELECTRICITE DE FRANCE Société anonyme, AVIGNON UNIVERSITE ETABLISSEMENT PUBLIC A CARACTERE SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE.

74 Mandataire(s) : REGIMBEAU.

54 PROCEDE DE GESTION D'UNE STATION DE RECHARGE DE VEHICULES ELECTRIQUES.

57 L'invention concerne un procédé de gestion d'une station de recharge de véhicules électriques, la station de recharge comprenant une pluralité de bornes de recharge, chaque borne de recharge étant propre à être raccordée à un véhicule électrique pour délivrer au véhicule électrique une puissance électrique au cours du temps selon un profil de recharge, dans lequel à chaque fois qu'un nouveau véhicule électrique entre dans la station de recharge, un profil de recharge corrigé est attribué au véhicule électrique entrant comme une combinaison d'un profil de recharge de base qui dépend des profils de recharge des véhicules électriques déjà présents dans la station de recharge au moment de l'entrée du véhicule électrique entrant, et d'un profil de correction qui dépend de caractéristiques du jour au cours duquel le véhicule électrique entrant est entré dans la station de recharge, le profil de correction ayant été déterminé à partir d'un historique de scénarios d'activité de la station de recharge.

Figure pour l'abrégié : figure 6



Description

Titre de l'invention : PROCÉDE DE GESTION D'UNE STATION DE RECHARGE DE VÉHICULES ÉLECTRIQUES

DOMAINE DE L'INVENTION

[0001] L'invention concerne un procédé de gestion d'une station de recharge de véhicules électriques.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE

[0002] Les usagers de véhicules électriques ont généralement le choix concernant les horaires et les lieux de recharge de leurs véhicules électriques.

[0003] Afin de limiter les pics de consommation, les utilisateurs de véhicules électriques sont encouragés à recharger les batteries des véhicules électriques pendant les heures de plus faible consommation (ou « heures creuses ») et à éviter de recharger les batteries des véhicules électriques pendant les heures de consommation plus élevée (ou « heures pleines »). A cet effet, il est possible de proposer à ces utilisateurs deux tarifs : un premier tarif (plus faible) pour l'énergie électrique consommée pendant les heures creuses et un deuxième tarif (plus élevé) pour l'énergie électrique consommée pendant les heures pleines.

[0004] Toutefois, hormis la recharge durant les heures « creuses » qui est encouragée dans certains endroits, dans les infrastructures de recharge publiques, les utilisateurs n'ont généralement pas de raison de faire des choix qui permettraient de soulager le réseau de distribution électrique et de limiter les pics de consommation.

[0005] Deux grandes difficultés pour les opérateurs d'infrastructure et de service de recharge cherchant à inciter les usagers de véhicules électriques à une meilleure flexibilité sont de :

[0006] 1. Faire face à un certain nombre de paramètres et « contraintes » associés à la charge imparfaitement connus (ou connus seulement via des modèles statistiques auxquels sont nécessairement associées des erreurs). Des exemples de tels paramètres sont les besoins en recharge des véhicules électrique (c'est-à-dire l'énergie électrique à ajouter dans la batterie), les heures d'arrivée et de départ des véhicules électrique.

[0007] 2. Adapter les informations et incitations (tarif de recharge par exemple) à la flexibilité / l'effort fait effectivement par les véhicules électriques pour aller dans le sens d'une bonne recharge (participation à une meilleure Qualité de Service (QoS) de recharge, diminution de contraintes locales/globales liées au système électrique, etc.).

[0008] Typiquement un véhicule électrique présent plus longtemps dans une station de recharge (par exemple de 9H00 à 18H00) qu'un autre véhicule électrique (par exemple seulement sur la « pause midi » de 12H00 à 14H00) offre plus de possibilité pour

« déplacer » le moment de sa recharge, donc plus de flexibilité à l'opérateur de la station de recharge.

[0009] De même, un utilisateur qui accepterait de recharger son véhicule électrique dans une station de recharge vide (quitte à faire quelques centaines de mètres en plus) peut aussi offrir de la flexibilité à l'opérateur de gestion d'un ensemble de stations de recharge.

Résumé de l'invention

[0010] Un but de l'invention est de proposer un procédé de gestion d'une ou de plusieurs stations de recharge de véhicules électriques, permettant de limiter les pics de consommation d'énergie électrique et/ou d'offrir une qualité de service améliorée et/ou de diminuer l'impact de la recharge sur le site de la station de recharge, tout en fournissant un service de recharge efficace des véhicules électriques.

[0011] Ce but est atteint dans le cadre de la présente invention grâce à un procédé de gestion d'une ou plusieurs station(s) de recharge de véhicules électriques, la ou les station(s) de recharge comprenant une pluralité de bornes de recharge, chaque borne de recharge étant propre à être raccordée à un véhicule électrique pour délivrer au véhicule électrique une puissance électrique au cours du temps selon un profil de recharge, le procédé comprenant une étape de :

a – à l'entrée d'un véhicule électrique dans la station de recharge, attribuer au véhicule électrique entrant un profil de recharge de base, le profil de recharge de base comprenant une série de valeurs de puissance électrique à fournir par l'une des bornes de recharge au véhicule électrique entrant, chaque valeur de puissance électrique étant associée à une plage horaire, le profil de recharge de base étant déterminé en fonction d'une valeur d'un besoin en énergie électrique déclarée du véhicule électrique entrant, d'un instant de sortie déclaré du véhicule électrique entrant, de valeurs de besoins résiduels en énergie électrique de véhicules électriques déjà présents dans la station de recharge au moment de l'entrée du véhicule électrique entrant, et d'instant de sortie déclarés des véhicules électriques déjà présents dans la station de recharge,

b – attribuer au véhicule électrique entrant un profil de correction comprenant une série de valeurs de correction, chaque valeur de correction étant associée à une plage horaire, le profil de correction étant déterminé en fonction d'un instant d'entrée du véhicule électrique entrant, des valeurs de besoins résiduels en énergie électrique de véhicules électriques déjà présents dans la station de recharge au moment de l'entrée du véhicule électrique entrant, des instants de sortie déclarés des véhicules électriques déjà présents dans la station de recharge, et d'une classe du jour au cours duquel le véhicule électrique entrant est entré dans la station de recharge,

c - appliquer à chaque valeur de puissance électrique du profil de recharge de base associé à une plage horaire donnée, une valeur corrective du profil de correction

associée à la plage horaire donnée, de manière à générer un profil de recharge corrigé attribué au véhicule électrique entrant,

d - commander une recharge du véhicule électrique entrant par la borne de recharge selon le profil de recharge corrigé attribué au véhicule électrique entrant, et

e – à l'entrée d'un nouveau véhicule électrique dans la station de recharge, renouveler les étapes a à d en considérant le nouveau véhicule électrique comme le véhicule électrique entrant.

- [0012] Le procédé proposé permet de tenir compte non seulement du besoin en énergie électrique déclaré du véhicule électrique entrant pour calculer le profil de recharge attribué au véhicule électrique entrant, mais également de l'heure déclarée de sortie du véhicule électrique, des profils de recharge ayant été attribués aux véhicules électriques déjà présents dans la station et d'une classe du jour au cours duquel le véhicule électrique entrant est entré dans la station de recharge.
- [0013] En particulier, le profil de correction peut être déterminé en fonction de données historiques ayant été préalablement enregistrées, ces données historiques comprenant d'une part des profils de recharge de consigne réels attribués à des véhicules ayant été rechargés dans la station de recharge et, d'autre part, des profils de recharge théoriques de ces mêmes véhicules tels qu'ils auraient pu être appliqués pour minimiser les pics de consommation d'énergie électrique de la station de recharge ou pour améliorer la qualité de service de recharge des utilisateurs de véhicules électriques ou pour diminuer l'impact de la recharge sur le site de la station de recharge (c'est-à-dire limiter la facture d'électricité du gestionnaire de site, ou limiter les frais de maintenance et remplacement des équipements de ce site – par exemple les transformateurs de puissance), ou une combinaison de ces objectifs.
- [0014] Ainsi, l'application du profil de correction peut permettre par exemple de mieux lisser les pics de consommation d'énergie électrique de la station de recharge, tout en satisfaisant les besoins en énergie électrique des utilisateurs.
- [0015] De plus, le procédé permet d'adapter le profil de charge attribué à chaque nouveau véhicule entrant dans la station en fonction des événements qui sont survenus précédemment, au cours d'une période de temps prédéfinie, grâce au fait que le profil de correction attribué au véhicule électrique entrant dépend de la classe du jour au cours duquel le véhicule électrique entrant est entré dans la station de recharge.
- [0016] Le procédé peut avantageusement présenter les caractéristiques suivantes :
- [0017] Dans un mode de réalisation possible, le procédé comprend des étapes de :
- f – en même temps que l'étape c, mettre à jour des profils de recharge attribués aux véhicules électriques déjà présents dans la station de recharge, et
 - g – commander une recharge des véhicules électriques déjà présents, selon les profils de recharge mis à jour.

- [0018] Dans un mode de réalisation possible, le profil de recharge corrigé attribué au véhicule électrique entrant est déterminé en fonction de contraintes additionnelles, incluant pour chaque plage horaire, une valeur de puissance électrique maximale pouvant être fournie par la borne de recharge et/ou une valeur de puissance électrique totale maximale pouvant être fournie par la station de recharge pendant la plage horaire et/ou une valeur de puissance électrique consommée par des équipements, autres que les bornes de recharge, pendant la plage horaire.
- [0019] Dans un mode de réalisation possible, le profil de recharge de base attribué au véhicule électrique entrant est déterminé par la résolution d'un problème d'optimisation de la recharge ayant pour effet de : minimiser une variance au cours du temps de la puissance électrique totale fournie à l'ensemble des véhicules présents dans la station de recharge, ou maximiser la qualité de service de recharge des véhicules électriques, ou minimiser des métriques d'impact sur la station de recharge, ou une combinaison de ces effets.
- [0020] Dans un mode de réalisation possible, le procédé comprend des étapes de :
- h – attribuer au jour au cours duquel le véhicule électrique entrant est entré dans la station de recharge, une classe, parmi une pluralité de classes prédéfinies, au moyen d'un classificateur, les jours d'une même classe présentant des caractéristiques communes.
- [0021] Dans un mode de réalisation possible, le classificateur est configuré pour attribuer une classe à un jour, en fonction :
- de la position du jour dans la semaine, et/ou
 - d'une information selon laquelle le jour est un jour férié ou un jour travaillé, et/ou
 - de données météorologiques du jour, en particulier une température ambiante moyenne du jour.
- [0022] Dans un mode de réalisation possible, le profil de correction attribué au véhicule électrique entrant à l'étape b est généré par une fonction de génération de profils de correction, le procédé comprenant en outre des étapes de :
- i – enregistrer un scénario réel d'activité de la station de recharge pendant une période de temps prédéterminée, le scénario réel d'activité de la station de recharge comprenant pour chaque véhicule électrique ayant utilisé la station de recharge pendant une période de temps prédéterminée : une plage horaire d'arrivée, une plage horaire de départ, une valeur d'un besoin en énergie électrique déclaré, et un profil de recharge de consigne comprenant une série de valeurs de puissance électrique réellement transmis à une borne de recharge de la station de recharge pour commander la recharge du véhicule électrique,
 - j – après que la période de temps prédéterminée s'est écoulée, estimer un scénario théorique d'activité de la station de recharge sur la période de temps prédéterminée, le

scénario théorique d'activité de la station de recharge comprenant pour chaque véhicule électrique ayant utilisé la station de recharge pendant la période de temps prédéterminée : un profil de recharge théorique calculé en fonction des plages horaires d'arrivée, des plages horaires de départ et des valeurs des besoins en énergie électrique déclarées des différents véhicules électriques ayant utilisé la station de recharge pendant la période de temps prédéterminée, et

k – mettre à jour des paramètres de la fonction de génération de profils de correction en fonction d'une erreur entre le scénario réel d'activité et le scénario théorique d'activité.

[0023] Dans un mode de réalisation possible, la période de temps prédéterminée a une durée égale à une journée.

[0024] Dans un mode de réalisation possible, les étapes g à i sont renouvelées à l'expiration de la période de temps prédéterminée, pour une période de temps prédéterminée suivante, de même durée.

[0025] Dans un mode de réalisation possible, le procédé comprend une étape de :
j – pour chaque véhicule électrique ayant utilisé la station de recharge pendant la période de temps prédéterminée, calculer un surplus d'énergie électrique qui aurait été délivré au véhicule électrique et/ou une plage horaire anticipée durant laquelle la recharge du véhicule électrique aurait été terminée si le scénario théorique d'activité estimé à l'étape h avait eu lieu pendant la période de temps prédéterminée.

[0026] L'invention concerne en outre un produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution des étapes du procédé tel que défini précédemment, lorsque ce programme est exécuté par un ordinateur.

[0027] L'invention concerne également une mémoire lisible par ordinateur stockant des instructions exécutables par l'ordinateur pour l'exécution des étapes du procédé tel que défini précédemment.

[0028] L'invention concerne également un module de gestion d'une ou plusieurs station(s) de recharge de véhicules électriques, la ou les station(s) de recharge comprenant une pluralité de bornes de recharge, chaque borne de recharge étant propre à être raccordée à un véhicule électrique et le module de gestion étant configuré pour commander chaque borne de recharge pour que la borne de recharge délivre au véhicule électrique une puissance électrique au cours du temps selon un profil de recharge associé au véhicule électrique, le module de recharge étant configuré pour :

- à chaque entrée d'un véhicule électrique dans la station de recharge, recevoir des données comprenant une valeur d'un besoin en énergie électrique déclarée du véhicule électrique entrant, et une plage horaire de départ déclarée du véhicule électrique entrant,

- attribuer au véhicule électrique entrant un profil de recharge, en exécutant les étapes du procédé tel que défini précédemment, et

- une fois que le véhicule électrique entrant est raccordé à l'une des bornes de recharge, commander la borne de recharge pour que la borne de recharge délivre une puissance électrique au véhicule électrique entrant selon le profil de recharge attribué au véhicule électrique entrant.

presentation des dessins

- [0029] D'autres caractéristiques et avantages ressortiront encore de la description qui suit, laquelle est purement illustrative, et non limitative, et doit être lue en regard des dessins annexés, parmi lesquels :
- [0030] - la [Fig.1] représente de manière schématique une station de recharge de véhicules électriques,
- [0031] - la [Fig.2] représente de manière schématique des étapes d'un procédé de gestion d'une station de recherche de véhicules électriques, conforme à un mode de réalisation de l'invention,
- [0032] - la [Fig.3] représente de manière schématique un exemple de profil de recharge attribué à un véhicule électrique,
- [0033] - la [Fig.4] représente de manière schématique des étapes d'un procédé de mise à jour d'une fonction de génération de profils de correction,
- [0034] - la [Fig.5] représente de manière schématique un exemple de scénario réel d'activité de la station de recharge et de scénario théorique d'activité de la station de recharge,
- [0035] - la [Fig.6] représente de manière schématique un exemple de mise en œuvre du procédé de gestion de la station de recharge de véhicules électriques,
- [0036] - la [Fig.7] représente de manière schématique une pluralité de stations de recharges raccordées à un même réseau de distribution ou de transport d'énergie électrique.

DESCRIPTION DETAILLEE D'UN MODE DE REALISATION

- [0037] Sur la [Fig.1], la station de recharge de véhicules électriques 1 représentée comprend une pluralité de bornes de recharge 2.
- [0038] Chaque borne de recharge 2 est raccordée à un réseau public de distribution d'énergie électrique ou à un réseau intérieur d'installation électrique 3. Le réseau public de distribution électrique ou à un réseau intérieur d'installation électrique 3 est propre à alimenter la borne de recharge 2 en énergie électrique.
- [0039] De plus, chaque borne de recharge 2 est propre à être raccordée de manière temporaire à un véhicule électrique pour délivrer au véhicule électrique une puissance électrique, au cours du temps, selon un profil de recharge prédéfini.
- [0040] Au cours du temps, des véhicules électriques peuvent entrer et/ou sortir de la station de recharge 1.
- [0041] Dans l'exemple illustré sur la [Fig.1], un véhicule électrique 4 (appelé « véhicule électrique entrant ») entre dans la station de recharge 1 en vue d'être rechargé.

- [0042] Plusieurs véhicules électriques 5 sont déjà présents dans la station de recharge. Chacun des véhicules déjà présents 5 est raccordé à une borne de recharge respective 2. Les véhicules électriques déjà présents 5 sont en cours de recharge.
- [0043] Un véhicule électrique 6 (appelé « véhicule électrique sortant ») sort de la station de recharge 1, après avoir été rechargé via l'une des bornes de recharge 2.
- [0044] La station de recharge 1 peut comprendre en outre des équipements électriques additionnels 7, raccordés au réseau public de distribution d'énergie électrique ou au réseau intérieur d'installation électrique 3.
- [0045] Par ailleurs, la station de recharge 1 comprend un centre de gestion 8. Le centre de gestion 8 comprend un module de gestion 10, configuré pour commander les différentes bornes de recharge 2, et une base de données 11, configurée pour stocker des données en provenance des bornes de recharge 2.
- [0046] Dans l'exemple illustré sur la [Fig.1], le centre de gestion 8, incluant le module de gestion 10 ainsi que la base de données 11, fait partie de la station de recharge 1. Toutefois, dans un autre exemple, le module de gestion 10 et/ou la base de données 11 pourrait ne pas faire partie de la station de recharge 1. En particulier, le centre de gestion 8 et/ou le module de gestion 10 et/ou la base de données 11 peuvent être situés à distance de la station de recharge 1. De plus, le module de gestion 10 peut être configuré pour commander des bornes de recharge situées dans plusieurs stations de recharge.
- [0047] Chaque borne de recharge 2 est propre à transmettre au module de gestion 10 un signal S1 de requête de recharge.
- [0048] Le signal de requête de recharge S1 contient des données relatives à une valeur d'un besoin en énergie électrique déclaré d'un véhicule électrique et d'un instant de sortie déclaré du véhicule électrique.
- [0049] Le module de gestion 10 est configuré pour, en fonction des données contenues dans le signal de requête de recharge S1, générer un profil de recharge attribué au véhicule électrique, et pour générer un signal de commande de recharge S2 à destination de la borne de recharge 2 ayant émis le signal de requête de recharge S1. Le signal de commande de recharge S2 contient des données représentatives du profil de recharge attribué au véhicule électrique.
- [0050] La borne de recharge 2 est configurée pour recharger le véhicule électrique selon le profil de recharge transmis via le signal de commande de recharge S2.
- [0051] Par ailleurs, le module de gestion est configuré pour enregistrer dans la base de données 11 des données relatives aux plages horaires d'entrée, aux plages horaires de sortie, aux besoins en énergie électrique des véhicules, ainsi que les données représentatives des profils de recharge calculés par le module de gestion pour les différents véhicules électriques.

- [0052] En pratique, le module de gestion 10 comprend un ou plusieurs processeur(s). Le module de gestion 10 comprend ou est couplé à une mémoire dans laquelle est enregistré un programme de gestion de la station de recharge 1 et, le cas échéant, des données manipulées par le programme (données d'entrée du programme, ou données de sortie générées par le programme).
- [0053] La [Fig.2] représente de manière schématique des étapes d'un procédé 100 de gestion de la station de recharge 1, mis en œuvre par le module de gestion 10 pour générer un profil de recharge.
- [0054] Selon une première étape 101, lorsqu'un véhicule électrique 4 entre dans la station de recharge 1, l'utilisateur du véhicule électrique 4 déclare une valeur d'un besoin en énergie électrique (c'est-à-dire une quantité d'énergie dont il souhaite alimenter la batterie du véhicule électrique) et un instant de sortie (c'est-à-dire la date et l'heure à laquelle il souhaite que la recharge soit terminée).
- [0055] Cette déclaration peut être faite par exemple, par l'utilisateur, via une interface d'une borne de recharge ou d'un autre équipement (par exemple un terminal utilisateur, tel qu'un « smartphone » ou mobile multifonction), par exemple par une saisie manuelle de la valeur du besoin en énergie électrique et l'instant de sortie.
- [0056] Les valeurs du besoin en énergie électrique déclaré du véhicule électrique entrant et de l'instant de sortie déclaré du véhicule électrique sont transmises au module de gestion 10, par exemple via le signal de requête de recharge S1.
- [0057] Selon une deuxième étape 102, le module de gestion 10 attribue au véhicule électrique entrant 4 une borne de recharge 2 parmi les bornes de recharge disponibles de la station de recharge 1. Ceci est fait sur la base d'une règle simple fixée à l'avance par le gestionnaire de la – ou des – station(s) ; par exemple (i) par ordre décroissant de puissance maximale des bornes de recharge (les véhicules électriques arrivant en premier bénéficiant d'une puissance maximale de recharge plus importante) ; (i.bis) éventuellement en prenant en compte la puissance maximale de recharge des véhicules électriques pour ne pas leur attribuer une borne disposant d'une puissance maximale supérieure à la leur (si connue) ; (ii) dans le cas de plusieurs stations en appliquant la règle (i) ou (i.bis), éventuellement combinée avec le fait d'orienter les véhicules électriques vers les stations disposant du plus grand nombre de bornes de recharge au moment de leur arrivée.
- [0058] Selon une troisième étape 103, le module de gestion 10 attribue au véhicule électrique entrant 4 un profil de recharge de base.
- [0059] La [Fig.3] représente de manière schématique, sous forme de rectangles noirs, un exemple de profil de recharge de base calculé par le module de gestion 10.
- [0060] Le profil de recharge de base comprend une série de valeurs de puissance électrique à fournir par la borne de recharge qui a été attribuée au véhicule électrique entrant,

chaque valeur de puissance électrique étant associée à une plage horaire, le profil de recharge de base étant déterminé en fonction d'une valeur du besoin en énergie électrique déclaré du véhicule électrique entrant 4, de l'instant de sortie déclaré du véhicule électrique entrant 4 et de valeurs de besoins résiduels en énergie électrique de véhicules électriques 5 déjà présents dans la station de recharge 1 au moment de l'entrée du véhicule électrique entrant 4, et d'instant de sortie déclarés des véhicules électriques 5 déjà présents dans la station de recharge 1.

- [0061] Selon un premier exemple, le profil de recharge de base peut être calculé par le module de gestion 10 par un algorithme d'allocation de puissance électrique par « remplissage d'eau » (« water-filling algorithm » en anglais). L'algorithme d'allocation de puissance électrique par remplissage d'eau permet de réduire la variance au cours du temps de la puissance électrique totale fournie à l'ensemble des véhicules présents dans la station de recharge.
- [0062] De plus, le profil de recharge de base peut être calculé également en fonction de contraintes additionnelles, incluant pour chaque plage horaire, une valeur de puissance électrique totale maximale pouvant être fournie par la station de recharge pendant la plage horaire et/ou une valeur de puissance électrique consommée par des équipements (par exemple les équipements électriques additionnels 7), autres que les bornes de recharge, pendant la plage horaire.
- [0063] Selon un deuxième exemple, le profil de recharge de base peut être calculé par le module de gestion 10 par la résolution d'un problème d'optimisation de la recharge cherchant à maximiser la qualité de service de recharge des véhicules électriques. Ceci permet de fournir une qualité de service « améliorée » aux véhicules électriques déjà présents, sur le plan de la quantité d'énergie rechargée – via un potentiel surplus d'énergie par rapport à la valeur du besoin en énergie électrique déclarée – et de la fin de la recharge – via une fin anticipée par rapport à la valeur de l'instant de départ déclarée.
- [0064] Selon un troisième exemple, le profil de recharge de base peut être calculé par le module de gestion 10 par la résolution d'un problème d'optimisation de la recharge cherchant à minimiser des métriques d'impact sur la station de recharge de véhicules électriques, et le site auquel elle est rattachée : (i) impact économique via la facture d'électricité ; (ii) impact physique, par exemple vieillissement accéléré des transformateurs – se traduisant en des coûts de maintenance et de remplacement d'équipements.
- [0065] Selon un quatrième exemple, le profil de recharge de base peut être calculé par le module de gestion 10 par la résolution d'un problème d'optimisation de la recharge cherchant à optimiser une métrique « combinée » - ou « agrégée » - des métriques des trois exemples précédents.

- [0066] Selon une quatrième étape 104, le module de gestion 10 attribue au véhicule électrique entrant 4 un profil de correction.
- [0067] La [Fig.3] représente de manière schématique, sous forme de rectangles en traits pointillés, un exemple de profil de correction calculé par le module de gestion 10 pour le véhicule entrant 4.
- [0068] Le profil de correction comprend une série de valeurs de correction, chaque valeur de correction étant associée à une plage horaire. Le profil de correction est déterminé en fonction d'un instant d'entrée du véhicule électrique entrant 4, des valeurs de besoins résiduels en énergie électrique de véhicules électriques 5 déjà présents dans la station de recharge 1 au moment de l'entrée du véhicule électrique entrant 4, des instants de sortie déclarés des véhicules électriques 5 déjà présents dans la station de recharge 1, et d'une classe du jour au cours duquel le véhicule électrique entrant 4 est entré dans la station de recharge 1.
- [0069] Le profil de correction attribué au véhicule électrique entrant 4 peut être généré via une fonction de génération de profils de correction. La fonction de génération de profils de correction détermine le profil de correction en fonction d'une classe à laquelle appartient le jour d'entrée du véhicule entrant 4, d'une heure d'entrée du véhicule entrant 4 et des profils de charge des véhicules 5 déjà présents dans la station de recharge 1.
- [0070] La classe à laquelle appartient le jour d'entrée du véhicule peut être prédéfinie à l'avance en fonction de caractéristiques de ce jour, par exemple en fonction de la position du jour dans la semaine et/ou d'une information selon laquelle le jour est un jour férié ou un jour travaillé et/ou de données météorologiques du jour. Les données météorologiques du jour comprennent une température ambiante moyenne du jour.
- [0071] Les données météorologiques influent sur la consommation « non-flexible » d'énergie électrique (c'est-à-dire l'énergie électrique consommée par des équipements, tels que les équipements électriques additionnels 7, autres que les bornes de recharge 2) et sur les besoins en recharge des véhicules électriques, via une consommation d'énergie électrique plus importante « sur la route » en cas de températures extrêmes.
- [0072] Ainsi, la classe du jour en cours peut être choisie parmi une pluralité de classes prédéfinies. Le nombre de classe prédéfinies peut être compris entre 5 et 15 classes, par exemple 10 classes.
- [0073] Le nombre de « catégories météo » (chaud / intermédiaire / froid) est choisi pour disposer de suffisamment de données observées de la station de recharge dans chaque catégorie (croisée avec les autres caractéristiques des jours), de manière à ce que l'apprentissage statistique pour générer la fonction de génération de profils de correction soit « représentatif ».
- [0074] Ces classes peuvent être attribuées à l'avance à chaque jour du calendrier, ou alterna-

tivement, ces classes peuvent être attribuées par un classificateur.

- [0075] Selon une cinquième étape 105, le module de gestion 10 génère un profil de recharge corrigé à partir du profil de recharge de base et du profil de correction attribués au véhicule entrant 4.
- [0076] Comme illustré de manière schématique sur la [Fig.3], le profil de recharge corrigé peut être obtenu en additionnant le profil de recharge de base et le profil de correction attribués au véhicule entrant 4.
- [0077] Ainsi, pour chaque plage horaire, le module de gestion 10 applique à chaque valeur de puissance électrique du profil de recharge de base associé à la plage horaire donnée, la valeur corrective du profil de correction associé à la plage horaire donnée.
- [0078] Alternativement, le profil de recharge corrigé peut être obtenu de la manière suivante :
- [0079] Pour chaque plage horaire, le module de gestion additionne chaque valeur de puissance électrique du profil de recharge de base associé à la plage horaire donnée avec la valeur corrective du profil de correction associé à la plage horaire donnée, et :
- si la somme de la valeur de puissance électrique du profil de recharge de base et de la valeur corrective du profil de correction est inférieure ou égale à une valeur de puissance maximale, alors la valeur du profil de recharge corrigé est considérée comme égale à cette somme, et
 - si la somme de la valeur de puissance électrique du profil de recharge de base et de la valeur corrective du profil de correction est supérieure à la valeur de puissance maximale, alors la valeur du profil de recharge corrigé est considérée comme égale à la valeur de puissance maximale.
- [0080] Autrement dit, pour chaque plage horaire, la valeur du profil de recharge corrigée est égale au minimum de la somme de la valeur de puissance électrique du profil de recharge de base et de la valeur corrective du profil de correction, et de la valeur de puissance maximale.
- [0081] La valeur de puissance maximale peut être la valeur de puissance maximale que peut délivrer la borne de recharge attribuée au véhicule électrique. Cette valeur de puissance maximale est fixée pour chaque borne de recharge.
- [0082] Cela évite de générer un profil de recharge corrigé incluant des valeurs de puissance supérieures à la valeur de puissance maximale pouvant être délivrée par la borne de recharge.
- [0083] Selon une sixième étape 106, une fois que le véhicule électrique entrant 4 est raccordé à la borne de recharge 2 qui lui a été attribuée, le module de gestion 10 commande la borne de recharge pour recharger la batterie du véhicule électrique entrant 4 selon le profil de recharge corrigé attribué au véhicule électrique entrant 4.
- [0084] A cet effet, le module de commande 10 transmet à la borne de recharge 2 le signal S2

contenant des données représentatives du profil de recharge corrigé.

- [0085] Selon une septième étape 107, à l'entrée d'un nouveau véhicule électrique dans la station de recharge 1, les étapes 101 à 106 sont renouvelées en considérant le nouveau véhicule électrique comme le véhicule électrique entrant.
- [0086] Selon une mise en œuvre possible du procédé 100, lors de l'étape 104, le module de gestion 10 peut également mettre à jour des profils de recharge attribués aux véhicules électriques 5 déjà présents dans la station de recharge, puis lors de l'étape 106, commander une recharge des véhicules électriques déjà présents, selon les profils de recharge mis à jour.
- [0087] La [Fig.4] représente de manière schématique des étapes d'un procédé 110 pour générer la fonction de génération de profils de correction par apprentissage à partir de données d'apprentissage.
- [0088] Les données d'apprentissage comprennent un ensemble de scénarios d'activité de la station de recharge, chaque scénario d'activité de la station de recharge ayant été enregistré pendant une période de temps prédéterminée. La durée de la période de temps prédéterminée peut être d'une journée. Par exemple, la période de temps prédéterminée peut débiter à 00 heure 00 minutes et se terminer à 23 heures 59 minutes.
- [0089] Le procédé 110 peut comprendre les étapes suivantes :
- [0090] Selon une première étape 111, le module de gestion 10 enregistre un scénario réel d'activité de la station de recharge pendant une période de temps prédéterminée.
- [0091] Le scénario réel d'activité de la station de recharge 1 comprend pour chaque véhicule électrique ayant utilisé la station de recharge au cours de la période de temps prédéterminée : une plage horaire d'arrivée, une plage horaire de départ, une valeur d'un besoin en énergie électrique déclaré, et un profil de recharge de consigne comprenant une série de valeurs de puissance électrique tel qu'il a réellement été transmis à une borne de recharge 2 de la station de recharge pour recharger un véhicule électrique raccordé à la borne de recharge 2.
- [0092] Les données de ce scénario réel d'activité peuvent être enregistrées par le module de gestion 10, au fur et à mesure de la journée, dans la base de données 11.
- [0093] Selon une deuxième étape 112, après que la période de temps prédéterminée s'est écoulée, le module de gestion 10 estime un scénario théorique d'activité de la station de recharge sur la période de temps prédéterminée.
- [0094] Le scénario théorique d'activité de la station de recharge est le scénario qui aurait été obtenu si le module de gestion 10 avait eu connaissance à l'avance des événements survenus au cours de la période de temps prédéterminée, c'est-à-dire : des plages horaires d'arrivée, des plages horaires de départ et des valeurs des besoins en énergie électrique déclarées des différents véhicules électriques ayant utilisé la station de recharge pendant la période de temps.

- [0095] Le scénario théorique d'activité de la station de recharge 1 comprend pour chaque véhicule électrique ayant utilisé la station de recharge pendant la période de temps prédéterminée, un profil de recharge théorique calculé en fonction des plages horaires d'arrivée, des plages horaires de départ et des valeurs des besoins en énergie électrique déclarées des différents véhicules électriques ayant utilisé la station de recharge pendant la période de temps.
- [0096] Les profils de recharge théoriques peuvent être calculés par le module de gestion 10 par un algorithme d'allocation de puissance électrique par « remplissage d'eau » (« water-filling algorithm » en anglais).
- [0097] De plus, le profil de recharge théorique peut être calculé également en fonction de contraintes additionnelles, incluant pour chaque plage horaire, une valeur de puissance électrique totale maximale pouvant être fournie par la station de recharge pendant la plage horaire et/ou une valeur de puissance électrique consommée par des équipements (par exemple les équipements électriques additionnels 7), autres que les bornes de recharge 2, pendant la plage horaire considérée.
- [0098] La [Fig.5] représente de manière schématique un exemple de scénario réel d'activité de la station de recharge 1 et de scénario théorique d'activité de la station de recharge 1. Plus précisément, la [Fig.5] représente la puissance totale consommée par la station de recharge 1 au cours de chaque plage horaire.
- [0099] Selon une troisième étape 113, le module de gestion 10 met à jour les paramètres de la fonction de génération de profils de correction, en fonction d'une erreur entre le scénario réel d'activité et le scénario théorique d'activité.
- [0100] Les étapes 111 à 113 sont renouvelées à chaque nouvelle période de temps. Par exemple, les étapes 111 à 113 sont renouvelées chaque jour, avec les données enregistrées au cours d'une journée.
- [0101] Par ailleurs, le procédé 110 peut comprendre une étape additionnelle selon laquelle, pour chaque véhicule électrique ayant utilisé la station de recharge pendant la période de temps prédéterminée, le module de gestion 10 calcule un surplus d'énergie électrique qui aurait été délivré à chaque véhicule électrique et/ou une plage horaire anticipée durant laquelle la recharge du véhicule électrique aurait été terminée si le scénario théorique d'activité estimé à l'étape 112 avait eu lieu pendant la période de temps prédéterminée.
- [0102] La [Fig.6] représente de manière schématique un exemple de mise en œuvre du procédé de gestion de la station de recharge de véhicules électriques.
- [0103] Comme illustré sur la [Fig.6], le procédé de gestion comprend d'une part un premier procédé « infra-journalier », qui est mis en œuvre au cours d'une journée, et d'autre part un deuxième procédé d'« entraînement de la fonction de génération de profils de correction », qui est mis en œuvre une fois par jour, en fin de journée, à partir de

données récoltées dans la journée écoulée.

- [0104] Le premier procédé « infra-journalier » se déroule de la manière suivante :
- [0105] A chaque entrée d'un véhicule électrique i dans la station de recharge au temps t_i , le module de gestion reçoit les données associées au véhicule électrique i , nécessaires pour calculer le profil de recharge attribué au véhicule électrique i . Les données reçues comprennent notamment une valeur d'un besoin en énergie électrique déclarée du véhicule électrique i , et un instant de sortie déclaré du véhicule électrique i . De plus, le module de gestion dispose déjà des données suivantes : des valeurs de besoins résiduels en énergie électrique de véhicules électriques déjà présents dans la station de recharge au moment de l'entrée du véhicule électrique i , et des instants de sortie déclarés des véhicules électriques déjà présents dans la station de recharge, ainsi que des données relatives à des contraintes additionnelles éventuelles.
- [0106] Ces contraintes additionnelles peuvent inclure, pour chaque plage horaire, une valeur de puissance électrique totale maximale pouvant être fournie par la station de recharge pendant la plage horaire et/ou une valeur de puissance électrique consommée par des équipements (par exemple les équipements électriques additionnels 7), autres que les bornes de recharge, pendant la plage horaire.
- [0107] Puis le module de gestion calcule un profil de recharge attribué au véhicule électrique i (étape P_i2). Ce profil de recharge tient compte du profil de correction déterminé par la fonction de génération de profils de correction.
- [0108] De plus, les données associées au véhicule électrique i sont enregistrées dans la base de données (étape $Q1$). Ces données constituent le scénario réel d'activité 11 de la station de recharge.
- [0109] Le deuxième procédé d'« entraînement de la fonction de génération de profils de correction » se déroule de la manière suivante :
- [0110] A la fin de la journée, le module de gestion calcule un scénario théorique d'activité 12 de la station de recharge (étape $Q2$) à partir des données associées aux véhicules électriques qui ont été enregistrées dans la base de données au cours de la journée qui vient de s'écouler.
- [0111] De plus, le module de gestion calcule une erreur entre le scénario théorique d'activité 12 et le scénario réel d'activité 11 de la station de recharge (étape $Q3$), et met à jour des paramètres de la fonction de génération de profils de correction en fonction de l'erreur $12 - 11$ ainsi obtenue.
- [0112] La fonction de génération de profils de correction ainsi mise à jour est ensuite utilisée pour calculer des profils de correction utilisés le jour suivant, par le premier procédé « infra-journalier » pour générer des profils de recharge corrigés.
- [0113] Le procédé de gestion de la station de recharge a été décrit en relation avec une seule station de recharge. Toutefois, comme illustré sur la [Fig.7], il serait possible

d'appliquer le même procédé à une pluralité de stations de recharge raccordées à un même réseau de distribution ou de transport d'énergie électrique.

- [0114] De plus, chaque station de recharge peut comprendre une ou plusieurs bornes de recharge rapide et une ou plusieurs bornes de recharge lente. Dans ce cas, les caractéristiques de chaque borne de recharge (rapide/lente) sont prises en compte par le module de gestion pour attribuer un profil de recharge à un véhicule électrique entrant.
- [0115] **Exemple 1 : Algorithme d'allocation de puissance électrique par Water-Filling**
- [0116] Le module de gestion 10 détermine le profil de recharge des véhicules électriques 4 branchés aux bornes de recharge 2 pendant la période de temps \mathbf{T} . Cette période de temps est représentée par un ensemble \mathbf{T} contenant un nombre T de plages horaires : $\mathbf{T} = \{1, \dots, T\}$, chaque plage horaire ayant une durée δ . Dans cet exemple, l'ensemble \mathbf{T} peut représenter une journée, la durée δ d'une plage horaire peut être de deux heures, de sorte que le nombre T de plages horaires est 12.
- [0117] Les véhicules électriques sont divisés en différentes classes (a, d) . Chaque classe (a, d) regroupe des véhicules électriques ayant une plage horaire d'arrivée a et une plage horaire de départ d communes. Plus précisément, les véhicules électriques de la classe (a, d) arrivent dans la station de recharge pendant la plage horaire $a \in \mathbf{T}$ et sortent de la station de recharge pendant la plage horaire de départ $d \in \mathbf{T}$, et peuvent ainsi être rechargés uniquement pendant les plages horaires $\{a, \dots, d\}$. Par exemple, les véhicules électriques d'une classe dans laquelle $d = a$ peuvent seulement être rechargés pendant la plage horaire a . L'ensemble des paires de plages horaires (a, d) est noté $\mathbf{R} \subseteq \mathbf{T} \times \mathbf{T}$. Le besoin en énergie électrique total agrégé sur l'ensemble des véhicules électriques de la classe (a, d) est noté $\mathbf{L}^{(a,d)}$.
- [0118] Pour chaque classe (a, d) , l'opérateur souhaite déterminer la puissance $f_t^{(a,d)}$ à chaque plage horaire $t \in \{a, \dots, d\}$ agrégée sur tous les véhicules de la classe (a, d) , de sorte que le besoin en énergie électrique $\mathbf{L}^{(a,d)}$ est satisfait dans la plage horaire de départ d , c'est-à-dire que $\sum_{t=a}^d f_t^{(a,d)} = \mathbf{L}^{(a,d)} / \delta$. Pour tout t , $f_t^{(a,d)} \geq 0$.
- [0119] Détermination des profils de charge dans le cas d'un scénario théorique d'activité (deuxième procédé d' « entraînement de la fonction de génération de profils de correction »)
- [0120] Lors de sa mise en œuvre du deuxième procédé d' « entraînement de la fonction de génération de profils de correction », le module de gestion 10 connaît toutes les plages d'arrivée a et de départ d et les besoins déclarés en énergie électrique $\mathbf{L}^{(a,d)}$ avant le commencement de la période de temps \mathbf{T} .
- [0121] Le profil de charge agrégé sélectionné par le module de gestion 10 (vecteur noté \tilde{l}) est celui qui minimise une fonction de coût (dont la valeur minimum est notée \tilde{G}), qui dépend également des consommations électriques l^0 de la station de recharge, autres

que les consommations dues à la recharge des véhicules électriques et appelées « consommations non-flexibles » (typiquement les consommations des équipements électriques 7 de la station de recharge ou de bâtiments situés sur le site de la station de recharge, autres que les bornes de recharge 2). Cette consommation non-flexible peut également inclure des équipements de génération d'énergie électrique, tels que des panneaux photovoltaïques. Ainsi, le terme l^0 peut être négatif, ce qui signifie qu'il y a plus d'énergie électrique produite localement dans la station de recharge que d'énergie électrique consommée par les équipements électriques 7 autres que les bornes de recharge 2.

[0122] La fonction de coût dépend du coût de la charge de puissance totale $l_0 + \sum_{(a,d) \in \mathbb{R}} l_t^{(a,d)}$ pendant une plage horaire t donnée, représentée par une fonction f croissante et convexe. La fonction f peut représenter le mécanisme économique de la station de recharge ou des effets de congestion du réseau de distribution électrique local (pertes, impact sur le plan de tension, vieillissement des équipements électriques).

[0123] Le module de gestion 10 calcule les profils de recharge optimaux en résolvant le problème P_1 suivant :

$$\min_{\left(l_t^{(a,d)} \right)_{\substack{(a,d) \in \mathbb{R} \\ a \leq t \leq d}} \sum_{t=1}^T f \left(l_t^0 + \sum_{(a,d) \in \mathbb{R}} l_t^{(a,d)} \right) \text{ tel que } \forall (a, d) \in \mathbb{R},$$

$$\begin{cases} \sum_{t=a}^d l_t^{(a,d)} = L^{(a,d)} / \delta & (P_1) \\ l_t^{(a,d)} \geq 0, \forall t \in \{a, \dots, d\} \end{cases}$$

[0124] Détermination des profils de charge dans le cas d'un scénario réel d'activité (premier procédé « infra-journalier »)

[0125] Lors de la mise en œuvre du premier procédé « infra-journalier », le module de gestion 10 ne connaît pas à l'avance toutes les plages horaires d'arrivée et de départ, ni les besoins en énergie électrique des véhicules électriques qui entreront dans la station de recharge 1. Le module de gestion 10 a accès aux données suivantes : les plages horaires d'arrivée et de départ d'un véhicule entrant 4 et une valeur déclarée de besoin en énergie électrique du véhicule électrique entrant 4, seulement au moment où le véhicule électrique 4 entre dans la station de recharge 1 et communique ces informations au module de gestion. Ainsi, pour l'ensemble de la période de temps \mathbb{T} , le module de gestion 10 attend l'arrivée d'un nouveau véhicule électrique dans la station de recharge 1 pour mettre à jour les profils de recharge des véhicules électriques présents dans la station de recharge.

[0126] A chaque arrivée d'un véhicule électrique pendant une plage horaire $a \in \{1, \dots, T\}$, le module de gestion 10 procède de la manière suivante :

1. Le module de gestion met à jour les quantités d'énergie L_a^d restant à charger à

partir de cette plage horaire d'arrivée a pour chaque instant de départ $d \in \{a, \dots, T\}$. Pour chaque $d \geq a$, L_a^d est obtenue à partir du besoin en énergie électrique $L^{(a,d)}$ agrégé sur les véhicules électriques qui sont arrivés au cours de la plage horaire a et qui repartiront au cours de la plage horaire d , et des besoins en énergie électrique restants pour charger les véhicules électriques qui sont arrivés plus tôt (et qui repartiront également au cours de la plage horaire d).

A noter que si aucun véhicule électrique n'arrive avant la plage horaire a , la quantité L_a^d est simplement égale à $L^{(a,d)}$. L'ensemble ordonné (croissant) de plages horaires de départ $d \in \{a, \dots, T\}$ où $L_a^d > 0$ est noté D_a . Vu de la plage horaire a , il correspond à toutes les plages horaires (futures) de départs pour lesquelles un besoin en énergie électrique non-nul doit être satisfait.

2. Le module de gestion 10 exécute l'Algorithme 1 ci-dessous pour calculer la valeur optimale \tilde{G}^a et des profils de recharge agrégés par classe $(\tilde{l})_{a,t}^d$ ($d \in D_a, a \leq t \leq d$), solutions du problème $P_{-1}(L_a)$ suivant. Ce problème correspond aux prévisions de recharge « infra-journalier » des besoins en énergie électrique résiduels, par classe, $L_a = \{L_a^d, \forall d \in D_a\}$ restant à charger à l'instant d'arrivée a :

$$\min_{\substack{(l_{a,t}^d)_{\substack{d \in D_a \\ a \leq t \leq d}}}} \sum_{t=a}^T f\left(l_t^0 + \sum_{d \in D_a} l_{a,t}^d\right) \text{ tel que } \forall d \in D_a,$$

$$\begin{cases} \sum_{t=a}^d l_{a,t}^d = L_a^d / \delta & (P_{-1}(L_a)) \\ l_{a,t}^d \geq 0, \forall t \in \{a, \dots, d\} \end{cases}$$

A noter que $l_{a,t}^d$ est la puissance de charge programmée pour la plage horaire t et agrégée sur tous les véhicules électriques qui sont arrivés à la station de recharge 1 pendant la plage horaire a ou avant et quittent la station de recharge 1 au cours de la plage horaire d : $l_{a,t}^d = \sum_{b \in \{a, \dots, t\}} l_t^{(b,d)}$. La puissance de charge de ces véhicules électriques pendant la plage horaire t peut être mise à jour plus tard.

[0127] Algorithme 1 : (exécuté à l'instant a) Résolution de $(P_{-1}(L_a))$

[0128] 1. **Données disponibles** : instants de départ D_a et besoins en énergie électrique $L_a^d, \forall d \in D_a$

2. **Pour** chaque instant de départ $d \in D_a$ ordonné chronologiquement **exécuter**

3. Calcul du profil de recharge optimal des véhicules électriques qui quittent la station de recharge à l'instant d en utilisant la solution l^{WF} de Water-Filling (voir dé-

finition 1) :

$$\left(\tilde{l}_{a,t}^d \right)_{a \leq t \leq d} = l^{WF} \left(L_a^d \left(l_t^0 + \sum_{u \in D_a, u \leq t} \tilde{l}_{a,u}^u \right) \right)_{a \leq t \leq d}$$

tionnaire du réseau de distribution électrique $\tilde{G}^a = \sum_{t=1}^T f \left(l_t^0 + \sum_{d \in D_a} \tilde{l}_{a,t}^d \right)$

Sortie : Profils de recharge $\left(\tilde{l}_{a,t}^d \right)_{a \leq t \leq d}^{d \in D_a}$ et coût \tilde{G}^a

[0129] Définition 1 :

[0130] Si f est croissante et convexe et l^0 est ordonné croissant, le vecteur solution du problème de recharge suivant pendant la période de temps $U = \{t_p, \dots, t_f\}$:

$$\min_{(l_t)_{t \in U}} \sum_{t \in U} f(l_t^0 + l_t), \text{ tel que } \begin{cases} \sum_{t \in U} l_t = L / \delta & (S_1) \\ l_t \geq 0, \forall t \in U \end{cases}$$

est :

$$l^{WF} \left(L, (l_t^0)_{t \in U} \right) = \left\{ \frac{L + L_{t_0}^0}{t_0(L)} - l_t^0, \forall t \in U \right\}, (2)$$

où $L_t^0 = \sum_{s \leq t} l_{t+s}^0$ et $t_0(L) \geq 1$ sont tels que $L \in]\Delta_{t_0}, \Delta_{t_0+1}]$, avec $\Delta_t = t \times l_{t+t}^0 - L_t^0$ pour $t \leq t_f - t_i$ et $\Delta_{t_f-t_i} = +\infty$.

[0131] Ceci est une solution standard appelée Water-Filling (« WF »). Dans cette solution, la charge totale (énergie électrique utilisée pour recharger les véhicules électriques ajoutée à l'énergie électrique dite « non-flexible » consommée par d'autres équipements que les bornes de recharge) à chaque plage horaire utilisée pour les opérations de recharge est la même (elle a le même « niveau d'eau »), tandis que la charge totale est plus haute dans les plages horaires non-utilisées. L'équation (2) montre qu'une fonction f croissante et convexe conduit au même profil de recharge optimisé l^{WF} , qui lisse autant que possible le profil de puissances totales (constitué des termes de la recharge des véhicules électriques et des termes de consommations non-flexibles). A noter aussi que contrairement au problème d'« entrainement de la fonction de génération de profils de correction » pour lequel une optimisation est nécessaire, la solution ici prend une forme explicite ; elle est obtenue « immédiatement ».

[0132] L'Algorithme 1 permet de résoudre d'abord le problème (S_1) de planification de recharge (solution qui s'écrit $\tilde{l}_a^{d_1} = \left(\tilde{l}_{a,t}^{d_1} \right)_{a \leq t \leq d_1}$)

véhicules électriques sortants qui quittent la station de recharge au cours d'une première plage horaire de départ $d_1 \in D_a$, en fonction du besoin en énergie électrique agrégé $L_a^{d_1}$ de la classe (a, d_1) et du vecteur non-flexible l^0 . Ensuite, ce problème d'optimisation standard (S_1) est résolu pour les véhicules sortants qui quittent la station de recharge au cours d'une deuxième plage horaire de départ d_2 , en fonction de

$L_a^{d_2}$ et d'un vecteur fictif non-flexible $l_0 + \tilde{l}_a^{d_1}$ qui inclut le profil de recharge des véhicules électriques qui auront quitté la station de recharge plus tôt (à commencer par d_1), et ainsi de suite dans l'ordre des instants de départ de la station de recharge.

[0133] **Exemple 2 : détermination des profils de puissance de recharge des véhicules électriques par un problème d'optimisation maximisant la qualité de service de la recharge pour les utilisateurs de véhicules électriques**

[0134] La modélisation temporelle et en classe de véhicules électriques par plages horaires d'arrivée et départ (a, d) est identique à celle décrite dans l'Exemple 1. Deux temps de résolution du problème d'optimisation de la recharge sont aussi distingués – de manière identique à l'Exemple 1.

[0135] Détermination des profils de charge dans le cas d'un scénario théorique d'activité (deuxième procédé d' « entraînement de la fonction de génération de profils de correction »)

[0136] La modélisation employée est identique à celle de l'Exemple 1, à certaines contraintes et à l'objectif d'optimisation près, qui traduisent dans le présent exemple la maximisation de la qualité de recharge des usagers de véhicules électriques (et non le lissage de la consommation totale de la station de recharge sous contrainte de satisfaction du besoin de recharge dans l'Exemple 1). Dans cet Exemple 2, le module de gestion 10 calcule les profils de recharge optimaux en résolvant le problème (P_2) suivant :

$$\max_{\left(l_t^{(a,d)} \right)_{a \leq t \leq d}} \sum_{(a,d) \in \mathbb{R}} \left[\frac{\gamma_e}{K_e} \left(\sum_{t=a}^d f_t^{(a,d)} - L^{(a,d)} / \delta \right) + \frac{\gamma_d}{K_d} \sum_{t=a}^d \left(\frac{1}{2} \right)^{(t-a)} l_t^{(a,d)} \right] \text{ tel que}$$

$$\forall (a, d) \in \mathbb{R}, \begin{cases} \sum_{t=a}^d f_t^{(a,d)} \geq L^{(a,d)} / \delta & (\text{P}_2) \\ f_{max}^{(a,d)} \geq l_t^{(a,d)} \geq 0, \forall t \in \{a, \dots, d\} \end{cases}$$

[0137] et avec (i) $\gamma_e \geq 0$ (importance mise sur la métrique « surplus d'énergie », via une pondération), $\gamma_d \geq 0$ (de même, pour favoriser un départ anticipé), $\gamma_e + \gamma_d = 1$ et ; (ii) $f_{max}^{(a,d)}$ la puissance maximale de recharge de la classe de véhicules électriques (a, d) , prise égale à la somme des puissances maximales des bornes de recharge ayant été attribuées aux véhicules électriques de cette classe : (iii) K_e et K_d sont des paramètres qui viennent normaliser la métrique correspondante (respectivement « surplus d'énergie » et « départ anticipé »), afin que par exemple lorsque $\gamma_e = \gamma_d = 0.5$, les deux métriques aient autant de poids (les valeurs de K_e et K_d peuvent être définies par rapport à la valeur optimale de (P_2) exécuté la veille).

[0138] Ce problème étant un « Programme Linéaire » (PL), et de taille relativement faible (pour $\delta = 2$ heures, comme évoqué par exemple dans l'Exemple 1, seulement 12

variables et 25 contraintes pour chaque classe de véhicules électriques (a, d) , il peut être résolu par un solveur de Programme Linéaire connu.

[0139] Détermination des profils de charge dans le cas d'un scénario réel d'activité (premier procédé « infra-journalier »)

[0140] Pour la mise en œuvre du premier procédé « infra-journalier », les conditions sont les mêmes que pour l'Exemple 1, à savoir que le module de gestion 10 ne connaît pas à l'avance toutes les plages horaires d'arrivée et de départ, ni les besoins en énergie électrique des véhicules électriques qui entreront dans la station de recharge 1. Les notations utilisées sont aussi identiques à celles de l'Exemple 1. Le procédé à appliquer est ensuite le même que dans l'Exemple 1, en remplaçant la résolution du problème d'optimisation $(P_1(L_a))$ par celle du problème d'optimisation $(P_2(L_a))$ suivant :

$$[0141] \quad \max_{\substack{(l_{a,t}^d)_{d \in D_a} \\ a \leq t \leq d}} \sum_{d \in D_a} \left[\gamma_e \left(\sum_{t=a}^d l_{a,t}^d - L_a / \delta \right) + \sum_{t=a}^d \left(\frac{\gamma_d}{2} \right)^{(t-a)} l_{a,t}^d \right] \text{ tel que } \forall d \in D_a,$$

$$\begin{cases} \sum_{t=a}^d l_{a,t}^d \geq L_a / \delta & (P_2(L_a)) \\ l_{max}^d \geq l_{a,t}^d \geq 0, \forall t \in \{a, \dots, d\} \end{cases}$$

[0142] avec l_{max}^d la puissance maximale de recharge des véhicules électriques présents au cours de la plage horaire a dans la station de recharge et partant au cours de la plage horaire d , prise égale à la somme des puissances maximales des bornes de recharge ayant été attribuées à ces véhicules électriques.

[0143] Tout comme (P_2) , ce problème d'optimisation peut être résolu par un solveur de Programmation Linéaire connu. Noter qu'à la différence de l'Exemple 1, un algorithme (comme l'Algorithme 1) n'est pas ici utilisé pour résoudre ce problème ; la résolution est faite « frontalement » (en une seule fois), et non de manière séquentielle instant de départ après instant de départ.

[0144] **Exemple 3 : détermination des profils de puissance de recharge des véhicules électriques par un problème d'optimisation minimisant l'impact de la recharge sur les métriques de la station de recharge de véhicules électriques, et sur celles du site de recharge**

[0145] Le déroulé dans cet Exemple 3 est identique à celui de l'Exemple 2, en remplaçant des métriques de qualité de service de recharge (pour les utilisateurs de véhicules électriques) par des métriques d'impact sur la station de recharge et le site de recharge. A titre d'exemple, deux métriques seront minimisées ici : (i) la facture d'électricité du gestionnaire de la station de recharge et ; (ii) le vieillissement des transformateurs (de puissance) du site de la station de recharge. Ceci mène :

- lors de l' « entrainement de la fonction de génération de profils de correction », à remplacer le problème d'optimisation (P_2) par le problème

d'optimisation (P_3) :

$$\begin{aligned}
 [0146] \quad & \min_{\substack{(l_t^{(a,d)})_{a \leq t \leq d} \\ (a,d) \in \mathbb{R}}} \gamma_f * \sum_{(a,d) \in \mathbb{R}} \sum_{t=a}^d \text{prix}_t * l_t^{(a,d)} + \gamma_{eq} * \sum_{t=1}^T V_t \left(\theta_t^{HS} \left(l_t^0 + \sum_{(a,d) \in \mathbb{R}} l_t^{(a,d)} \right) \right) \\
 & \text{tel que } \forall (a, d) \in \mathbb{R}, \left\{ \begin{array}{l} \sum_{t=a}^d l_t^{(a,d)} \geq L^{(a,d)} / \delta \\ l_{max}^{(a,d)} \geq l_t^{(a,d)} \geq 0, \forall t \in \{a, \dots, d\} \end{array} \right. \quad (\text{P}_3)
 \end{aligned}$$

[0147] avec (i) $\gamma_f \geq 0$ (importance mise sur la métrique « facture d'électricité », via une pondération), $\gamma_{eq} \geq 0$ (de même, pour minimiser l'impact sur les équipements électriques du site de recharge de véhicules électriques ; dans le présent exemple le transformateur), $\gamma_f + \gamma_{eq} = 1$; (ii) prix_t le prix de l'électricité payé par l'opérateur de la station de recharge de véhicules électriques, fixé typiquement par la relation à un fournisseur d'électricité ; (iii) θ_t^{HS} (respectivement V_t) une fonction donnant une estimation de la température du « point chaud » (ou « Hot Spot » en anglais, « HS ») selon la consommation totale d'électricité sur le site de la station de recharge (respectivement la contribution de la température du transformateur sur la plage horaire t au vieillissement cumulé de celui-ci) ; (iv) la puissance maximale de recharge $l_{max}^{(a,d)}$ de la classe de véhicules électriques (a, d) définie de même que dans l'Exemple 2. En prenant des formulations linéaires pour les fonctions du (iii), ce problème d'optimisation peut être résolu avec des solveurs de Programmation Linéaire connus ;

– en « infra-journalier », à remplacer le problème d'optimisation (P_2(L_a)) par le problème d'optimisation (P_3(L_a)) suivant :

$$\begin{aligned}
 [0148] \quad & \min_{\substack{(l_{a,t}^d)_{d \in \mathbb{D}_a} \\ a \leq t \leq d}} \gamma_f * \sum_{d \in \mathbb{D}_a} \sum_{t=a}^d \text{prix}_t * l_{a,t}^d + \gamma_{eq} * \sum_{t=a}^T V_t \left(\theta_t^{HS} \left(l_t^0 + \sum_{d \in \mathbb{D}_a} l_{a,t}^d \right) \right) \text{ tel que} \\
 & \forall d \in \mathbb{D}_a, \left\{ \begin{array}{l} \sum_{t=a}^d l_{a,t}^d \geq L_a^d / \delta \\ l_{max}^d \geq l_{a,t}^d \geq 0, \forall t \in \{a, \dots, d\} \end{array} \right. \quad (\text{P}_3(\text{L}_a))
 \end{aligned}$$

[0149] La fonction θ_t^{HS} peut être fixée en linéarisant une fonction standard de la littérature (cf. Jauregui-Rivera, L., & Tylavsky, D. J. (2008). Acceptability of four transformer top-oil thermal models—Part I: Defining metrics. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 23(2), 860-865 par exemple) ; celle exprimant le vieillissement V_t peut être reprise dans Beaude, O., Lasaulce, S., Hennebel, M., & Mohand-Kaci, I. (2016). Reducing the impact of EV charging operations on the distribution network. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 7(6), 2666-2679.

[0150] **Exemple 4 : détermination des profils de puissance de recharge des véhicules électriques par un problème d'optimisation combinant l'optimisation de plusieurs**

types de métriques – ici par exemple la qualité de service de la recharge (pour les utilisateurs) et l’impact de la recharge sur la station de recharge, et sur son site (pour l’opérateur de la station et/ou du site)

[0151] Le déroulé de cet Exemple 4 est identique à celui de l’Exemple 2 ou de l’Exemple 3, en remplaçant dans le procédé d’ « entraînement de la fonction de génération de profils de correction » (respectivement dans le procédé « infra-journalier ») le problème (P_2) ou (P_3) par un problème d’optimisation combinant (P_2) et (P_3) (respectivement le problème (P_2(L_a)) ou (P_3(L_a)) par un problème d’optimisation combinant (P_2(L_a)) et (P_3(L_a))).

[0152] Pour appliquer cet Exemple 4, il reste à combiner deux problèmes d’optimisation :

- concernant le « sens » de l’optimisation (maximisation ou minimisation) : (i) si les deux problèmes « à combiner » ont le même sens, garder ce sens pour le problème « combiné » ; (ii) si les deux problèmes ont un sens distinct (par exemple (P_2) et (P_3)), choisir arbitrairement l’un des deux sens (par exemple la maximisation) ;
- concernant les variables d’optimisation, prendre l’union des variables des deux problèmes d’optimisation à combiner (en supprimant celles redondantes). Par exemple, comme ici (P_2) et (P_3) ont les mêmes variables d’optimisation, cela donne :

[0153]
$$\left(l_i^{(a,d)} \right)_{\substack{(a,d) \in \mathbb{R} \\ a \leq i \leq d}}$$

- concernant la fonction objectif « combinée », sommer les fonctions objectif des deux problèmes à combiner, avec des pondérations, et en prenant l’opposé de l’objectif pour un problème dont le sens a été inversé. Par exemple, ici cette fonction objectif s’écrit :

[0154]
$$\gamma_{QoS} * \sum_{(a,d) \in \mathbb{R}} \left[\gamma_o \left(\sum_{i=a}^d l_i^{(a,d)} - L^{(a,d)} / \delta \right) + \sum_{i=a}^d \left(\frac{\gamma_o}{2} \right)^{(i-a)} l_i^{(a,d)} \right] - \gamma_{station} * \left[\gamma_f * \sum_{(a,d) \in \mathbb{R}} \sum_{i=a}^d \text{prix}_i * l_i^{(a,d)} + \gamma_{obj} * \sum_{i=1}^T V_i \left(\theta_i^{HS} (l_i^0 + \sum_{(a,d) \in \mathbb{R}} l_i^{(a,d)}) \right) \right]$$

[0155] avec $\gamma_{QoS} \geq 0$ (importance mise sur la qualité de service de la recharge – côté usagers de véhicules électriques, cf. (P_2)), $\gamma_{station} \geq 0$ (de même, pour les métriques de la station de recharge et/ou du site, cf. (P_3)), $\gamma_{QoS} + \gamma_{station} = 1$. Noter que l’opposé est pris concernant la contribution de (P_3) à cette fonction objectif « combinée », car le sens de ce problème d’optimisation est la minimisation (et ici le problème « combiné » opère une maximisation) ;

- concernant l’ensemble de contraintes à considérer dans le problème combiné, prendre l’union des ensembles de contraintes des deux problèmes d’optimisation (en supprimant celles redondantes). Par exemple, comme ici les contraintes des problèmes (P_2) et (P_3) sont identiques, cet ensemble serait :

$$[0156] \quad \forall (a, d) \in \mathbb{R}, \begin{cases} \sum_{t=a}^d f_t^{(a,d)} \geq L^{(a,d)} / \delta \\ f_{t_{max}}^{(a,d)} \geq l_t^{(a,d)} \geq 0, \forall t \in \{a, \dots, d\} \end{cases}$$

[0157] Le problème (P_4(L_a)) est obtenu de même, en combinant (P_2(L_a)) et (P_3(L_a)).
Noter que ces problèmes combinés « héritent » directement de l'appartenance à la catégorie de la « Programmation Linéaire » ; ils peuvent ainsi être résolus avec des solveurs connus.

[0158] **Obtention de la fonction de génération de profils de correction :**

[0159] La fonction de génération de profils (de charge) de correction est obtenue par une méthode statistique de la manière suivante :

[0160] Cette fonction de génération est choisie dans une famille paramétrée, par exemple linéaire en ses arguments. Pour rappel, un profil de correction f est propre au type de jour j , à la plage horaire a à laquelle la correction est appliquée (par exemple, à chaque pas de temps où un ou des véhicules électriques arrivent à la station de recharge), au pas de temps de départ d du véhicule électrique considéré, ainsi qu'aux quantités $(L_a^{d'})_{d'}$ qu'il reste à recharger (vecteur indexé sur les plages horaires de départ d). Et par exemple, le profil de correction f peut être donné par :

$$[0161] \quad f(j, a, d, (L_a^{d'})_{d'}) = \text{barycentre} \left(f_{j,a,d,(L)} \right)_{(L) \in L_{j,a}}, \text{ avec les } \left(f_{j,a,d,(L)} \right)_{(L) \in L_{j,a}}, \text{ tous les profils de correction appliqués les jours précédents et correspondant aux mêmes paramètres } j, a, d, \text{ et à n'importe quelles valeurs pour le vecteur } (L) \in L_{j,a}. L_{j,a} \text{ est l'ensemble des profils de correction disponibles pour un jour } j \text{ et une plage horaire d'arrivée } a. \text{ Les pondérations utilisées pour ce calcul de barycentre - de vecteurs - étant l'inverse de la distance (par exemple en norme 2) entre } L \text{ et } L_a^{d'}.$$

- Initialement, tant qu'aucun scénario de réalisation des données de recharge sur une journée n'est disponible, un choix arbitraire est fait pour cette fonction de génération de profils de correction. Par exemple, pour des paramètres $j, a, d, (L_a^{d'})_{d'}$ donnés, si aucun $f_{j,a,d,(L)}$ n'a été précédemment calculé, alors on pose $f(j, a, d, (L_a^{d'})_{d'}) = (0, \dots, 0)$, c'est-à-dire un vecteur nul
- de la taille du profil à générer
- Ensuite, à mesure que des scénarios lors des journées de recharge sur la ou les stations de recharge se réalisent, on procède de la manière suivante :
 - Le procédé d' « d'entraînement de la fonction de génération de profils de correction » permet de calculer les profils de correction

(optimaux) qu'il aurait fallu appliquer « théoriquement », i.e. si toutes les données avaient été connues à l'avance. Ces corrections (ε) sont définies comme la différence entre le profil de recharge « théorique » calculé à la fin de la journée (I^{off}), et le profil de recharge qui aurait été effectivement appliqué ce jour-là si aucune correction n'avait été utilisée. Autrement dit, ce profil de recharge effectif étant composé des profils « online » (I^{on}) recalculés au cours de la journée, corrigés par les différentes corrections

$f(j, a, d, (L_a^{d'})_{d'})$, on a :

[0162] $\varepsilon = I^{\text{off}} - I^{\text{on}}$.

[0163] A noter que ε est ainsi dépendant des arguments de la fonction de génération de profils de correction $j, a, d, (L_a^{d'})_{d'}$; même si pas noté explicitement ici.

- A chaque réalisation des arguments de la fonction génération de profils de correction mesurée lors d'une journée de recharge, il est donc possible d'associer ce profil de correction théorique. Ceci vient enrichir une base de couples (réalisation des arguments de la fonction de génération de profils de correction, profil de correction théorique). Autrement dit, pour tous les paramètres $a, d, (L_a^{d'})_{d'}$ parcourus pendant ce jour j , on pose :

[0164] $f_{j,a,d,(L_a^{d'})_{d'}} = \varepsilon$

- Dans le cas particulier où un $f_{j,a,d,(L_a^{d'})_{d'}}$ (avec exactement les mêmes paramètres $j, a, d, (L_a^{d'})_{d'}$) a déjà été défini auparavant, on peut par exemple poser :

[0165] $f_{j,a,d,(L)} = \frac{\varepsilon + f_{j,a,d,(L_a^{d'})_{d'}}}{2}$.

[0166] Au lieu de pondérer uniformément l'ensemble des réalisations passées et celle courante (avec des coefficients $\frac{1}{2}$ dans l'équation précédente), un autre exemple d'application serait d'appliquer une règle proportionnelle au nombre de réalisations (pondération 1 pour celle courante, et nombre de réalisations passées pour celles réalisées jusque-là).

Revendications

[Revendication 1]

Procédé de gestion d'une ou plusieurs station(s) de recharge (1) de véhicules électriques, la ou les station(s) de recharge (1) comprenant une pluralité de bornes de recharge (2), chaque borne de recharge (2) étant propre à être raccordée à un véhicule électrique (5) pour délivrer au véhicule électrique (5) une puissance électrique au cours du temps selon un profil de recharge, le procédé comprenant une étape de :

a – à l'entrée d'un véhicule électrique (4) dans la station de recharge (1), attribuer au véhicule électrique entrant (4) un profil de recharge de base, le profil de recharge de base comprenant une série de valeurs de puissance électrique à fournir par l'une des bornes de recharge (2) au véhicule électrique entrant (4), chaque valeur de puissance électrique étant associée à une plage horaire, le profil de recharge de base étant déterminé en fonction d'une valeur d'un besoin en énergie électrique déclarée du véhicule électrique entrant, d'un instant de sortie déclaré du véhicule électrique entrant (4), de valeurs de besoins résiduels en énergie électrique de véhicules électriques (5) déjà présents dans la station de recharge (1) au moment de l'entrée du véhicule électrique entrant (4), et d'instant de sortie déclarés des véhicules électriques (5) déjà présents dans la station de recharge,

b – attribuer au véhicule électrique entrant (4) un profil de correction comprenant une série de valeurs de correction, chaque valeur de correction étant associée à une plage horaire, le profil de correction étant déterminé en fonction d'un instant d'entrée du véhicule électrique entrant (4), des valeurs de besoins résiduels en énergie électrique de véhicules électriques (5) déjà présents dans la station de recharge au moment de l'entrée du véhicule électrique entrant (4), des instants de sortie déclarés des véhicules électriques (5) déjà présents dans la station de recharge (1), et d'une classe du jour au cours duquel le véhicule électrique entrant (4) est entré dans la station de recharge (1),

c - appliquer à chaque valeur de puissance électrique du profil de recharge de base associé à une plage horaire donnée, une valeur corrective du profil de correction associée à la plage horaire donnée, de manière à générer un profil de recharge corrigé attribué au véhicule électrique entrant (4),

d - commander une recharge du véhicule électrique entrant (4) par la borne de recharge (2) selon le profil de recharge corrigé attribué au

véhicule électrique entrant, et

e – à l'entrée d'un nouveau véhicule électrique dans la station de recharge, renouveler les étapes a à d en considérant le nouveau véhicule électrique comme le véhicule électrique entrant.

[Revendication 2]

Procédé selon la revendication 1, comprenant des étapes de :

f – en même temps que l'étape c, mettre à jour des profils de recharge attribués aux véhicules électriques (5) déjà présents dans la station de recharge (1), et

g – commander une recharge des véhicules électriques (5) déjà présents, selon les profils de recharge mis à jour.

[Revendication 3]

Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, dans lequel le profil de recharge corrigé attribué au véhicule électrique entrant (4) est déterminé en fonction de contraintes additionnelles, incluant pour chaque plage horaire, une valeur de puissance électrique maximale pouvant être fournie par la borne de recharge (2) et/ou une valeur de puissance électrique totale maximale pouvant être fournie par la station de recharge pendant la plage horaire et/ou une valeur de puissance électrique consommée par des équipements (7), autres que les bornes de recharge (2), pendant la plage horaire.

[Revendication 4]

Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel le profil de recharge de base attribué au véhicule électrique entrant (4) est déterminé par la résolution d'un problème d'optimisation de la recharge ayant pour effet de : minimiser une variance au cours du temps de la puissance électrique totale fournie à l'ensemble des véhicules présents dans la station de recharge, ou maximiser la qualité de service de recharge des véhicules électriques, ou minimiser des métriques d'impact sur la station de recharge, ou une combinaison de ces effets.

[Revendication 5]

Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, comprenant des étapes de :
h – attribuer au jour au cours duquel le véhicule électrique entrant (4) est entré dans la station de recharge, une classe, parmi une pluralité de classes prédéfinies, au moyen d'un classificateur, les jours d'une même classe présentant des caractéristiques communes.

[Revendication 6]

Procédé selon la revendication 5, dans lequel le classificateur est configuré pour attribuer une classe à un jour, en fonction :

- de la position du jour dans la semaine, et/ou

- d'une information selon laquelle le jour est un jour férié ou un jour travaillé, et/ou

- de données météorologiques du jour, en particulier une température

ambiante moyenne du jour.

[Revendication 7]

Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel le profil de correction attribué au véhicule électrique entrant (4) à l'étape b est généré par une fonction de génération de profils de correction, le procédé comprenant en outre des étapes de :

i – enregistrer un scénario réel d'activité de la station de recharge (1) pendant une période de temps prédéterminée, le scénario réel d'activité de la station de recharge (1) comprenant pour chaque véhicule électrique ayant utilisé la station de recharge pendant une période de temps prédéterminée : une plage horaire d'arrivée, une plage horaire de départ, une valeur d'un besoin en énergie électrique déclaré, et un profil de recharge de consigne comprenant une série de valeurs de puissance électrique réellement transmis à une borne de recharge (2) de la station de recharge pour commander la recharge du véhicule électrique,

j – après que la période de temps prédéterminée s'est écoulée, estimer un scénario théorique d'activité de la station de recharge sur la période de temps prédéterminée, le scénario théorique d'activité de la station de recharge comprenant pour chaque véhicule électrique ayant utilisé la station de recharge (1) pendant la période de temps prédéterminée : un profil de recharge théorique calculé en fonction des plages horaire d'arrivée, des plages horaire de départ et des valeurs des besoins en énergie électrique déclarées des différents véhicules électriques ayant utilisé la station de recharge pendant la période de temps prédéterminée, et

k – mettre à jour des paramètres de la fonction de génération de profils de correction en fonction d'une erreur entre le scénario réel d'activité et le scénario théorique d'activité.

[Revendication 8]

Procédé selon la revendication 7, dans lequel la période de temps prédéterminée a une durée égale à une journée.

[Revendication 9]

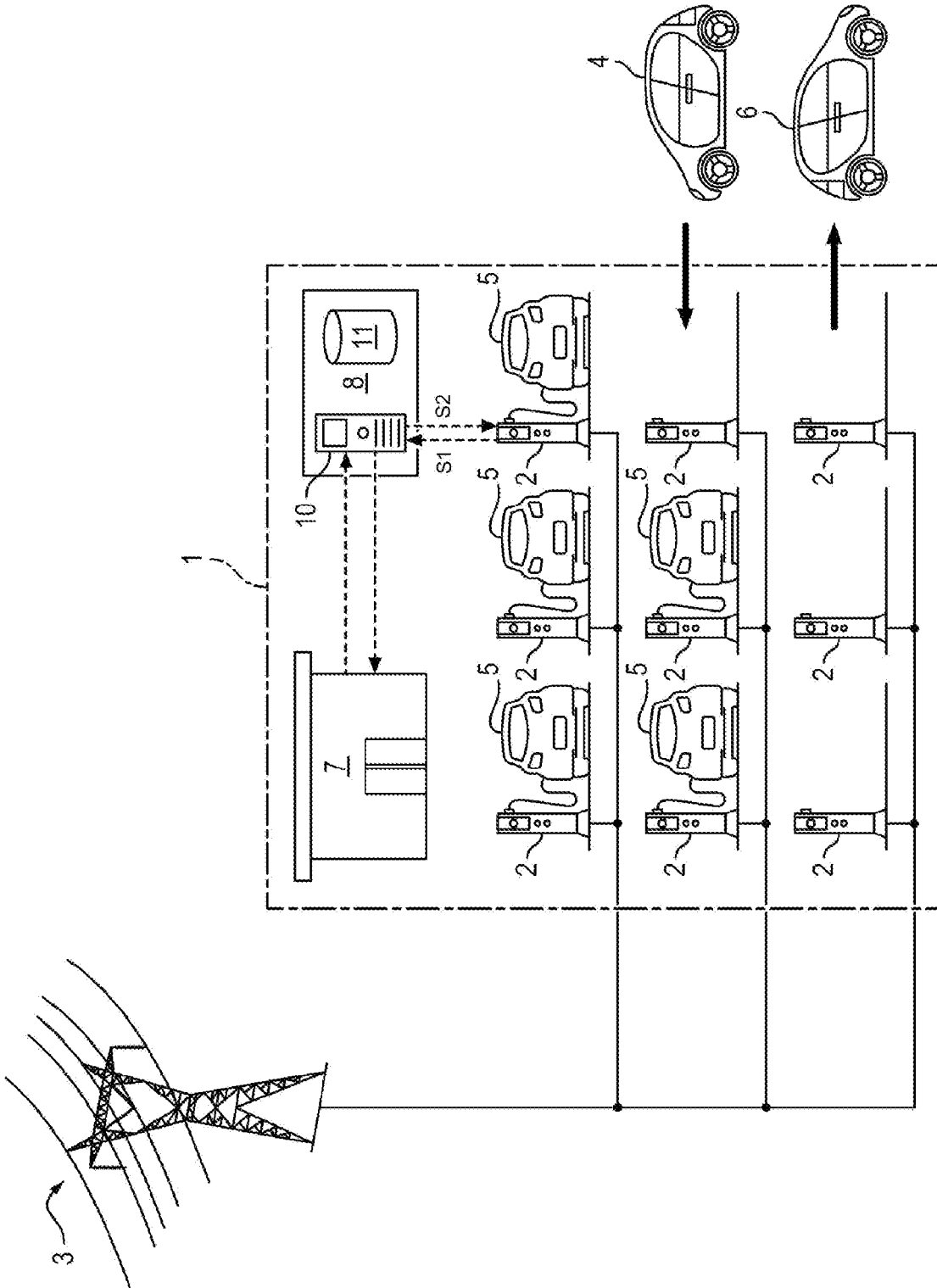
Procédé selon l'une des revendications 7 et 8, dans lequel les étapes g à i sont renouvelées à l'expiration de la période de temps prédéterminée, pour une période de temps prédéterminée suivante, de même durée.

[Revendication 10]

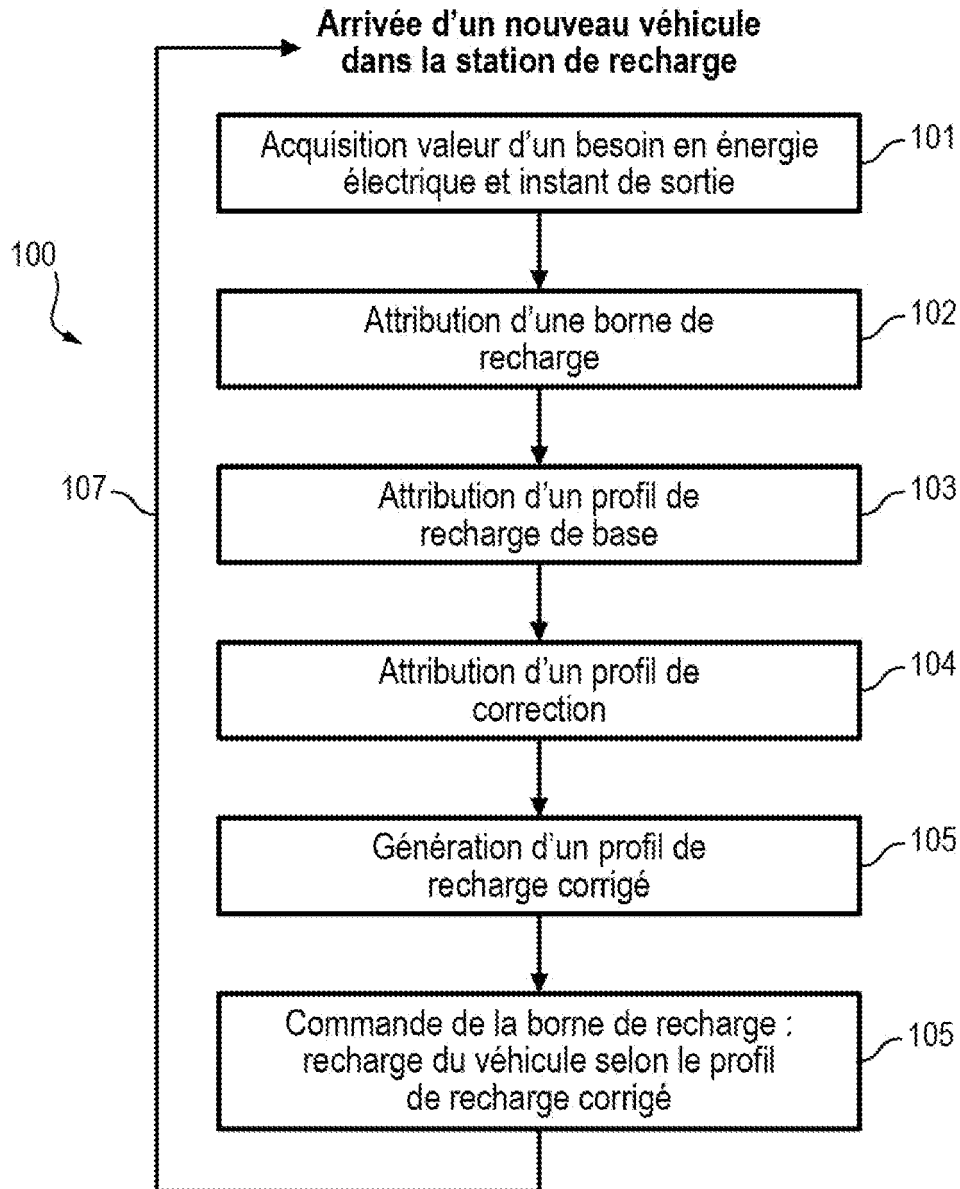
Procédé selon l'une des revendications 7 à 9, comprenant une étape de :
j – pour chaque véhicule électrique ayant utilisé la station de recharge pendant la période de temps prédéterminée, calculer un surplus d'énergie électrique qui aurait été délivré au véhicule électrique et/ou une plage horaire anticipée durant laquelle la recharge du véhicule électrique aurait été terminée si le scénario théorique d'activité estimé à

- l'étape h avait eu lieu pendant la période de temps prédéterminée.
- [Revendication 11] Produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution des étapes du procédé selon l'une des revendications 1 à 10, lorsque ce programme est exécuté par un ordinateur.
- [Revendication 12] Mémoire lisible par ordinateur stockant des instructions exécutables par l'ordinateur pour l'exécution des étapes du procédé selon l'une des revendications 1 à 10.
- [Revendication 13] Module de gestion (10) d'une ou plusieurs station(s) de recharge de véhicules électriques, la ou les station(s) de recharge (1) comprenant une pluralité de bornes de recharge (2), chaque borne de recharge (2) étant propre à être raccordée à un véhicule électrique (4) et le module de gestion (10) étant configuré pour commander chaque borne de recharge (2) pour que la borne de recharge délivre au véhicule électrique (4) une puissance électrique au cours du temps selon un profil de recharge associé au véhicule électrique (4), le module de recharge (10) étant configuré pour :
- à chaque entrée d'un véhicule électrique (5) dans la station de recharge (1), recevoir des données comprenant une valeur d'un besoin en énergie électrique déclarée du véhicule électrique entrant, et une plage horaire de départ déclarée du véhicule électrique entrant,
 - attribuer au véhicule électrique entrant un profil de recharge, en exécutant les étapes du procédé selon l'une des revendications 1 à 10, et
 - une fois que le véhicule électrique entrant est raccordé à l'une des bornes de recharge, commander la borne de recharge pour que la borne de recharge délivre une puissance électrique au véhicule électrique entrant selon le profil de recharge attribué au véhicule électrique entrant.

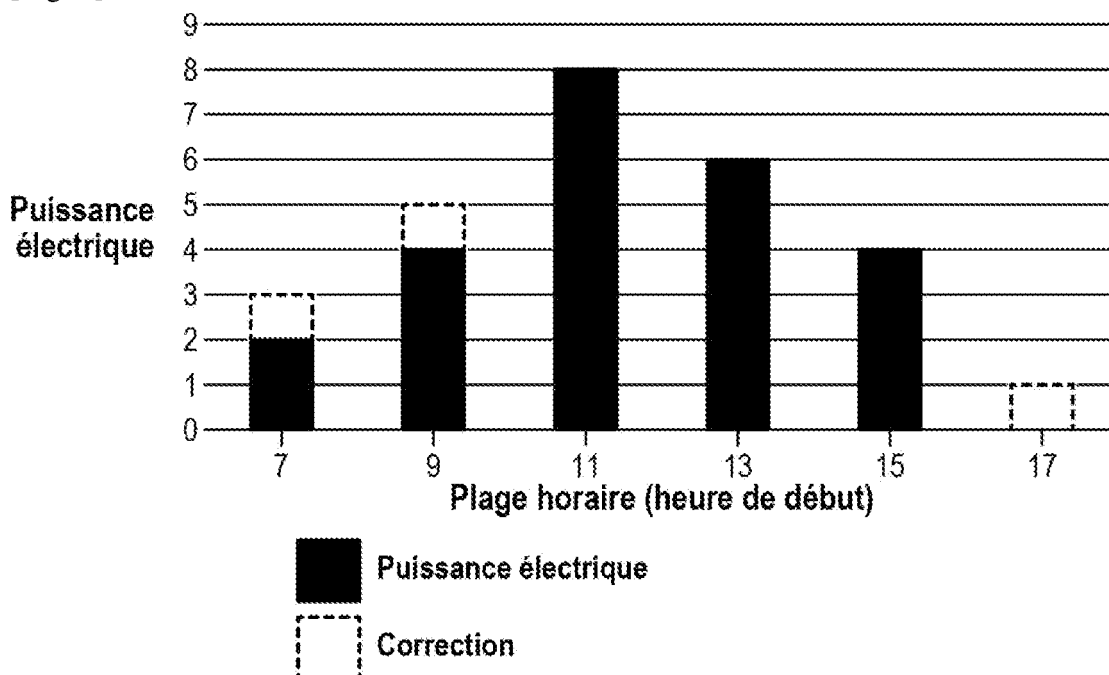
[Fig. 1]



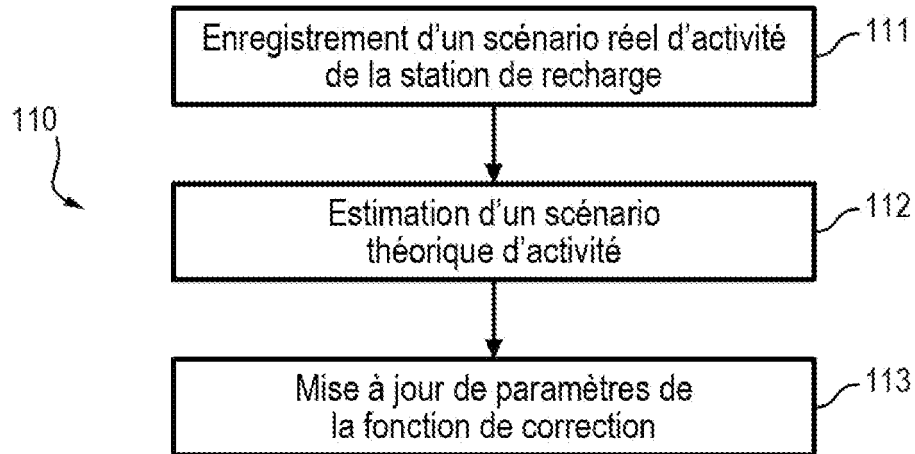
[Fig. 2]



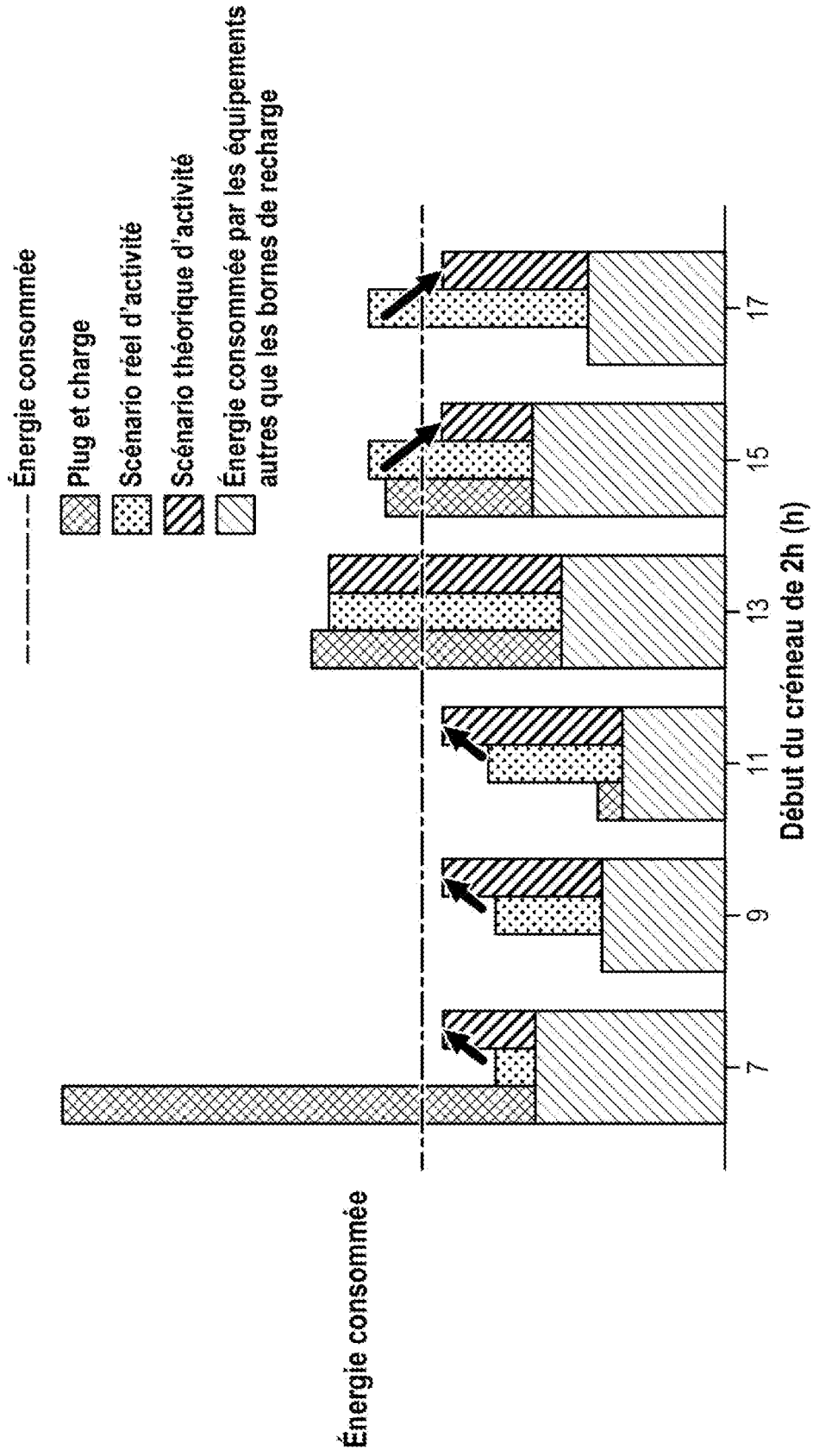
[Fig. 3]



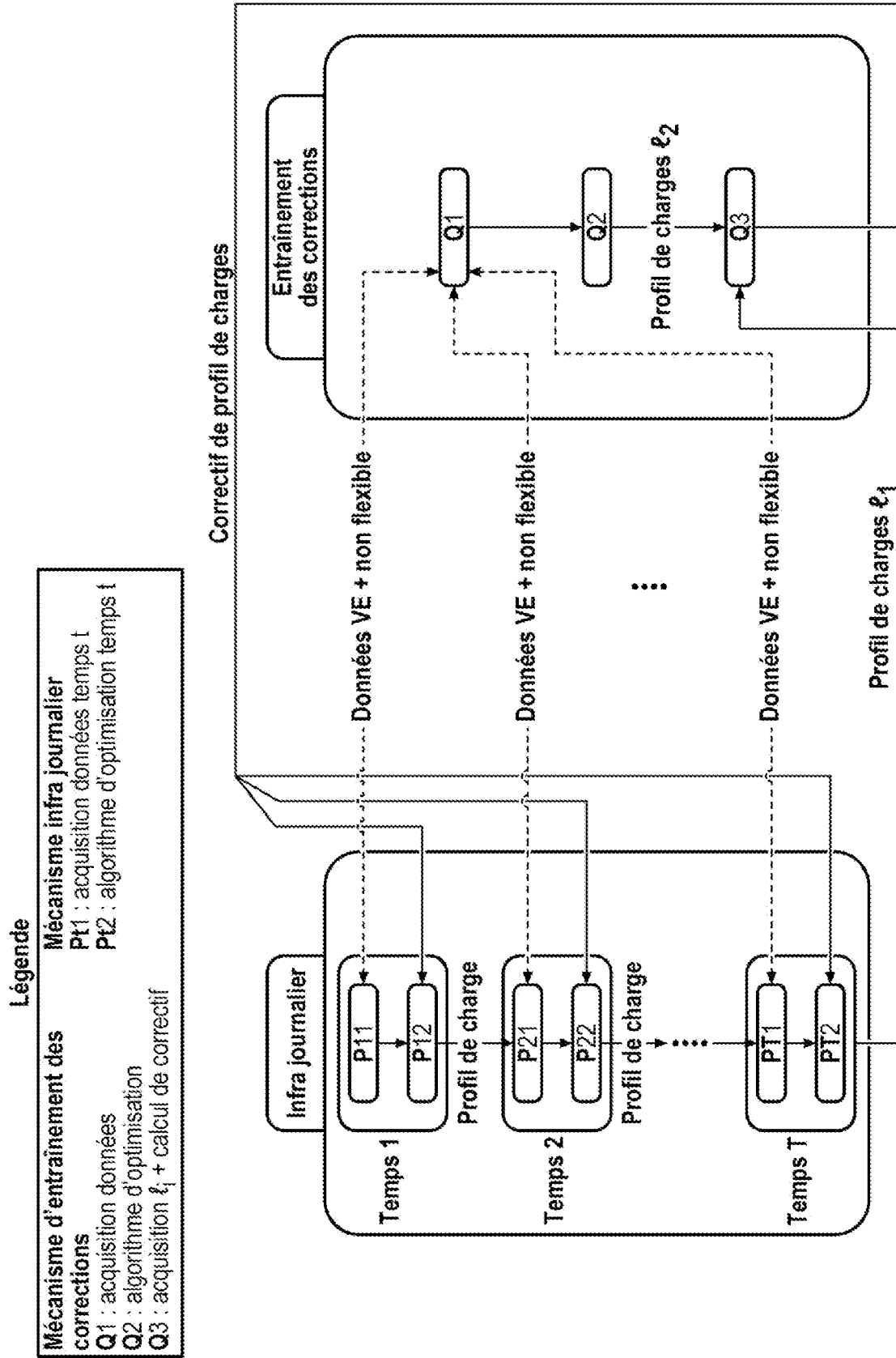
[Fig. 4]



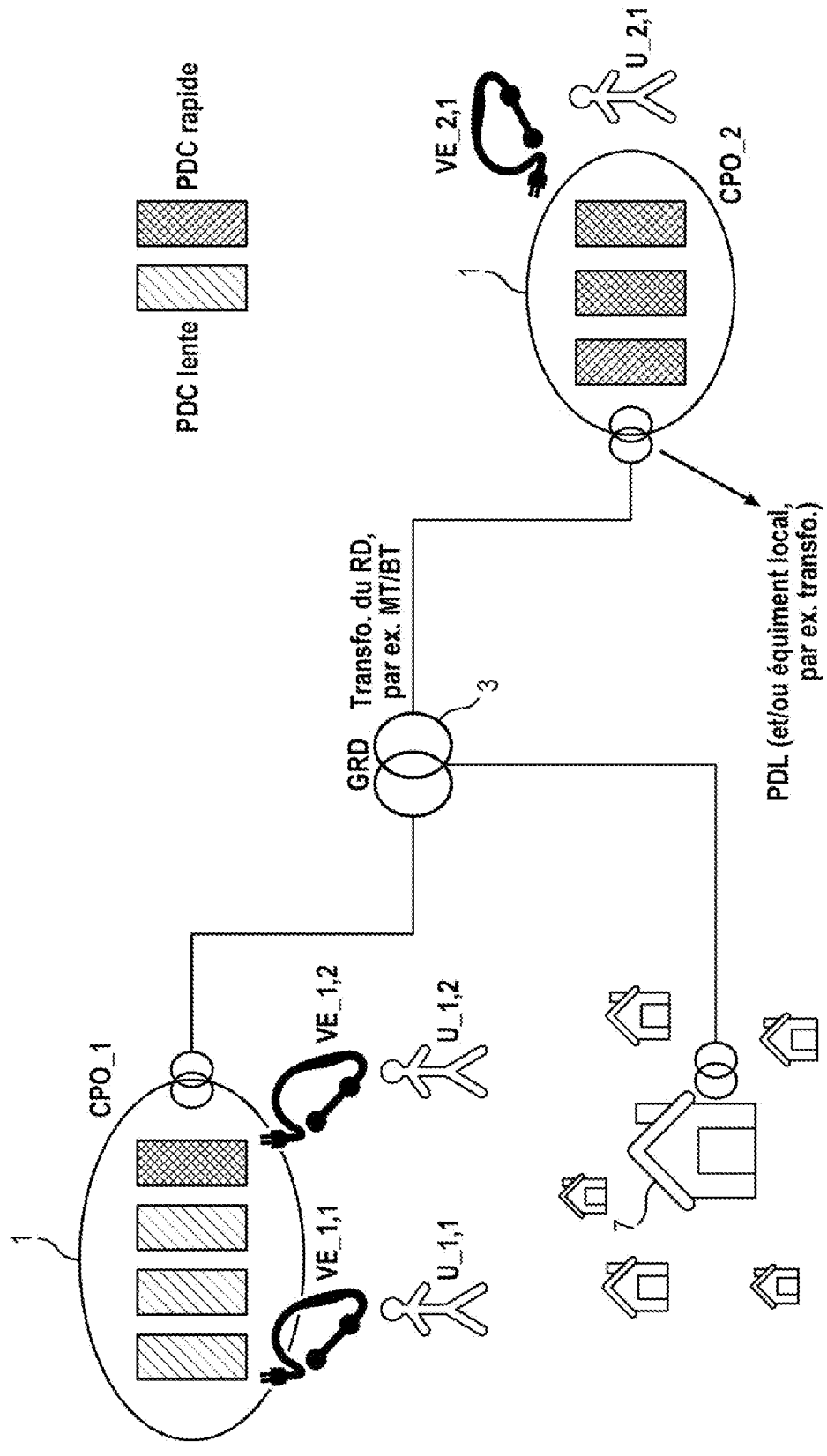
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 917874
FR 2301509

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 3 702 201 A1 (SAP SE [DE]) 2 septembre 2020 (2020-09-02)	1-4, 11-13	B60L 53/63 B60L 53/65
Y	* alinéa [0001] - alinéa [0092]; revendication 1 * * alinéa [0210] - alinéa [0241]; figure 11 *	5, 6	
Y	DE 10 2019 215609 A1 (VITESCO TECH GMBH [DE]) 15 avril 2021 (2021-04-15) * alinéa [0001] - alinéa [0012] * * alinéa [0027] - alinéa [0037]; figures 4, 5 *	5, 6	
A	DE 10 2021 116469 A1 (KEBA ENERGY AUTOMATION GMBH [AT]) 29 décembre 2022 (2022-12-29) * alinéa [0001] - alinéa [0012]; figure 1 *	1-13	
A	US 2022/348105 A1 (SUJAN VIVEK A [US] ET AL) 3 novembre 2022 (2022-11-03) * alinéa [0001] - alinéa [0008] * * alinéa [0076] - alinéa [0087]; figures 11-14 *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B60L H02J
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
29 septembre 2023		Utz, Tilman	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2301509 FA 917874**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **29-09-2023**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 3702201 A1	02-09-2020	EP 3702201 A1 US 2020269717 A1	02-09-2020 27-08-2020

DE 102019215609 A1	15-04-2021	DE 102019215609 A1 WO 2021069597 A1	15-04-2021 15-04-2021

DE 102021116469 A1	29-12-2022	DE 102021116469 A1 WO 2022268677 A1	29-12-2022 29-12-2022

US 2022348105 A1	03-11-2022	AUCUN	
