



---

**Commission économique pour l'Europe**

Comité des transports intérieurs

**Groupe de travail chargé d'examiner  
les tendances et l'économie des transports****Trente-sixième session**

Genève, 4-6 septembre 2023

Point 8 a) de l'ordre du jour provisoire

**Évaluation et suivi des questions nouvelles et des objectifs  
de développement durable :****Tendances et difficultés concernant les transports routiers,  
les transports ferroviaires et les transports par voie navigable****Tendances générales et évolutions concernant les véhicules  
électriques et leurs infrastructures de recharge – déploiement  
d'un réseau d'infrastructures de recharge suffisant\*****Note du secrétariat****I. Introduction**

1. Le Groupe de travail chargé d'examiner les tendances et l'économie des transports (WP.5) ayant demandé à sa précédente session que la publication « Transport Trends and Economics 2022-2023 » (Tendances et économie des transports pour la période 2022-2023) soit consacrée aux tendances générales et aux évolutions concernant les véhicules électriques et leurs infrastructures de recharge, le secrétariat a établi, avec le concours d'un consultant externe, un projet de publication figurant dans les documents ECE/TRANS/WP.5/2023/4, ECE/TRANS/WP.5/2023/5, ECE/TRANS/WP.5/2023/6, ECE/TRANS/WP.5/2023/7 et ECE/TRANS/WP.5/2023/8, qui sera soumis pour observations.

2. Le présent document présente une vue d'ensemble complète des tendances les plus récentes en ce qui concerne le déploiement de réseaux d'infrastructures de recharge suffisants. Tout un ensemble de termes y sont définis et une distinction est opérée entre les infrastructures de recharge publiques, accessibles au public et privées. Y figure également une analyse des politiques en matière d'infrastructures de recharge et des définitions de différents types de modèles de contrat et de marché. Enfin, on y trouve des pistes de réflexion pour l'harmonisation de ces modèles et la création d'un marché plus ouvert et davantage interopérable.

---

\* Il a été convenu que le présent document serait publié après la date normale de publication en raison de circonstances indépendantes de la volonté du soumetteur.



3. Les membres du WP.5 sont invités à faire part de leurs observations et de leurs propositions d'amélioration du texte et à présenter des études de cas nationales et des exemples de meilleures pratiques à inclure dans la version définitive de la publication.

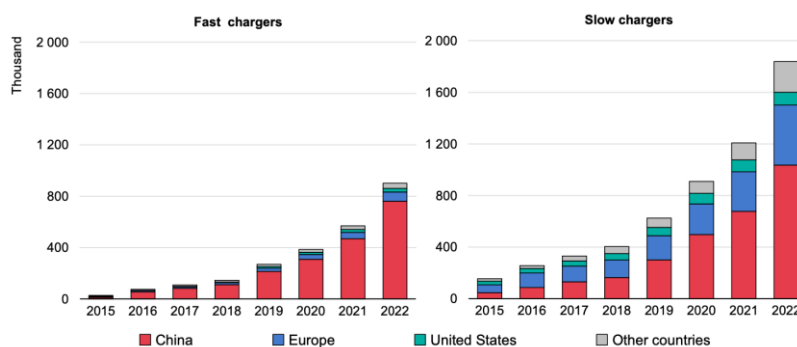
## II. Infrastructures de recharge

### A. Les infrastructures de recharge au niveau mondial

4. En 2022, plus de 600 000 points de recharge lente publics ( $\leq 22$  kW) ont été installés dans le monde, dont 360 000 en Chine, ce qui porte le nombre total de chargeurs lents du pays à plus d'un million (AIE (2023)). L'Europe arrive en deuxième position, avec un total de 460 000 points de recharge lente en 2022, soit une augmentation de 50 % par rapport à l'année précédente. Parmi les pays européens, ce sont les Pays-Bas qui arrivent en tête, avec 117 000 points de recharge lente ; ils sont suivis de la France (environ 74 000) et de l'Allemagne (64 000). Aux États-Unis, le nombre de points de recharge lente a augmenté de 9 % en 2022 ; ce taux de croissance est le plus faible observé parmi les grands marchés. En Corée, le nombre de points de recharge lente a doublé d'une année à l'autre, pour atteindre 184 000.

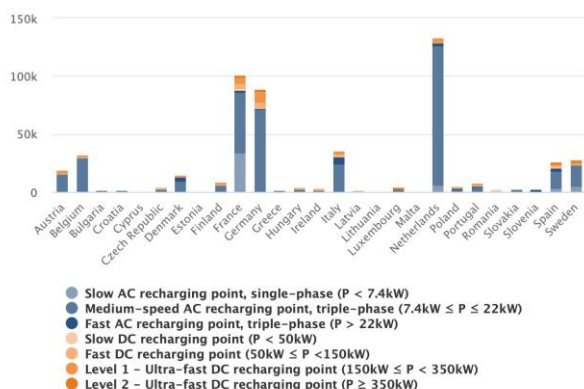
5. En ce qui concerne les points de recharge rapide ( $22 \text{ kW} < P < 350 \text{ kW}$ ), on en comptait 330 000 de plus dans le monde en 2022. Toutefois, la majeure partie de cette croissance (presque 90 %) s'est produite en Chine. En Europe, à la fin de l'année 2022, le nombre total de points de recharge rapide était supérieur à 70 000, ce qui représentait une augmentation de 55 % par rapport à 2021. L'Allemagne comptait le plus grand nombre de points de recharge rapide (plus de 12 000), suivie de la France (9 700) et de la Norvège (9 000). Aux États-Unis, 6 300 points de recharge rapide ont été installés en 2022, dont environ trois quarts étaient des Superchargeurs Tesla. Le nombre total de points de recharge rapide dans ce pays s'élevait à 28 000 à la fin de l'année 2022.

Figure I  
Nombre de points de recharge pour voitures particulières et utilitaires légers accessibles au public, par puissance et par région



Source : AIE (2023).

Figure II  
**Nombre total de points de recharge en courant alternatif  
 et en courant continu en 2022**



Source : Observatoire européen des carburants alternatifs<sup>1</sup>. Consulté le 30 mai 2023.

## B. Réseau d'infrastructures de recharge suffisant

6. Dans le cadre de la réflexion autour de l'électrification des transports, la question de l'adéquation de l'infrastructure de recharge s'impose. Pour pouvoir fixer des objectifs en matière d'électrification, il est important de déterminer ce qui constitue une infrastructure de recharge « suffisante ». Cela peut varier considérablement d'un pays à l'autre et dépend de facteurs tels que le nombre de véhicules ayant besoin de services de recharge, la répartition des stations de recharge en courant alternatif et en courant continu, et divers autres éléments. Même au sein d'un pays, le nombre de stations de recharge nécessaires variera d'une région à l'autre, compte tenu des spécificités locales, notamment la configuration du parc automobile (véhicules électriques à batterie ou véhicules électriques hybrides rechargeables, taille moyenne des batteries etc.), le parc de logements, le niveau d'urbanisation, la densité de population et l'utilisation moyenne d'un véhicule électrique à batterie (par exemple, la distance parcourue).

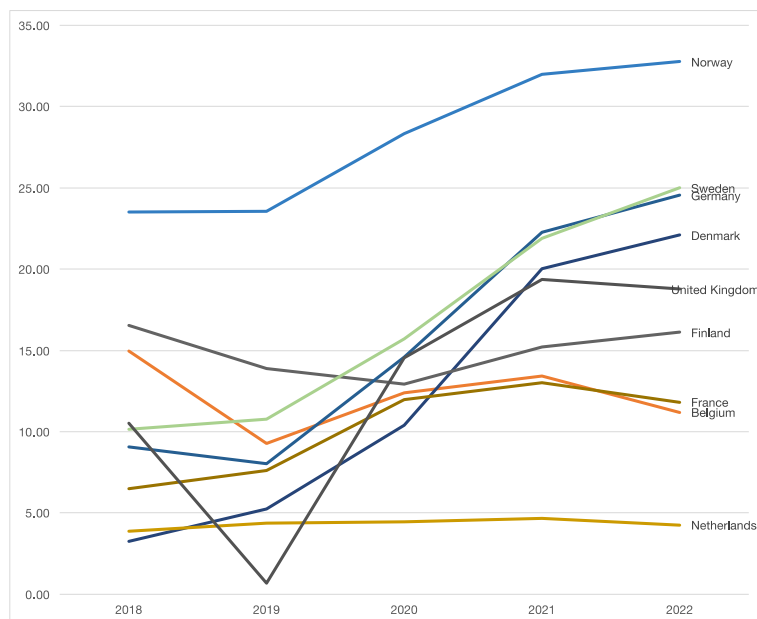
7. Pour définir ce que sont des infrastructures de recharge dites « suffisantes » et assurer un déploiement adéquat, des indicateurs clefs de performance ont été mis au point ces dernières années. Parmi les indicateurs qui ont été définis dans le cadre de la directive européenne sur une infrastructure pour carburants alternatifs (2014/94/UE)<sup>2</sup> ou de directives nationales (AIE (2022)), on peut citer les suivants :

- Nombre de véhicules électriques par point de recharge public = 10 (à l'exclusion des initiatives non publiques) ;
- Nombre de véhicules électriques par point de recharge accessible au public = 4 (à l'exclusion des réseaux de recharge privés) ;
- Nombre de véhicules électriques par point de recharge (public et privé) = 1 (sans tenir compte de la capacité des chargeurs lents et rapides).

<sup>1</sup> <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/transport-mode/road/european-union-eu27/country-comparison>.

<sup>2</sup> [https://transport.ec.europa.eu/system/files/2021-06/sustainable\\_transport\\_forum\\_report\\_-\\_recommendations\\_for\\_public\\_authorities\\_on\\_recharging\\_infrastructure.pdf](https://transport.ec.europa.eu/system/files/2021-06/sustainable_transport_forum_report_-_recommendations_for_public_authorities_on_recharging_infrastructure.pdf), sect. 2.3.1.1.

Figure III  
**Voitures électriques par point de recharge public dans certains États membres de la CEE**



Source : AIE, Global EV Data Explorer<sup>3</sup>. Consulté le 31 mai 2023.

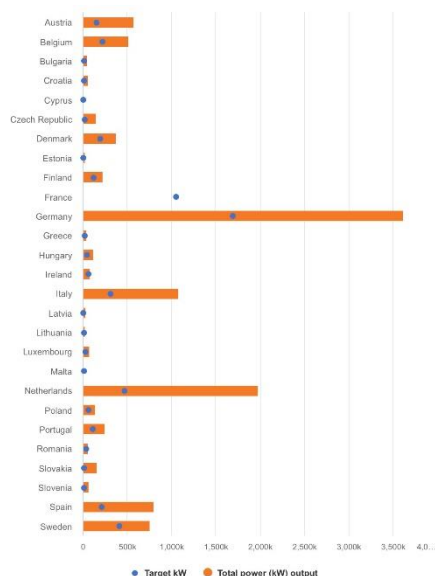
8. Pour satisfaire les besoins en matière de recharge des véhicules électriques à batterie et des véhicules électriques hybrides rechargeables, ainsi que pour tenir compte des différentes capacités des chargeurs lents et rapides, la Commission européenne a défini des objectifs précis dans sa proposition de règlement relatif au déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs (AFIR).

Ces objectifs sont les suivants :

- Pour toute voiture particulière ou tout véhicule utilitaire léger électrique à batterie immatriculé sur le territoire d'un pays, les stations de recharge accessibles au public doivent fournir une puissance totale minimale de 1 kW ;
- Pour tout véhicule hybride rechargeable immatriculé sur le territoire d'un pays, les stations de recharge accessibles au public doivent fournir une puissance totale minimale de 0,66 kW.

<sup>3</sup> <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/global-ev-data-explorer>.

Figure IV  
Puissance totale selon les objectifs par catégorie de véhicules fixés dans l'AFIR



Source : Outil de suivi des objectifs mis au point par l'Observatoire européen des carburants alternatifs, <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/transport-mode/road/european-union-eu27/target-tracker>.

9. Au moment d'établir des valeurs cibles précises pour les indicateurs de performance susmentionnés, il est essentiel de tenir compte des différences entre les régions, comme expliqué au paragraphe 6. En outre, même si le nombre de kilowatts disponibles pour chaque véhicule électrique est suffisant, il est important de veiller à ce que les conducteurs aient accès à la recharge, car un réseau d'infrastructures de recharge dont l'interopérabilité est limitée peut poser des problèmes.

10. Au vu de ces considérations, il faut une approche personnalisée pour soutenir adéquatement la croissance des véhicules électriques.

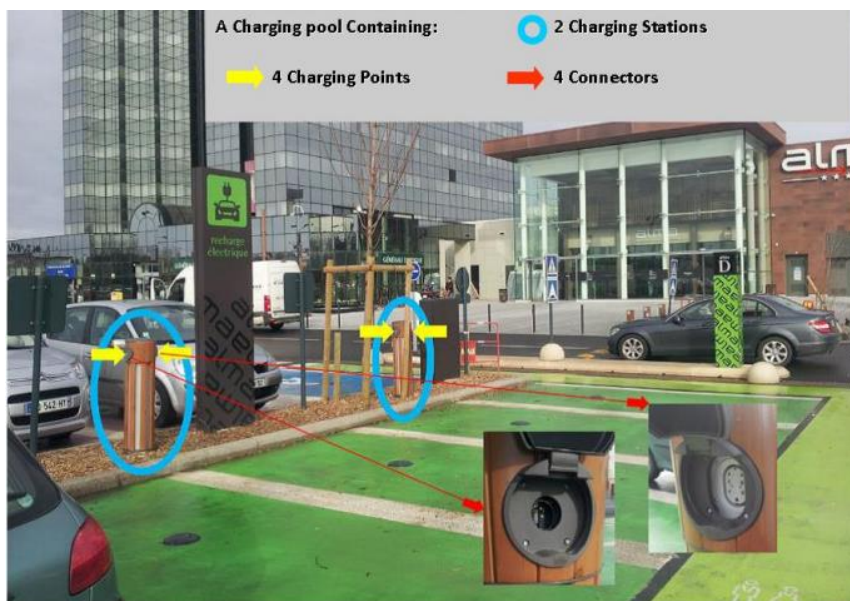
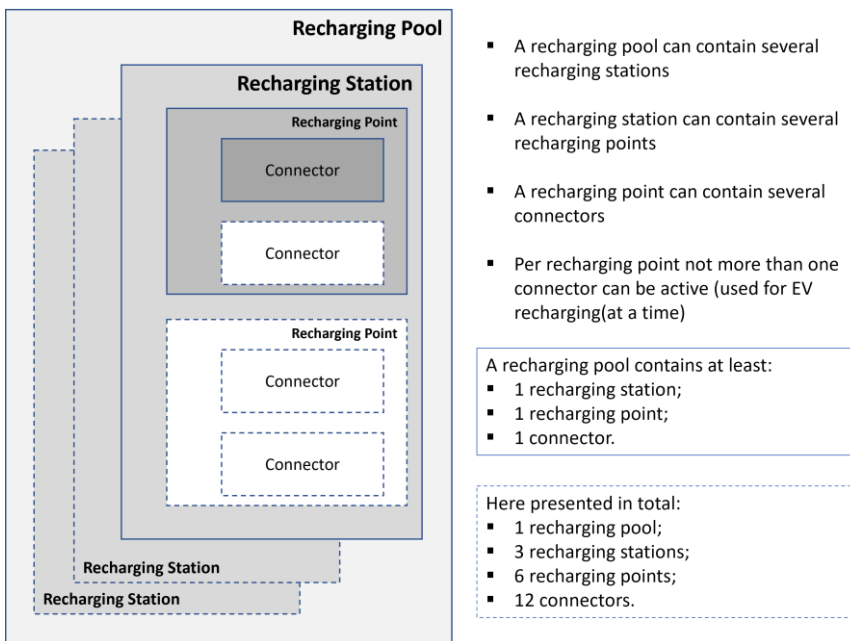
### C. Définitions et normes

11. Dans cette partie, on trouve une vue d'ensemble des termes et définitions liés aux stations de recharge, ainsi que les normes (matérielles) adoptées. De nombreuses autres descriptions détaillées existent en ligne et peuvent être consultées<sup>4</sup>.

12. De nombreux termes sont utilisés pour décrire les infrastructures de recharge et ceux-ci peuvent varier d'un continent à l'autre et d'une administration à l'autre. L'Observatoire européen des carburants alternatifs de la Commission européenne constitue un point de référence fiable pour comprendre ces éléments. La figure ci-dessous illustre la terminologie employée. Le terme anglais « recharging » (recharge) est propre à la Commission européenne, tandis que « charging » (charge) est plus couramment utilisé au niveau mondial. Dans la version anglaise du présent document, c'est le terme plus général de « charging » qui est employé ; en français, l'emploi de « recharge » a été privilégié.

<sup>4</sup> Observatoire européen des carburants alternatifs (<https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/general-information/recharging-systems>) ; Netherlands Enterprise Agency ([https://www.rvo.nl/sites/default/files/2019/01/Electric%20Vehicle%20Charging%20-%20Definitions%20and%20Explanation%20-%20january%202019\\_0.pdf](https://www.rvo.nl/sites/default/files/2019/01/Electric%20Vehicle%20Charging%20-%20Definitions%20and%20Explanation%20-%20january%202019_0.pdf)) ; AIE (<https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022/trends-in-charging-infrastructure>).

Figure V  
**Parc de recharge, station de recharge, point de recharge, connecteur**



Source : Observatoire européen des carburants alternatifs. Disponible à l'adresse suivante : <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/general-information/recharging-systems>. Consulté le 30 mai 2023.

**1. Recharge en courant alternatif et en courant continu**

13. Le courant alternatif est le type de courant qui circule dans les réseaux à haute et basse tension. Une station de recharge en courant alternatif fournit directement du courant alternatif au véhicule électrique et est généralement une station de recharge de faible capacité ( $\leq 22$  kW) et de petite taille. Comme le véhicule électrique utilise du courant continu, le chargeur embarqué dans la voiture transforme le courant alternatif en courant continu.

14. Le courant continu est le type de courant utilisé par les batteries. Une station de recharge en courant continu transforme le courant alternatif du réseau en courant continu, ce qui suppose des points de recharge de plus grande taille et, souvent, des installations de refroidissement. Les points de recharge en courant continu peuvent offrir une capacité plus élevée (jusqu'à 1 MW ou même au-delà) directement aux véhicules électriques.

15. Il existe plusieurs modes de recharge qui sont adaptés aux différents types de courant, de tension et de phases disponibles.

16. Il est judicieux de distinguer les points de recharge selon qu'ils fournissent du courant alternatif ou du courant continu, mais aussi en fonction de leur capacité de recharge. Certaines catégories peuvent être associées à des cas d'utilisation bien précis pour la recharge (voir plus bas dans ce chapitre).

Tableau 1  
**Catégories de points de recharge**

Catégorie	Sous-catégorie	Puissance maximale
Catégorie 1 (courant alternatif)	Point de recharge lente en courant alternatif monophasé	$P < 7,4 \text{ kW}$
	Point de recharge moyenne vitesse en courant alternatif triphasé	$7,4 \text{ kW} \leq P \leq 22 \text{ kW}$
	Point de recharge rapide en courant alternatif triphasé	$P > 22 \text{ kW}$
Catégorie 2 (courant continu)	Point de recharge lente en courant continu	$P < 50 \text{ kW}$
	Point de recharge rapide en courant continu	$50 \text{ kW} \leq P < 150 \text{ kW}$
	Niveau 1 – Point de recharge ultrarapide en courant continu	$150 \text{ kW} \leq P < 350 \text{ kW}$
	Niveau 2 – Point de recharge ultrarapide en courant continu	$P \geq 350 \text{ kW}$

Source : Observatoire européen des carburants alternatifs<sup>5</sup>. Consulté le 7 juin 2023.

## 2. Connecteurs de recharge

17. Ces dix dernières années, on a vu apparaître différents connecteurs de recharge qui font aujourd'hui office de normes régionales (voir illustration ci-dessous). Les régions qui ne sont pas mentionnées dans la figure adoptent généralement au moins une norme disponible en tant que norme par défaut, en fonction de l'origine des voitures neuves et d'occasion importées.

Figure VI  
**Connecteurs de recharge**



Source : Enel X. Consulté le 7 juin 2023<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/general-information/recharging-systems>.

<sup>6</sup> <https://www.enelxway.com/us/en/resources/blog/ev-charging-connector-types>.



18. Au sein de l'Union européenne, le connecteur de type 2 a été prescrit pour la recharge en courant alternatif et le système de recharge combiné (CCS) 2 a été prescrit en tant que norme de connecteur pour la recharge en courant continu. « Les points de recharge à haute puissance en courant alternatif (CA) pour véhicules électriques sont équipés, à des fins d'interopérabilité, au minimum de connecteurs de type 2, tels que décrits dans la norme EN 62196-2. Les points de recharge à haute puissance en courant continu (CC) pour véhicules électriques sont équipés, à des fins d'interopérabilité, au minimum de connecteurs du système de chargement combiné de type "Combo 2", tels que décrits dans la norme EN 62196-3 »<sup>7</sup>.

Figure VII  
Type 2 et CCS/Combo 2



Source : Observatoire européen des carburants alternatifs<sup>8</sup>. Consulté le 7 juin 2023.

19. Récemment, aux États-Unis, certains constructeurs automobiles (Ford, GM<sup>9</sup>) ont choisi d'adopter la norme Tesla de recharge en courant continu (North American Charging Standard ou NACS<sup>10</sup>) au lieu de la norme CCS1 pour que leurs véhicules aient accès au vaste réseau de Superchargeurs Tesla correspondant à la norme NACS. La consolidation semble même se poursuivre sur le plan de l'interopérabilité matérielle. Si l'interopérabilité peut être conservée grâce à des adaptateurs matériels ou à des stations de recharge équipées de plusieurs connecteurs, il convient, dans ce contexte, de tenir compte des implications financières et de la facilité d'utilisation.

### 3. Système de recharge mégawatt

20. Dans le même ordre d'idées, une nouvelle norme relative au système de recharge mégawatt (Megawatt Charging Standard (MCS)) pour les véhicules utilitaires lourds est en cours d'élaboration. Cette initiative est coordonnée par CharIN et vise à offrir aux véhicules utilitaires lourds une capacité de recharge avoisinant les 4 MW. La tension sera comprise entre 500 et 1 250 V, et le courant a été testé jusqu'à 3 000 A. Cela marque donc une étape très importante pour l'avenir de la recharge des poids lourds et des autres modes de transport requérant une grande capacité, comme les avions électriques (« e-aviation »). Le concept MCS tel que décrit par CharIN ne se limite pas à un système de recharge et à un connecteur ; il comporte des recommandations sur les aspects liés à l'emplacement (« recharge en roulant ») et les normes relatives aux logiciels (OCPP, ISO 15118), entre autres<sup>11</sup>.

21. L'Union européenne et les États-Unis ont coopéré afin de concevoir ensemble une norme de recharge pour les poids lourds électriques. Ce projet s'est accompagné de la formulation de recommandations, dans la lignée de la tradition de collaboration scientifique entre le Centre commun de recherche de l'Union européenne et le Laboratoire national d'Argonne du Département de l'énergie des États-Unis. Dans ce cadre, il a été pris acte de l'adoption par la CEI, la SAE et l'ISO du système de recharge mégawatt (MCS) pour la recharge des véhicules lourds électriques, dans le cadre duquel l'alignement des approches en matière de normalisation sera essentiel pour le déploiement d'infrastructures de recharge spécialisées. L'Union européenne et les États-Unis ont salué les efforts déployés pour assurer

<sup>7</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32014L0094#d1e32-19-1>.

<sup>8</sup> <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/general-information/recharging-systems>.

<sup>9</sup> <https://news.gm.com/newsroom.detail.html/Pages/news/us/en/2023/jun/0608-gm.html>.

<sup>10</sup> <https://www.tesla.com/blog/opening-north-american-charging-standard>.

<sup>11</sup> <https://www.charin.global/technology/mcs/>.



la compatibilité des connecteurs physiques (prises) et la mise en place d'une interface commune de communication véhicule-réseau pour tous les niveaux de puissance, tout en reconnaissant que d'autres solutions pouvaient être apportées par les opérateurs du secteur privé<sup>12</sup>.

## D. Déploiement d'infrastructures de recharge accessibles au public et d'infrastructures de recharge privées

22. Lorsqu'il s'agit de définir la fonction ou l'objectif de la recharge, une distinction est souvent faite entre recharge publique et recharge privée. La recharge publique renvoie au fait d'offrir un accès à la recharge sans discrimination ; il y a souvent un modèle commercial associé. La recharge privée, quant à elle, renvoie à une recharge destinée à l'usage personnel, au sein d'une flotte ou pour des utilisateurs connus (invités). Il est important de tenir compte du contexte juridique, car une station de recharge peut être située sur un terrain public ou privé, indépendamment du caractère public ou privé de sa fonction. À partir de ces définitions, on distingue les catégories suivantes :

- Recharge publique : installation de recharge destinée à un usage public dans le domaine public. Le déploiement d'infrastructures de recharge publique dépend largement des choix politiques des administrations locales et régionales. Étant donné que ces infrastructures sont installées dans le domaine public, des règles et des procédures strictes doivent être respectées au moment de la planification et du déploiement. L'accès est libre : un conducteur peut recharger son véhicule électrique à tout moment, sans aucune restriction d'accès ;
- Recharge semi-publique : installation de recharge destinée à un usage public dans un lieu privé. Cette catégorie est large car elle comprend les stations de recharge privées accessibles au public. Il peut y avoir des restrictions, qu'il s'agisse de restrictions d'accès (dans un parking derrière un portail), de restrictions horaires (« ouvert de 8 heures à 20 heures ») ou de restrictions concernant les groupes d'utilisateurs (par exemple, tarifs de recharge différents selon que l'on est client ou pas). Cette catégorie est appelée « semi-publique » car l'objectif est de fournir, avec certaines restrictions, un service de recharge à un public plus large de conducteurs de véhicules électriques (utilisateurs inconnus) ;
- Recharge privée : installation de recharge destinée à l'usage personnel dans un lieu privé. Cette catégorie couvre la recharge à domicile, la recharge pour les flottes privées et la recharge pour les employés sur le lieu de travail. Elle englobe aussi l'utilisation des installations par des invités ou clients (connus) et peut même nécessiter une authentification ou être associée à un certain coût. Toutefois, le facteur de différenciation est qu'il n'y a pas d'intention de fournir un service de recharge à un public plus large. Contrairement aux catégories énumérées ci-dessus, ces stations de recharge ne figureront sur aucune carte ni dans aucun service de navigation ;
- La Commission européenne a défini les catégories de recharge publique et de recharge semi-publique comme étant des recharges accessibles au public<sup>13</sup>. Les expressions « sans restriction » et « soumise à restriction » sont également employées pour les différencier.

23. Ces définitions sont importantes car les statistiques d'utilisation reposent souvent sur les infrastructures de recharge accessibles au public, alors que la recharge privée pour les véhicules particuliers, par exemple, peut représenter jusqu'à 75 % de l'ensemble du réseau d'infrastructures de recharge (voir le tableau illustratif ci-dessous). De ce fait, la recharge privée a une forte incidence sur les stratégies relatives aux réseaux d'infrastructures de recharge (publiques). En outre, les pouvoirs publics peuvent souhaiter distinguer le déploiement de stations de recharge publiques de celui de stations semi-publiques étant donné que l'approche, les outils et les mesures incitatives employés dans chacun des cas sont

<sup>12</sup> [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/statement\\_23\\_2992](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/statement_23_2992).

<sup>13</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=celex%3A32014L0094>.

très différents, bien que, considérées conjointement, ces stations constituent l'ensemble du réseau d'infrastructures de recharge accessibles au public.

Tableau 2

**Nombre de points de recharge aux Pays-Bas par catégorie (points de recharge publics, points de recharge accessibles au public et points de recharge privés)**

Nombre de points de recharge à la fin de l'année	2018	2019	2020	2021	2022	avril 2023
Standard publics et semi-publics	35 861	49 520	63 586	82 876	119 197	128 581
• Publics (accessibles au public 24 heures sur 24)	20 228	27 773	39 968	51 423	69 804	75 437
• Semi-publics (accès public limité)	15 633	21 747	23 618	31 453	49 393	53 133
Points de recharge rapide publics et semi-publics	1 116	1 262	2 027	2 577	4 164	5 207
• >100 kW		433	897	1 307	1 878	2 708
Emplacements de recharge rapide	197	339	467	629	972	1 066
Ensemble des points de recharge (standard et rapide)	36 977	50 772	65 613	85 453	123 361	133 788
Nombre de voitures particulières rechargeables (à batterie et hybrides rechargeables) par point de recharge	3,7	3,9	4,2	4,5	4,2	4,3
Points de recharge privés	-80 000	-114 000	-158 000	-221 000	-345 000	-384 000

Source : Netherlands Enterprise Agency (2023).

## E. Stratégies de déploiement

24. La stratégie la plus habituelle pour le développement à long terme de l'infrastructure de recharge des véhicules particuliers dans une région donnée comporte plusieurs étapes, qui se chevauchent souvent et dépendent du contexte local. Ces étapes sont répétées au fur et à mesure que le secteur croît :

a) Déployer un réseau d'infrastructures de recharge rapide en courant continu pour assurer une couverture de base et limiter l'anxiété liée à l'autonomie des véhicules ;

b) Déployer un vaste réseau d'infrastructures de recharge en courant alternatif (privées et publiques) qui offre à tout moment la possibilité de recharger son véhicule pendant un stationnement de longue durée (nuit ou journée de travail) :

i) Infrastructures privées :

- a. Domicile ;
- b. Logements collectifs ;
- c. Parkings sur le lieu de travail ;
- d. Flottes d'entreprise ;

ii) Infrastructures sur les voies publiques ;

c) Mettre en place ou soutenir la recharge à la demande : un service de recharge pendant les arrêts de courte durée :

- i) Chaînes de magasins ;
- ii) Services publics ;
- iii) Parkings pour les visiteurs ;

d) Diversifier les cas d'utilisation et l'offre commerciale afin de fournir de meilleurs services et d'optimiser les modèles commerciaux, mais aussi pour tenir compte des problèmes d'encombrement du réseau et accroître le recours aux énergies renouvelables :

- i) Services complémentaires, installations autour des stations de recharge (toilettes, postes de travail, etc.) ;
- ii) Recharge intelligente ;
- iii) Technologies V2G (*Vehicle-To-Grid*, « du véhicule vers le réseau électrique ») ;
- iv) Tarification dynamique, etc.

25. [Exemple de bonne pratique Fastned à ajouter.]

Figure VIII

### Panorama des solutions d'infrastructures de recharge

#### Charging infrastructure solutions



IEA. All rights reserved.

Note: This figure includes both privately and publicly accessible charging locations.

Source : AIE (2022b).

26. Selon l'AIE (2023), le déploiement prévu d'infrastructures de recharge, que celles-ci concernent les voitures particulières et utilitaires légers ou les véhicules utilitaires lourds, obéit à plusieurs tendances clefs :

- Coût : la recharge (lente) à domicile ou dans un dépôt est l'option privilégiée pour la recharge des véhicules électriques compte tenu de son coût abordable par rapport à la recharge rapide ;
- Commodité : la recharge à domicile ou dans un dépôt permet au propriétaire de recharger son véhicule pendant la nuit ou sur son lieu de travail, ce qui est pratique ;
- Impact sur le réseau : la recharge lente à domicile ou dans un dépôt est compatible avec la recharge intelligente et les opérations « du véhicule vers le réseau électrique », et exerce moins de pression sur le réseau que les solutions de recharge plus rapide ;
- Points publics de recharge à la demande : ces points de recharge vont devenir de plus en plus importants à mesure que de plus en plus de conducteurs passent aux véhicules électriques, notamment parce qu'une proportion plus faible de propriétaires aura accès à la recharge à domicile puisque le parc de véhicules électriques s'agrandira ;
- En ce qui concerne les véhicules lourds électriques, on part du principe qu'ils seront de plus en plus utilisés pour les trajets longue distance, au vu de l'évolution des technologies. Par conséquent, dans le cadre du déploiement de l'infrastructure de recharge publique, il faudrait anticiper et soutenir le passage à l'électrique de cette catégorie de véhicules.

## F. Politiques relatives aux infrastructures de recharge

27. La BEI (2022) offre une vue d'ensemble non exhaustive des objectifs pouvant être associés au déploiement d'infrastructures de recharge publique. Il peut s'agir de :

- Déployer plusieurs points de recharge pour véhicules électriques dans un délai précis ;
- Établir un réseau de points de recharge pour véhicules électriques qui soit fiable et opérationnel et dont la capacité soit suffisante pour répondre à la demande des utilisateurs ;
- Parvenir à un niveau élevé de satisfaction des utilisateurs à l'égard des services de recharge publics ;
- Atteindre les zones où la demande des utilisateurs est faible (demande actuelle et/ou prévue) ;
- Créer ou maintenir un marché concurrentiel pour la recharge des véhicules électriques afin d'obtenir des prix équitables pour les utilisateurs ;
- Intégrer la recharge des véhicules électriques dans une stratégie plus large d'écomobilité ;
- Utiliser les capitaux du secteur privé et limiter l'incidence sur les finances publiques ;
- Mobiliser l'expertise et les ressources du secteur privé.

## G. Types de contrats

28. La plupart des pays ont défini des objectifs en termes de transports à zéro émission, qui sont intégrés dans leur contribution déterminée au niveau national. Pour atteindre ces objectifs, il faut mettre en place des infrastructures de recharge suffisantes. Cela implique un investissement important qui doit être couvert par des capitaux privés ou publics. La BEI (2022) passe en revue toutes les possibilités offertes aux pouvoirs publics pour soutenir cette démarche :

- Politique – par exemple, politique d'aménagement qui permet l'installation d'infrastructures de recharge pour véhicules électriques dans les lieux publics, ou allègements fiscaux et autres mesures incitatives qui encouragent le passage à l'électrique ;
- Financement – par exemple, subventions ou prêts destinés aux entreprises de recharge de véhicules électriques ;
- Partenariat – collaboration avec des partenaires privés visant à assurer la mise à disposition d'infrastructures ou de services publics de recharge des véhicules électriques.

29. Selon la BEI (2022), plusieurs modèles peuvent être envisagés dans le cadre de la conclusion d'un partenariat public-privé :

- Contrat public : l'autorité publique contrôle les prescriptions techniques, l'installation, l'exploitation et l'utilisation de l'infrastructure. Elle conserve la plupart des risques liés au projet, de l'installation à l'exploitation (y compris le risque lié à la demande des utilisateurs), en faisant appel à la sous-traitance au besoin. L'autorité publique finance les dépenses d'investissement, d'exploitation et de maintenance, et perçoit et conserve les recettes provenant des utilisateurs ;
- Coentreprise : l'autorité publique et le partenaire privé partagent le contrôle de l'infrastructure en créant une entreprise commune. Les risques sont partagés par les parties en fonction de leur participation à l'entreprise commune. Le modèle est souple en ce qui concerne les modalités de financement, ce dernier pouvant provenir d'une partie, des deux parties ou d'une tierce partie. Les parties perçoivent les recettes provenant des utilisateurs et les répartissent entre elles en fonction de leur participation respective à l'entreprise ;

- Concession : l'autorité publique conserve un certain contrôle sur les prescriptions techniques, l'installation, l'exploitation et l'utilisation de l'infrastructure. Les risques associés à l'infrastructure, de son installation jusqu'à son exploitation (y compris le risque lié à la demande des utilisateurs), sont généralement transférés au partenaire privé, bien que la répartition des risques dans le contrat de concession puisse dépendre des circonstances. Le partenaire privé finance les dépenses d'investissement et de maintenance, avec ou sans subvention, garantie ou autre forme de soutien financier de l'autorité publique. Il perçoit et conserve également les recettes provenant des utilisateurs et en reverse éventuellement une partie à l'autorité publique ;
- Contrat basé sur la disponibilité : l'autorité publique conserve un certain contrôle sur l'infrastructure, comme dans le modèle de la concession. Les risques associés à l'infrastructure, de son installation jusqu'à son exploitation, sont pour l'essentiel transférés au partenaire privé, à l'exception notable du risque lié à la demande des utilisateurs. Le partenaire privé finance les dépenses, avec ou sans le soutien financier de l'autorité publique, et n'est payé par l'autorité publique pendant la durée du contrat que si l'infrastructure est continuellement disponible pour l'usage prévu ;
- Licence : le partenaire privé contrôle l'infrastructure et conserve la plupart des risques liés au projet, de l'installation à l'exploitation. Il finance les dépenses d'investissement et de maintenance et perçoit et conserve les recettes provenant des utilisateurs. Un contrat de licence peut comporter des conditions et des restrictions relatives aux actions du partenaire privé, mais il laisse généralement plus de liberté que les autres types de partenariat (en indiquant ce que le partenaire privé peut faire, plutôt que ce qu'il doit faire).

30. Le modèle de la concession, qui semble être le modèle le plus fréquemment utilisé en Europe, est exposé plus en détail dans la publication de la BEI (2022). On trouve également des orientations complémentaires à ce sujet dans les règlements ou lignes directrices d'autres pays. Les points ci-après décrivent un contrat de concession typique et la répartition des responsabilités :

- Le partenaire privé est responsable de l'installation, de la maintenance et de l'exploitation de l'infrastructure de recharge de véhicules électriques accessible au public pendant une période définie ;
- Le partenaire privé fournit une partie (ou la totalité) du financement nécessaire à la conception, à l'achat, à l'installation, à l'exploitation et à la maintenance de l'infrastructure de recharge ;
- Le partenaire privé a une relation directe avec les utilisateurs et perçoit et conserve les recettes provenant de ces utilisateurs ;
- Les revenus du partenaire privé fluctuent en fonction de la demande des utilisateurs ou du degré d'exécution de ses obligations.

## H. Modèles de marché

### 1. Différents modèles de marché

31. La chaîne de valeur de la mobilité électrique a évolué de manière différente d'un pays et d'une région à l'autre. Il en va de même pour les infrastructures de recharge. Aux États-Unis, des start-up telles que Tesla, Chargepoint, EVGo et Greenlots ont joué un rôle déterminant dans la création et le développement d'un réseau d'infrastructures de recharge solide, tandis que le rôle des services d'utilité publique a été moins visible au début. Cependant, en Europe et en Amérique latine, le réseau historique des services publics de distribution de l'énergie (DSO ou opérateurs de système de distribution) a joué un rôle prépondérant dans la mise en place d'infrastructures de recharge.

32. De même, en Europe, chaque pays a développé un modèle de marché différent, en fonction du contexte historique (modèles actuels des marchés de l'énergie et des transports), du contexte local (niveau d'urbanisation et modes de transport existants, par exemple) et des

choix politiques (rôle des pouvoirs publics dans un contexte déterminé par le marché, par exemple).

33. Deux exemples illustrent les différences d'approche constatées en Europe :

- Le modèle de marché pour les infrastructures de recharge accessibles au public au Portugal est coordonné par le réseau MOBI.E, conformément au mandat qui lui a été confié par le Gouvernement central portugais. Chaque opérateur de recharge ou fournisseur de services de mobilité électronique qui souhaite entrer sur le marché portugais de la recharge de véhicules électriques devra s'enregistrer auprès de MOBI.E. De même, chaque fabricant de stations de recharge doit être certifié selon les exigences de MOBI.E. Ces acteurs du marché doivent se conformer à des prescriptions fonctionnelles et techniques spécifiques qui garantissent notamment une interopérabilité totale et une tarification transparente. Bien qu'il s'agisse d'un marché ouvert, il existe une forte coordination centrale visant à assurer la normalisation, la conformité et l'adoption d'une approche axée sur l'utilisateur ;
- Le marché des infrastructures de recharge accessibles au public en Allemagne fait intervenir un large éventail d'acteurs privés et publics, y compris des entreprises de services publics telles que E.on, RWE, EnBW, Vattenfall et de nombreuses « stadtwerke » régionales plus petites (il existe environ 900 stadtwerke en Allemagne, constituant environ 150 entreprises de services publics<sup>14</sup>), des entreprises automobiles (Audi, Volkswagen, Tesla), des stations-service (Aral Pulse, Shell Recharge), ainsi que des opérateurs de recharge indépendants (Ionity, Fastned). La réglementation nationale décrit un certain nombre d'exigences techniques et de protocoles tels que l'Open Charge Point Protocol (OCPP), mais il n'existe aucun cadre réglementaire formel permettant d'assurer une interopérabilité totale et l'itinérance ou d'organiser la collaboration entre les acteurs du marché.

34. La Commission européenne fournit des orientations au moyen du règlement sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs (AFIR), des travaux supplémentaires étant réalisés au sein du Forum pour des transports durables, qui constitue une plateforme favorisant l'harmonisation par des règlements, des politiques, des prescriptions contractuelles ou des recommandations. Toutefois, des divergences d'opinions subsistent quant au niveau d'harmonisation et de normalisation nécessaire pour harmoniser les modèles de marché et créer les conditions optimales pour le déploiement à grande échelle et la satisfaction des utilisateurs. Quelques conditions fondamentales d'harmonisation sont examinées ci-dessous.

## 2. Harmonisation des modèles de marché

35. Dans chaque région et sur les différents continents, un marché des infrastructures de recharge a vu le jour. Le type de marché – le cadre réglementaire, les rôles et les responsabilités, l'ouverture et l'interopérabilité, le cadre fiscal et de subventionnement – varie d'une région à l'autre et d'un pays à l'autre. En Europe également, il existe de nombreux modèles de marché pour lesquels les pouvoirs publics jouent des rôles différents, allant de la mise en place d'un cadre réglementaire solide auquel chaque acteur commercial doit se conformer et de la définition du rôle des différents acteurs, à l'établissement d'un ensemble de règlements assez souples pour permettre la conclusion de divers contrats entre des entités publiques et privées.

36. Dans chaque modèle de marché, les acteurs publics et privés investissent dans les améliorations et les innovations. Encore récent, le marché réunit des éléments liés aux transports, à l'énergie, à l'aménagement du territoire et à la transition numérique en vue d'offrir une panoplie de services de recharge. Ces services se composent d'éléments (matériels, logiciels et données) qui requièrent chacun des prescriptions fonctionnelles, de qualité et d'interopérabilité qui seront abordées ci-après.

<sup>14</sup> [https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7679/file/7679\\_Wagner.pdf](https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7679/file/7679_Wagner.pdf).

### 3. Un marché ouvert et interopérable

37. L'ouverture et l'interopérabilité sont des aspects fondamentaux d'un secteur axé sur le marché tel que la mobilité électrique et les infrastructures de recharge. Toutefois, il est nécessaire de procéder à un examen plus approfondi pour bien comprendre les incidences de ces termes sur l'évolution du secteur.

38. L'interopérabilité est une notion qui désigne la capacité des systèmes ou des acteurs à agir ensemble. Il existe plusieurs définitions de l'interopérabilité.

39. L'Organisation internationale de normalisation (ISO), dans sa norme ISO/IEC 2382-01 (Technologies de l'information – Vocabulaire : Termes fondamentaux), définit l'interopérabilité comme la « possibilité de communication, d'exécution de programmes ou de transfert de données entre unités fonctionnelles différentes, de telle manière que l'utilisateur n'ait que peu ou pas besoin de connaître les caractéristiques propres à chaque unité ».

40. La directive sur les systèmes de transport intelligents de la Commission européenne (2010/40/UE)<sup>15</sup> définit l'interopérabilité comme « la capacité des systèmes et des processus industriels qui les sous-tendent à échanger des données et à partager des informations et des connaissances ».

41. L'interopérabilité en tant que concept a fait ses preuves dans des secteurs tels que les télécommunications et l'informatique, où le partage d'informations pertinentes entre les fournisseurs de services permet aux utilisateurs de tirer aisément parti des infrastructures et des services, quels que soient le matériel ou les abonnements utilisés. L'interopérabilité présente notamment les avantages suivants :

- Réduction des coûts d'installation et d'intégration, principalement en raison de l'absence de services ou composants de conversion et traduction ;
- Mise à l'échelle efficace des services grâce à la réutilisation de composants interopérables ;
- Développement efficace de nouveaux services avec une dépendance limitée à l'égard de tiers ;
- Un meilleur environnement concurrentiel : la dépendance technologique étant évitée, les règles du jeu sont les mêmes pour tous, ce qui permet de mieux comparer les offres ;
- Une orientation de la concurrence vers les prix et la fiabilité, car la transparence (des prix) dans des conditions de concurrence équitables permet de proposer de meilleures offres.

42. Le fait que les systèmes soient interopérables n'empêche pas l'usage d'outils, de normes ou de protocoles exclusifs pour parvenir à l'interopérabilité. Cela peut entraîner des coûts, la revendication de droits de propriété intellectuelle ou un processus de développement propriétaire. Les normes propriétaires présentent l'avantage de pouvoir être mises en œuvre et utilisées rapidement. En revanche, elles peuvent entraîner des restrictions et des dépendances dans l'élaboration des normes, entravant ainsi la croissance d'un secteur du marché.

43. Le Comité des obstacles techniques au commerce de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) définit six aspects de l'ouverture des processus de normalisation internationale (OMC, 2000), à savoir :

- La transparence dans la communication (en ce qui concerne les documents relatifs aux propositions de normes et aux versions définitives des normes) ;
- L'ouverture dans l'élaboration (adhésion ouverte à tous, à tous les stades du processus de normalisation) ;

<sup>15</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32010L0040&qid=1686806748402>.



- L'impartialité et le consensus dans la prise de décision (aucune partie ne bénéficiant de privilèges ou de favoritisme) ;
- L'efficacité et la pertinence (facilitation du commerce international) ;
- La cohérence (absence de double emploi ou de chevauchement avec les travaux d'autres organismes de normalisation) ;
- L'inclusion, notamment en ce qui concerne les préoccupations des pays en développement (les pays en développement ne doivent pas être exclus de facto du processus).

#### 4. Rôle des « couches d'interopérabilité » dans la création d'un marché ouvert pour la recharge des véhicules électriques

44. Dans le contexte de la recharge des véhicules électriques, la mise en place d'un secteur ouvert et axé sur le marché repose sur l'interopérabilité et l'ouverture. Chaque pays ou région peut définir quelle partie du secteur est concurrentielle et quelle partie est considérée comme préconcurrentielle ou non concurrentielle (comme l'échange de données au moyen de normes ouvertes, ou la communication de données gouvernementales). Les décideurs politiques et les autorités chargées de la concurrence devraient réfléchir périodiquement aux évolutions futures afin de garantir un marché concurrentiel. Il est utile d'analyser toutes les parties de la chaîne de valeur et de distinguer les différentes « couches » dans lesquelles les acteurs du marché interagissent.

45. Le modèle d'architecture du réseau électrique intelligent, élaboré par l'organisme européen de normalisation CEN-CENELEC<sup>16</sup>, identifie différentes « couches d'interopérabilité » nécessaires à la réussite d'un secteur axé sur le marché :

- La couche matérielle, qui est axée sur l'interopérabilité des connecteurs et des fiches ;
- La couche de communication, qui comprend une communication transparente entre les systèmes matériels et logiciels aux fins de l'échange de données, à l'instar d'un protocole IP ou 4G ;
- La couche d'information : les informations échangées doivent être reconnues et interprétées au moyen d'un modèle de données normalisé et de protocoles d'information ;
- La couche de service, qui nécessite une normalisation et une interopérabilité permettant la prestation de services prévisibles et mesurables tels que le paiement, l'itinérance, la navigation et la communication d'informations ;
- La couche commerciale, qui nécessite la mise en place d'un cadre réglementaire non discriminatoire énonçant les « règles du jeu » et d'accords contractuels normalisés entre les acteurs du marché visant à rendre prévisibles et durables des aspects tels que les modalités de règlement, la responsabilité, les différends, etc.

46. Le degré d'interopérabilité peut varier d'un marché à l'autre, mais un certain niveau est nécessaire pour parvenir à une version aboutie des services centrés sur l'utilisateur (par exemple en matière de tarification, de navigation, de paiements et d'itinérance) et à des processus aval efficaces pour l'installation et l'exploitation des infrastructures de recharge, en faisant appel à différents fabricants, opérateurs, opérateurs de système de distribution et entreprises de construction.

#### 5. Paiement direct, abonnements et itinérance

47. Le déploiement des infrastructures de recharge a commencé avec la proposition par les opérateurs de recharge d'un accès à leurs réseaux de recharge grâce à un modèle de paiement direct ou à un modèle d'abonnement (postpaiement). Avec l'émergence d'un modèle opérationnel axé sur le marché et la multiplication des opérateurs fournissant des services de recharge, le rôle d'un fournisseur de services de mobilité électrique a été défini

<sup>16</sup> [https://www.cencenelec.eu/media/CEN-CENELEC/AreasOfWork/CEN-CENELEC\\_Topics/Smart%20Grids%20and%20Meters/Smart%20Grids/reference\\_architecture\\_smartgrids.pdf](https://www.cencenelec.eu/media/CEN-CENELEC/AreasOfWork/CEN-CENELEC_Topics/Smart%20Grids%20and%20Meters/Smart%20Grids/reference_architecture_smartgrids.pdf).

afin de proposer aux conducteurs de véhicules électriques des services de mobilité à travers plusieurs réseaux d'opérateurs de recharge. Ces services comprennent entre autres la navigation, l'information, l'accès à la recharge, le paiement et la facturation. Il convient de noter que chaque opérateur de recharge peut également assurer la fonction de fournisseur de services de mobilité électrique, en proposant des services qui couvrent tous les autres réseaux de recharge.

48. Les solutions de paiement direct s'appuient sur les systèmes de paiement interopérables existants tels que les terminaux de cartes de crédit, les codes QR et les systèmes de paiement dans l'application. À l'instar du paiement dans les stations-service, les paiements directs sont une méthode efficace et largement acceptée. Toutefois, en fonction de la solution de paiement direct utilisée, le coût de l'équipement de recharge peut être plus élevé. En outre, l'interaction entre le conducteur du véhicule électrique et l'opérateur de recharge est minime.

49. Dans la proposition de règlement AFIR de la Commission européenne, il est prescrit d'installer des terminaux de paiement aux stations de recharge rapide (>50 kW). Cependant, le texte officiel n'était pas encore disponible au moment de la rédaction du présent document. Cette évolution devrait avoir des incidences sur l'ensemble de la région de la CEE. Parallèlement, la directive concernant les services de paiement (DSP 2) prévoit des éléments tels que l'authentification forte du client, ce qui rend difficile le maintien des pratiques de paiement actuelles et entraîne des coûts d'installation supplémentaires importants. Par conséquent, des discussions sont en cours afin de prévoir des exemptions pour le paiement direct aux stations de recharge de manière à garantir une expérience fluide pour l'utilisateur avec un profil de risque acceptable<sup>17, 18</sup>.

50. Une autre méthode de paiement bien établie est le modèle d'abonnement ou de postpaiement, couramment utilisé pour les infrastructures de recharge lente. Dans ce modèle, le fournisseur de services de mobilité électrique donne accès à une station de recharge par authentification au moyen d'un jeton, d'une carte RFID (identification par radiofréquence), d'une application ou de la fonction « Plug & Charge » du véhicule. Une fois que l'authentification entre le fournisseur de services de mobilité électrique et l'opérateur concerné est réussie, l'opération de recharge commence. À l'issue de la recharge, le fournisseur de services de mobilité électrique délivre une facture et en facilite le règlement avec l'opérateur de recharge.

51. Pour les conducteurs de véhicules électriques, le modèle d'abonnement présente plusieurs avantages :

- Le fournisseur de services de mobilité électrique peut offrir une expérience client personnalisée en proposant des services supplémentaires visant à améliorer l'expérience de recharge, tels que la navigation, la transparence des prix, les remises et la facture mensuelle globale ;
- Des fonctionnalités telles que la recharge intelligente, les opérations « du véhicule vers le réseau électrique » (V2G) et la fonction « Plug & Charge » ne peuvent être développées avec succès que dans le cadre d'un modèle d'abonnement, la connaissance de l'utilisateur, du véhicule et de ses besoins étant cruciale. Parmi les facteurs importants figurent l'heure de départ, le nombre de kilowatts nécessaires et l'état de charge.

52. Bien qu'une solution de paiement direct serve de norme minimale pour accéder à plusieurs réseaux de recharge, elle ne permet pas une véritable itinérance pour les véhicules électriques puisqu'elle s'appuie exclusivement sur les systèmes de paiement existants sans fournir d'autres informations ou renseignements au cours de la transaction.

53. La notion d'itinérance, issue du secteur des télécommunications, est définie dans la norme ISO 26927 comme un service qui permet aux utilisateurs ou terminaux d'utiliser les

<sup>17</sup> <https://www.aveve.org/publications/item/2023/04/15/AVERE-position-paper-on-the-upcoming-proposal-for-a-new-Payment-Services-Directive-PSD-II>.

<sup>18</sup> <https://www.chargeurope.eu/s/The-need-to-remove-PIN-pad-obligations-for-EV-charging-payments-2-March-1.pdf>.

réseaux d'accès et les services de mobilité d'un opérateur de réseau différent de celui de l'utilisateur. Dans le cadre de la mobilité électrique, l'itinérance des véhicules électriques consiste à permettre à un utilisateur de ce type de véhicule d'obtenir un abonnement auprès de l'opérateur ou fournisseur de services A et de recharger le véhicule électrique à une station de recharge exploitée par l'opérateur B avec lequel le conducteur dudit véhicule n'a pas de contrat direct.

54. Dans le cas de la recharge des véhicules électriques, il faut un modèle contractuel et des couches d'interopérabilité qui garantissent un service d'itinérance optimal. La mise en œuvre d'un modèle contractuel avec une itinérance interopérable des véhicules électriques présente plusieurs avantages :

- Les conducteurs de véhicules électriques peuvent recharger leur véhicule à partir de n'importe quel réseau de recharge sans avoir besoin de recourir à des méthodes d'accès multiples, aussi bien à l'intérieur d'un pays qu'à l'étranger ;
- Les opérateurs de recharge peuvent élargir leur clientèle, en augmentant le nombre de séances de recharge, et améliorer leur rentabilité ;
- Les opérateurs de recharge peuvent échanger des informations avec les profils des utilisateurs et proposer des services de recharge intelligente et d'autres services, optimisant ainsi l'utilisation des véhicules électriques en tant qu'actifs de stockage flexibles et le recours aux énergies renouvelables ;
- Les opérateurs de système de distribution, par l'intermédiaire des opérateurs de recharge, contrôlent mieux l'encombrement du réseau et les heures de pointe, ce qui permet de réduire les investissements dans le réseau ;
- Les pouvoirs publics peuvent investir efficacement dans les réseaux de recharge publics et offrir aux citoyens des expériences de recharge optimales, accélérant ainsi le déploiement des transports sans émission.

55. Comme l'a déclaré le Gouvernement britannique, la mise en œuvre de l'itinérance entre les réseaux signifie que les consommateurs peuvent accéder à tous les points de recharge publics avec une seule carte de membre ou une seule application pour smartphone<sup>19</sup>. En France, le décret n° 2017-26 impose aux propriétaires d'infrastructures de recharge publiques d'ouvrir leurs stations de recharge à l'itinérance, soit par des liens directs, soit par des plateformes d'itinérance. Les points de recharge publics doivent être accessibles par paiement direct ou par contrat conclu avec le fournisseur de services de mobilité, au choix du conducteur du véhicule électrique.

56. La Californie a décidé d'exiger au moins un protocole d'itinérance commun pour faciliter les accords d'itinérance<sup>20</sup>, son choix s'étant porté plus particulièrement sur l'OCPI. Le 29 mai 2020, cet État américain a déposé un projet de loi visant à faciliter les accords d'itinérance. Le « Code of Regulations » de l'État de Californie dispose qu'au plus tard le 1<sup>er</sup> juillet 2021, les fournisseurs de services pour véhicules électriques devaient respecter, au minimum, et maintenir les procédures « California Open Charge Point Interface Interim Test Procedures for Networked Electric Vehicle Supply Equipment for Level 2 and Direct Current Fast Charge Classes<sup>21</sup> », adoptées le 15 avril 2020 et incorporées par renvoi dans le Code, pour chaque équipement d'alimentation de véhicule électrique applicable. Il y est également précisé que cette disposition n'exclut pas l'utilisation complémentaire d'autres protocoles de communication.

## 6. Un modèle de marché ouvert et interopérable

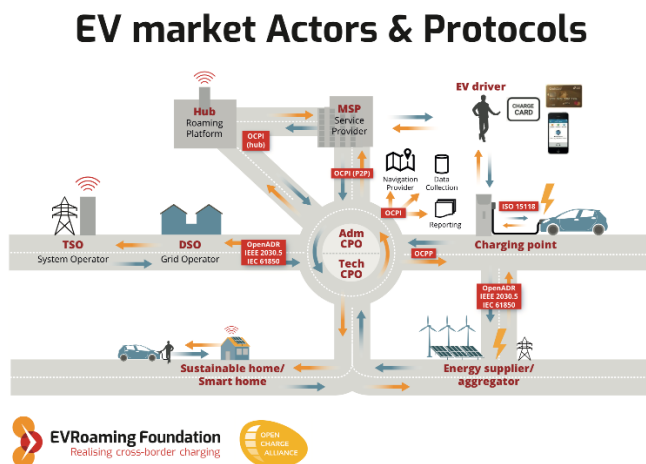
57. En combinant les idées ci-dessus dans un modèle de marché à l'épreuve du temps, on obtient l'image suivante.

<sup>19</sup> [www.gov.uk/government/consultations/the-consumer-experience-at-public-electric-vehicle-chargepoints/the-consumer-experience-at-public-chargepoints](http://www.gov.uk/government/consultations/the-consumer-experience-at-public-electric-vehicle-chargepoints/the-consumer-experience-at-public-chargepoints).

<sup>20</sup> [https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-06/evse\\_fro\\_ac.pdf](https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-06/evse_fro_ac.pdf).

<sup>21</sup> <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/barcu/regact/2019/evse2019/attbtestprocedure.pdf>.

Figure IX  
Acteurs et protocoles du marché des véhicules électriques



Source : Fondation EVRoaming<sup>22</sup>.

58. Ce modèle de marché s'appuie sur les exigences d'ouverture et d'interopérabilité pour les couches matérielles, de communication et d'information. Les exigences d'interopérabilité pour la couche de services et la couche commerciale (visant à garantir l'uniformité des propositions axées sur l'utilisateur et à mettre en place un modèle de marché qui définit les « règles du jeu », respectivement) devront être fixées dans la réglementation.

59. Un aperçu des protocoles et des normes relatifs à la recharge les plus largement utilisés est donné ci-après<sup>23</sup> :

- Le protocole OCPP (Open Charge Point Protocol)/CEI 63110 (entre la station de recharge et le système de gestion de celle-ci) sert à connecter différents types ou marques de stations de recharge à un seul système de gestion de stations de recharge (CSMS) ou l'inverse, c'est-à-dire de connecter un seul type ou une seule marque de station de recharge à un ensemble de systèmes de gestion de stations de recharge. Il rend possibles la gestion des stations de recharge et le traitement des transactions de recharge, y compris l'identification et l'autorisation du conducteur du véhicule électrique. Ce protocole peut également être utilisé pour contrôler les stations de recharge afin d'assurer une recharge intelligente. L'opérateur de la station de recharge (CPO) applique ce protocole pour communiquer avec les stations de recharge qu'il gère via son CSMS. L'OCPP, qui est devenu la norme internationale « de facto » pour la gestion des stations de recharge, est utilisé par de nombreux CPO. Il est administré par l'Open Charge Alliance.

(Source : Open Charge Point Protocol 2.0.1, Open Charge Alliance, [En ligne]. Disponible en suivant le chemin OCPP 2.0.1 > Protocoles > Accueil – Open Charge Alliance).

- Le protocole OCPI (Open Charge Point Interface)/CEI 63119 (entre l'opérateur de la station de recharge et le fournisseur de services de mobilité) est utilisé pour l'échange de données entre le CPO et le fournisseur de services de mobilité, mais aussi avec d'autres opérateurs du marché qui ont besoin d'informations sur les véhicules électriques. Il sert à établir une connexion directe entre deux parties et permet l'échange de données sur les emplacements, les tarifs, les autorisations et les transactions de recharge. Il favorise également la recharge intelligente grâce à la gestion des profils de recharge. (Source : EVRoaming.org).

<sup>22</sup> [www.evroaming.org/](http://www.evroaming.org/).

<sup>23</sup> (Source : « Position Paper on Open Markets & Open Protocols » (juin 2021), NAL Working Group Open Market & Open Protocols, Pays-Bas).

- La norme ISO 15118/CHAdeMO (entre la voiture et la station de recharge) a été mise au point pour répondre à deux objectifs importants : premièrement, offrir un mécanisme simple pour l'authentification, l'autorisation et le paiement à la station de recharge sans intervention de la part de l'utilisateur, connu sous le nom de Plug and Charge (PnC), et, deuxièmement, intégrer les véhicules électriques dans le réseau électrique intelligent pour permettre un transfert flexible d'énergie (V2G) et ainsi apporter une valeur ajoutée au réseau sans incidence négative pour le véhicule électrique ou son conducteur.

## 7. Facilité d'utilisation

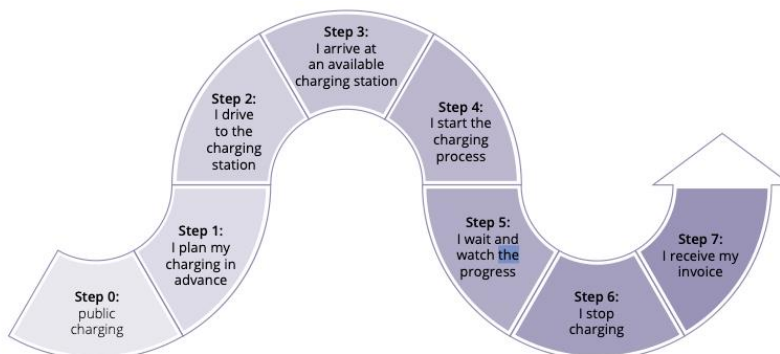
60. Le déploiement des infrastructures de recharge dans le secteur des véhicules électriques suit un schéma analogue à celui d'autres secteurs technologiques innovants et orientés vers le marché. Il passe d'un paradigme technique (« pouvons-nous les faire fonctionner ? ») à un paradigme fonctionnel (« quel type de recharge est nécessaire ? ») pour aboutir à une proposition de service (« quels sont les besoins du conducteur de véhicule électrique ? »).

61. L'accent mis sur la facilité d'utilisation peut être concrétisé par la définition d'un parcours client uniforme, la définition et la mesure de la qualité du service, ainsi que l'élargissement de l'accessibilité au-delà des groupes d'utilisateurs par défaut.

62. Pour une meilleure compréhension des besoins des conducteurs de véhicules électriques, divers instruments sont disponibles dans le domaine de la conception de services. L'un de ces outils est le parcours du client, qui fournit une approche systématique permettant de connaître l'expérience du client et qui peut être amélioré en incorporant des objectifs particuliers tels que le temps de réponse et la qualité.

Figure X

### Définition du parcours du client



Source : NKL (2021).

63. Les principales conclusions tirées de l'élaboration du parcours du client sont les suivantes :

- Les conducteurs de véhicules électriques sont proactifs et attentifs, et consacrent beaucoup de temps à la collecte de données. Il convient de noter que ce niveau de recherche proactive n'est pas attendu des futurs conducteurs appartenant à la catégorie de la majorité tardive ;
- La plupart des activités de recharge se déroulent dans des lieux familiers ;
- Les conducteurs de véhicules électriques ont confiance dans la disponibilité des stations de recharge, grâce à une autonomie de conduite relativement longue et à l'abondance des infrastructures de recharge (rapide) ;
- Les principaux critères de sélection des stations de recharge pour les conducteurs de véhicules électriques sont la disponibilité, la vitesse de recharge et le coût ;

- Les conducteurs de véhicules électriques disposent d'une grande quantité d'informations provenant de diverses sources, mais avec des niveaux de précision variables. La qualité de l'information est un élément essentiel de différenciation :
- Des plans de secours et des contrôles de substitution sont souvent recherchés lorsqu'une carte ou une station de recharge ne fonctionne pas ou n'est pas disponible, ces informations faisant parfois défaut ;
- La transparence des prix pour les services de recharge est jugée suffisante ;
- Des inquiétudes se font jour quant à d'éventuelles augmentations des prix.

64. L'évaluation du niveau de service attendu par les conducteurs de véhicules électriques constitue une autre approche permettant d'intégrer l'expérience du client dans des indicateurs clefs de performance de certains services. Bien que cette approche soit encore rarement utilisée, elle permet de disposer d'informations précieuses.

Encadré 1

**Un indicateur de référence pour déterminer la qualité de service d'un réseau de recharge**

En 2022, un indicateur de référence de service a été élaboré pour mesurer la facilité d'utilisation des systèmes de recharge publique. La National Knowledge Platform for Charging Infrastructure des Pays-Bas (NKL) a élaboré un récapitulatif des indicateurs de performance qui, ensemble, représentent la qualité de service d'un réseau de recharge. Ces indicateurs ont été mesurés, à la fois par un test sur le terrain et une étude documentaire, et ont permis d'établir une référence en matière de « service » pour les opérateurs de recharge publique dans le pays.

La longue liste des indicateurs potentiels permettant de définir la facilité d'utilisation a été établie sur la base d'études documentaires et d'un questionnaire. Les indicateurs de performance ci-après ont été considérés comme les plus importants :

- a) Fiabilité du chargeur ;
- b) Disponibilité du chargeur ;
- c) Voiture à carburant mal garée ;
- d) Disponibilité dans les applications ;
- e) Localisation dans les applications ;
- f) Disponibilité du service d'assistance ;
- g) Compétences du service d'assistance ;
- h) Coordonnées du service d'assistance ;
- i) Facilité d'utilisation du chargeur ;
- j) Accessibilité du chargeur ;
- k) Vérifiabilité de la facture ;
- l) Vitesse de recharge maximale ;
- m) Intervention de l'utilisateur pour la recharge intelligente ;
- n) Transparence des prix ;
- o) Fourniture d'électricité renouvelable.

Source : NKL (2021b).

65. La fiabilité fait partie de la définition du service d'une station de recharge. Elle peut être mesurée par ce que l'on appelle le temps de disponibilité, un pourcentage annuel ou mensuel indiquant la disponibilité technique d'une station de recharge.

66. Plusieurs dysfonctionnements peuvent survenir lors de la recharge d'un véhicule électrique à partir d'un chargeur public. Pour améliorer la fiabilité des infrastructures de

recharge accessibles au public, il faut connaître les différents types de défaillances, leurs causes et les responsables chargés d'y remédier. Les quatre étapes clés qui doivent être prises en compte lors de la définition d'une norme de fiabilité sont présentées dans la figure XI.

Figure XI  
Quatre étapes clés de la définition d'une norme de fiabilité



Source : International Council on Clean Transportation (ICCT)<sup>24</sup>. Consulté le 7 juin 2023.

67. Plusieurs entités ont commencé à élaborer des normes de fiabilité pour les installations de recharge. Ces normes comprennent des exigences en matière de temps de disponibilité, des obligations relatives à la communication de données et des prescriptions en matière d'accessibilité des données aux fins de l'amélioration de la fiabilité globale du réseau de recharge. Les autorités compétentes peuvent bénéficier d'un partage des connaissances et de l'alignement des normes de fiabilité.

#### Encadré 2

##### Fiabilité des infrastructures de recharge aux États-Unis

L'ICCT<sup>25</sup>, en collaboration avec l'International Zero-Emission Vehicle Alliance (ZEV Alliance), a présenté un exposé sur la fiabilité des infrastructures de recharge. L'un des motifs de cette initiative prioritaire a été une étude réalisée en 2022 par l'Université de Californie à Berkeley, qui a révélé que seuls 77 % des chargeurs publics de la région de la baie de San Francisco étaient fonctionnels.

Six types de dysfonctionnements ont été relevés dans cette étude :

- Connecteur cassé ;
- Écran vide ou qui ne répond pas ;
- Message d'erreur à l'écran ;
- Erreur de connexion ;
- Défaillance du système de paiement ;
- Échec de démarrage de la recharge.

La California Energy Commission s'est penchée sur cette question lors d'un atelier organisé en 2022, au cours duquel la société Electrify America a indiqué les causes suivantes du manque de fiabilité de la recharge en courant continu.

<sup>24</sup> <https://theicct.org/publication/public-charging-reliability-mar23/>.

<sup>25</sup> <https://theicct.org/wp-content/uploads/2023/03/public-charging-reliability-mar23.pdf>.



Tableau 3

**Causes du manque de fiabilité de la recharge rapide en courant continu**

<i>Cause</i>	<i>Explication</i>
Fiabilité du matériel	Il s'agit notamment du taux de défaillance des composants matériels et du temps qu'il faut pour les remplacer. La responsabilité d'améliorer cet aspect incombe principalement aux fabricants de points de recharge. Cette fiabilité peut être contrôlée à partir de données relatives au temps de disponibilité.
Interopérabilité des véhicules	La normalisation des prises et des connecteurs de recharge des véhicules n'est pas généralisée pour toutes les marques et tous les marchés, ce qui peut entraîner des défaillances concernant la recharge. Cette interopérabilité peut être contrôlée par une évaluation des taux de réussite des recharges.
Perturbations de la chaîne d'approvisionnement mondiale	Il en résulte des pénuries de pièces à l'échelle du secteur et une augmentation des délais nécessaires au remplacement des pièces non fonctionnelles.
Opérations d'assistance	Il est nécessaire d'améliorer les capacités de diagnostic à distance en temps réel et de réduire le temps de réparation.
Systèmes de gestion informatique des réseaux	Ces systèmes permettent aux opérateurs de recharge de communiquer avec les points de recharge et de les gérer. L'augmentation rapide de la clientèle et de l'utilisation des chargeurs peut mettre à rude épreuve la structure informatique.
Autorisation de paiement	Il peut s'agir d'une défaillance interne ou externe du système de paiement, qui reste l'un des principaux facteurs du manque de fiabilité.

*Source* : ICCT (2022).

68. La réglementation relative à la fiabilité est actuellement à l'étude dans plusieurs pays et régions, où l'accent est mis sur l'introduction d'exigences concernant le temps de disponibilité dans les contrats et sur l'amélioration de la communication d'informations sur la fiabilité.

69. Aujourd'hui, il n'est pas garanti que les stations de recharge soient accessibles à tous. Il n'existe pas de réglementation uniforme, ce qui laisse aux autorités contractantes et aux opérateurs la responsabilité de combler cette lacune.

70. La Commission européenne, par l'intermédiaire du Forum pour des transports durables, s'attache à recenser les principaux problèmes et besoins à prendre en compte par les autorités publiques, à trois niveaux différents :

- Matériel : équipement des bornes/stations de recharge ;
- Places de stationnement associées et environnement immédiat ;
- Répartition et emplacement des bornes ou stations de recharge accessibles et des places de stationnement correspondantes.

71. Les groupes ou cas d'utilisation qui seront considérés dans le cadre de cette initiative sont les suivants :

- Les personnes qui conduisent et celles qui ne conduisent pas ;
- Les différents types de handicaps – non-voyants, personnes en fauteuil roulant et paraplégiques ;
- Les parcs de stationnement pour « voitures normales » (dans ce cas, l'espace ne pose pas de problème, mais d'autres aspects doivent être pris en compte pour l'accessibilité) ;
- Les parcs de stationnement pour voitures adaptées et les flottes spéciales ;
- Les centres de mobilité ;

- Les recommandations de l'équipe spéciale du Forum pour des transports durables peuvent déboucher sur un règlement supplémentaire de la Commission européenne (AFIR) ou sur des spécifications et des prescriptions normalisées privées pour les autorités contractantes.

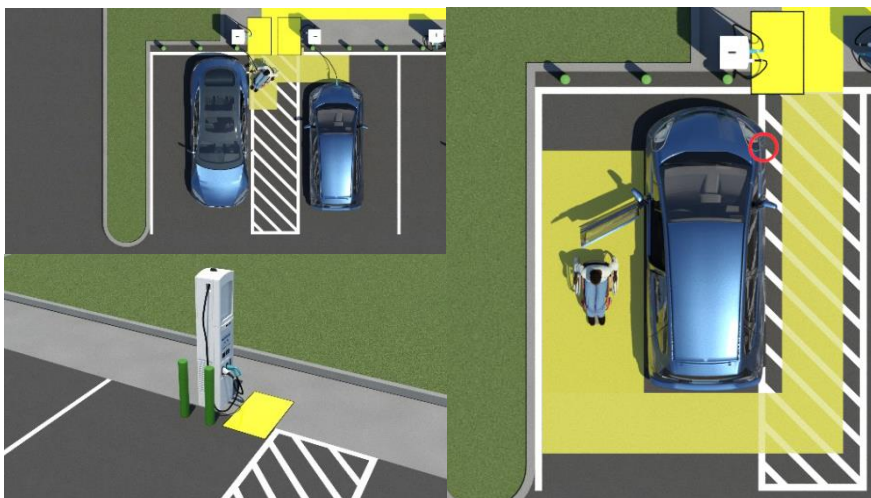
## Encadré 3

**Recommandations des États-Unis pour la conception de stations de recharge accessibles pour véhicules électriques**

Access Board, une agence fédérale indépendante des États-Unis, a produit un document d'assistance technique visant à aider à la conception et à la construction de stations de recharge pour véhicules électriques qui soient accessibles aux personnes handicapées et utilisables par celles-ci. Ces recommandations ne sont pas juridiquement contraignantes mais fournissent des orientations techniques.

Voici quelques un des éléments clefs à prendre en compte :

- Les places de recharge (accessibles) diffèrent des places de stationnement en raison des exigences en matière de recharge et de la diversité des configurations de recharge (emplacement de la prise, instructions d'utilisation, etc.)
- Les stations de recharge pour véhicules électriques sont souvent sans présence humaine, ce qui nécessite une utilisation plus indépendante que les stations-service, par exemple :
  - Accessibilité physique ;
  - Accessibilité des fonctions de communication.



Source : Agence fédérale Access Board<sup>26</sup>. Consulté le 7 juin 2023.

## 8. Autres solutions de recharge pour les véhicules particuliers

72. Les sections précédentes s'appliquent principalement au contexte des véhicules particuliers et aux stations de recharge ordinaires disposant de deux points de recharge. De nombreuses autres solutions de recharge sont disponibles pour répondre à des besoins particuliers. Certaines d'entre elles sont bien développées et d'autres sont encore novatrices dans leur approche.

### a) Centre de recharge ou borne de recharge à prises multiples (« charging plaza »)

73. Une « charging plaza » comprend plus de deux stations de recharge pour véhicules électriques qui, au lieu d'être connectées au réseau séparément, partagent une connexion unique.

<sup>26</sup> <https://www.access-board.gov/tad/ev/>.

74. Un certain nombre de facteurs jouent un rôle dans le choix entre une « charging plaza » et une station de recharge (NKL, 2021b) :

- Aménagement de l'espace : limitation du nombre d'objets dans l'espace public ;
- Rationalisation des flux de circulation : organisation du flux vers une installation de recharge ;
- Extensibilité : avec un peu plus d'efforts, il est possible d'installer de nombreux points de recharge ;
- Service aux utilisateurs et garantie de la disponibilité des points de recharge : il y a plus de garanties sur la disponibilité d'un point de recharge utilisable ;
- Stimulation de l'utilisation de véhicules électriques : un centre de recharge est plus visible et plus reconnaissable, ce qui donne plus de certitude aux (éventuels) conducteurs de véhicules électriques ;
- Considérations financières : l'activité d'un centre de recharge présente de meilleures perspectives avec l'adoption des véhicules électriques ;
- Combinaison avec un centre de mobilité : un centre de recharge est un emplacement logique pour la mise à disposition de voitures ou de vélos partagés et fonctionne donc comme un centre de mobilité ;
- Gestion du processus de recharge : avec plusieurs points de recharge sur une seule connexion au réseau, il est possible de gérer plus efficacement la demande d'électricité et de réduire les problèmes d'encombrement du réseau.

Figure XII

**Représentation schématique des versions techniques d'une borne de recharge à prises multiples (« charging plaza »)**

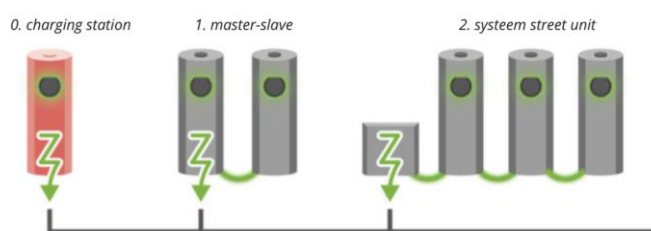


Figure 3 – Schematic representation of 0. standard charging station and the two different technical versions of charging plazas: 1. master-slave structure and 2. system street unit.

Source : NKL (2021b).

**b) Recharge intégrée et souterraine**

75. La recharge en bordure de trottoir est considérée comme la solution la plus envisageable pour les conducteurs de véhicules électriques urbains qui ne peuvent pas installer des chargeurs chez eux. Cependant, les politiques d'aménagement du territoire peuvent prévoir la limitation du nombre d'objets dans l'espace public. Dans ce cas, des solutions novatrices peuvent être envisagées afin d'intégrer la fonction de recharge dans des objets existants. Il existe de nombreuses solutions permettant d'intégrer les points de recharge dans le mobilier urbain. Les éléments à prendre en compte sont les suivants :

- Moins d'encombrement et moins d'objets dans l'espace public ;
- Intégration des fonctions dans l'espace public ;
- Solutions de recharge souterraine permettant d'éviter toute perturbation visible autour des monuments, des quartiers présentant un intérêt architectural, etc.

76. Techniquement, ces solutions peuvent être considérées comme des stations de recharge ordinaires munies d'une ou deux prises, ou comme une « charging plaza » dotée de plusieurs prises sur une seule connexion au réseau. D'un point de vue fonctionnel, il peut y avoir des limites liées notamment aux exigences réglementaires (faut-il prévoir un câble de

recharge fixe ?), aux questions de sécurité (est-ce un lieu de recharge sûr ?) ou à la facilité d'utilisation (le point de recharge est-il visible ? est-il facilement accessible ?).

77. Boîtiers de recharge pour véhicule électrique en bordure de trottoir : Deutsche Telekom a annoncé son intention de transformer 12 000 boîtiers de raccordement en bornes de recharge<sup>27</sup>. Toutes les heures, chaque boîtier pourra fournir à deux véhicules suffisamment d'énergie pour atteindre une autonomie de 50 à 75 km. Des projets pilotes ont été lancés dans les villes de Bonn et de Darmstadt en vue de construire un réseau national en transformant certaines parties de l'infrastructure de télécommunications existante en stations de recharge.

78. Lampadaires-chargeurs : l'intégration d'un point de recharge à un lampadaire est un exemple précis de recharge en bordure de trottoir qui a atteint un certain niveau de maturité, puisqu'il a été déployé dans des villes du monde entier dans le cadre de projets pilotes ou de contrats de moindre envergure. Il convient toutefois de tenir compte de certaines considérations dans ce cas, car les lampadaires ne sont généralement pas configurés pour servir de points de recharge :

- L'intensité peut être différente, ce qui se traduit par une faible puissance ;
- Étant donné qu'il n'y a pas de compteur disponible pour chaque lampadaire, des dispositifs de dérivation sont nécessaires pour une session de charge mesurée (semblable à un chargeur domestique mural, par exemple) ;
- Souvent, plusieurs lampadaires partagent une seule connexion au réseau, ce qui limite leur capacité ;
- Les lampadaires ne sont pas toujours situés à des endroits appropriés pour le stationnement ;
- Lorsque l'on intègre la fonction d'un lampadaire à celle d'un point de recharge, il est utile de considérer qu'il s'agit d'une station de recharge (ou d'une « charging plaza ») dotée d'une fonctionnalité supplémentaire de lampadaire, ou d'un chargeur mural ajouté à un lampadaire, plutôt que l'inverse.

79. La recharge sans fil des véhicules électriques repose sur la recharge par induction. Une bobine magnétique logée dans la chaussée transfère l'électricité par entrefer à une seconde bobine magnétique qui est placée sur le soubassement du véhicule. Il suffit que le véhicule soit garé à proximité immédiate d'un point de recharge.

## 9. Infrastructures de recharge pour autobus électriques

80. La détermination de la stratégie de recharge est primordiale, car elle a une incidence sur la planification des horaires et les coûts. Elle devrait tenir compte de l'équilibre entre la recharge dans les dépôts et la recharge « à la demande » sur route. Les critères de sélection doivent inclure des facteurs tels que le coût total de possession, l'autonomie des véhicules et la faisabilité des infrastructures. L'autonomie est particulièrement importante pour les sociétés de transports en commun compte tenu des itinéraires que les autobus électriques emprunteront.

<sup>27</sup> Explication : boîtiers résistants aux intempéries qui abritent des équipements de transmission et de télécommunication.

Tableau 4  
**Technologie de recharge pour autobus électriques**

<i>Système de recharge</i>	<i>Recharge externe (en courant alternatif ou continu)</i>	<i>Recharge à la demande (en courant continu uniquement)</i>
Emplacements de recharge	Recharge dans les dépôts par câble	Sur route ou dans les dépôts au moyen de pantographes
Batteries	Capacité élevée de batterie	Capacité inférieure de batterie
	Batterie plus lourde	Batterie plus légère
	Pas besoin de recharge rapide	Plus grande vitesse de charge
Aménagement	Aucun problème d'aménagement concernant les chargeurs au dépôt	Problèmes d'aménagement et de commodité liés aux chargeurs sur la voie publique
Autonomie	Autonomie inférieure à celle des moteurs diesel	Résout les problèmes d'autonomie, mais nécessite une recharge régulière en cours d'utilisation
	Jusqu'à 250 km par jour	Au maximum 190 km entre deux charges, en fonction de la capacité de la batterie installée
Batteries	Capacité élevée de batterie	Capacité inférieure de batterie
Villes « vivantes »	Londres >500 autobus et en hausse à Aberdeen, Brighton, Harrogate, Nottingham et Salisbury	Pays-Bas >1 000 autobus
Définition	Moteur et système de traction à courant alternatif	Recharge à grande vitesse au moyen de connecteurs aériens ou placés sous le véhicule
	Moteur et système de traction à courant continu	
Vitesse de charge	40 à 80 kW (80 kW suppose deux charges par autobus BYD)	Dépôt 50 à 150 kW
	Recharge externe	Sur route 300 à 600 kW Recharge externe ou à la demande
Coût d'investissement – chargeur sur route	Non disponible	280 000 à 340 000 euros (prix de 2020)
Coût d'investissement – chargeur au dépôt, hors coûts d'installation	8 000 à 13 000 euros	28 000 euros
Temps de charge	3 à 5 heures par véhicule	3 à 3,5 minutes par véhicule pour un chargeur de 100 kW

Source : EBRD (2021).