

# Le système de raccordement sur la borne de recharge, élément clé pour les véhicules électriques

Par Claude Ricaud et Philippe Vollet

## > Résumé

Au cœur des enjeux énergétiques et environnementaux, le véhicule électrique est une réponse efficace et concrète pour diminuer l'empreinte environnementale des transports.

Spécialiste mondial de la gestion de l'énergie, Schneider Electric compte jouer un rôle important dans l'adoption du véhicule électrique et concentre toute son expertise dans le développement de solutions de recharge sûres, faciles à utiliser, économiques et efficaces énergétiquement.

Les équipements associés doivent répondre aux exigences en matière de sécurité pour les installations, et s'intégrer dans le futur réseau électrique intelligent (smart grid). Cela pour garantir : des véhicules électriques disponibles, une facture énergétique optimisée et une empreinte carbone minimale.

## Introduction

Depuis deux siècles, les émissions de certains gaz polluants liés aux activités humaines ont intensifié le phénomène naturel de l'effet de serre et conduit à un réchauffement de la température sur terre. Ce phénomène risque d'avoir d'importantes conséquences sur le climat et les écosystèmes de la planète. La communauté internationale s'est donc mobilisée pour limiter les concentrations dans l'atmosphère de gaz à effet de serre, avec pour objectif de diviser par deux les émissions à l'échelle mondiale avant 2050.

Sans émission de gaz, sans rejet de particules et silencieux... le véhicule électrique apporte une réponse efficace et concrète pour diminuer l'empreinte environnementale des transports. Il constitue le dernier maillon manquant du panorama de la mobilité urbaine durable (Train, tramway, bus, vélo) et répond pleinement aux modes de déplacement des conducteurs qui parcourent quotidiennement moins de 20 km, principalement dans le périmètre urbain. C'est l'usage des particuliers qui utilisent leur véhicule pour le trajet domicile – travail mais aussi de nombreuses flottes d'entreprises.

L'utilisation régulière d'un véhicule électrique nécessite de disposer d'installations de recharge sûres et simples d'utilisation. Ces infrastructures de recharge devront par ailleurs permettre à l'utilisateur de recharger son véhicule au cours de ses déplacements habituels (domicile, lieu de travail, centres commerciaux, parkings, etc.) et non imposer un arrêt spécifique : le concept de la recharge du véhicule électrique est de charger lorsque l'on s'arrête et non pas de s'arrêter pour recharger, à la différence des véhicules thermiques ! Les différents types d'infrastructures de rechargement permettront alors l'adéquation entre la recharge complète du véhicule et les habitudes de l'utilisateur liées au lieu d'arrêt :

- Pour les arrêts de longue durée (nuit au domicile, journée sur le lieu de travail), une recharge complète en 6 à 8 heures peut se faire sur une installation domestique ou spécifique.
- Pour les arrêts plus courts, de 1 à 2 heures (parking, centre commercial, stationnement sur la voie publique, pause du déjeuner,...) une recharge rapide sur borne spécifique,
- Il restera cependant des cas où l'arrêt s'impose pour recharger (cas d'un long trajet ou d'un usage professionnel intensif, comme les taxis ou certaines flottes de véhicules) : la recharge très rapide, en 15 à 20 minutes est nécessaire.

Dans tous les cas, la sécurité de la recharge, pour la personne, pour le véhicule et pour l'installation sur laquelle il se connecte, est essentielle. C'est cela qui limite la performance et l'utilisation des prises électriques existantes lors des recharges à domicile par exemple. Les différents modes de recharges qui ont été définis par la normalisation internationale sont là pour répondre à cette problématique.

## Modes de recharge

L'arrivée du véhicule électrique dans le quotidien des usagers ne doit pas révolutionner leurs habitudes, ni les confronter à des situations nouvelles qui seraient potentiellement dangereuses lors de la recharge des véhicules.

La capacité des batteries d'un véhicule tout électrique est de l'ordre de 20 kWh, lui assurant une autonomie d'environ 150 kilomètres ; les véhicules hybrides rechargeables ont eux une capacité de l'ordre de 3 à 5 kWh, pour une autonomie électrique de 20 à 40 kilomètres (le moteur thermique assurant lui l'autonomie d'un véhicule classique).

En raison de cette autonomie encore limitée, la recharge régulière du véhicule est nécessaire tous les 2 ou 3 jours en moyenne. En pratique, il est probable que le conducteur rechargera son véhicule dès qu'une occasion pratique de le faire se présentera.

Pour la charge normale (3 kW), les constructeurs automobiles ont intégré un chargeur de batterie à la voiture. Un câble de recharge permet de le brancher sur le réseau électrique pour l'alimenter en courant alternatif 230 Volts.

Pour la charge plus rapide (22 kW voire 43 kW et plus), les constructeurs ont retenu deux solutions :

- utiliser le chargeur intégré au véhicule, dont la conception permet de charger de 3 à 43 kW en 230V monophasé ou 400 V triphasé.
- utiliser un chargeur externe, qui assure la conversion alternatif / continu et charge le véhicule à 50 kW

Durée de recharge	Alimentation	Tension	Courant max
6 – 8 heures	Monophasé – 3,3kW	230 VAC	16 A
2 – 3 heures	Triphasé – 10kW	400 VAC	16 A
3 – 4 heures	Monophasé – 7kW	230 VAC	32 A
1 – 2 heures	Triphasé – 24kW	400 VAC	32 A
20 – 30 minutes	Triphasé – 43kW	400 VAC	63 A
20 – 30 minutes	Continu – 50kW	400 – 500VDC	100-125 A

La recharge d'un véhicule électrique apparaîtra à son utilisateur aussi simple que de brancher un appareil électrique habituel ; mais pour assurer que cette opération se passe en toute sécurité, le système de recharge doit assurer plusieurs fonctions de mises en sécurité et dialoguer avec le véhicule pendant la connexion et la recharge.

La Norme internationale IEC 61851-1 « ELECTRIC VEHICLE CONDUCTIVE CHARGING SYSTEM » en cours de finalisation définit les différents modes de charge. 4 types de mode de recharge ont été définis :

### Mode 1 : Prise domestique et rallonge

Le véhicule est connecté au réseau de distribution électrique sur des socles de prise de courant normalisés (intensité standard : 10 A) présents dans l'habitation. L'utilisation de ce mode 1 exige que l'installation électrique soit conforme aux réglementations de sécurité et dispose d'une prise de terre, d'un disjoncteur contre la surcharge et d'une protection différentielle. Les Prises de courants disposent d'occultations pour protéger contre les contacts accidentels.

## Illustration 1

Branchement de type "Mode 1".



Cette solution est la plus simple et la plus immédiate à mettre en œuvre. Elle permet d'assurer au conducteur la possibilité de recharger à peu près n'importe où, gage de sérénité pour les premiers acquéreurs de véhicules électriques.

Pourquoi alors ne pas se satisfaire de cette solution ? En fait, elle présente de nombreuses limites contraignantes et pourrait présenter des risques si elle était mal utilisée. Ce sont ces limites qui ont conduit à définir d'autres modes de charge plus performants.

La première limitation est celle de la puissance disponible, pour éviter les risques

- L'échauffement de la prise et des câbles suite à une utilisation intensive pendant de nombreuses heures, si l'on dépassait la puissance maximale (qui varie de 8 à 16 A selon les pays d'Europe)
- un risque d'incendie ou d'électrisation en cas de vétusté de l'installation électrique et d'absence de certains dispositifs de protection.

La seconde limitation est liée à la gestion de la puissance de l'installation

- puisque la prise de recharge partage un départ du tableau avec d'autres prises (absence de circuit dédié), si la somme des consommations dépasse la limite de la protection (en général 16A), le disjoncteur va déclencher, interrompant la charge.

**Tous ces facteurs imposent, pour des raisons de sécurité et de qualité de service de limiter la puissance en mode 1 ; cette limite est en cours de définition, la valeur de 10A apparaissant comme le meilleur compromis. Il faut noter qu'à cette puissance, la recharge complète d'un véhicule approchera les 10 heures.**

### Absence de circuit dédié

La norme d'installation NF-C-15100 permet le branchement de plusieurs socles de prises à usages domestiques sous un même élément de protection du tableau électrique du logement :

- jusqu'à 5 socles de prises avec un câble de section 1,5mm<sup>2</sup>.  
Protection par un disjoncteur 16A.
- jusqu'à 8 socles de prises avec un câble de section 2,5mm<sup>2</sup>.  
Protection par un disjoncteur 20A.

Il est donc fort probable que la prise à usage domestique, utilisée pour la recharge du véhicule électrique, soit sur le même circuit qu'un autre appareil électrique, lui aussi en fonctionnement au moment de la recharge.

Dans ce cas, l'appareil de protection va s'ouvrir par sécurité, sur protection thermique, car les courants cumulés du véhicule électrique et de l'appareil domestique seront supérieurs à son

seuil de réglage. Seule la mise en place d'un circuit dédié pour la recharge du véhicule électrique permet de se prévenir de ces modes de déclenchements intempestifs.

### **Déclassement en température et usage intensif**

Nous avons vu précédemment que les véhicules tout électriques ont des puissances de recharge variant de 3 à 24kW. Ces puissances correspondant à des courants de recharge allant de 16A monophasé et jusqu'à 32A triphasé.

De plus la recharge du véhicule peut durer jusqu'à 8 heures, et ce de manière régulière, voire journalière.

La norme NF-C-15100 impose des sections de câble de 1,5mm<sup>2</sup> ou 2,5mm<sup>2</sup>. Leur puissance maximum admissible est de 3,7kW pour un câble de 1,5mm<sup>2</sup> et jusqu'à 5,7kW pour un câble de 2,5mm<sup>2</sup>.

Les prises de courant domestiques sont prévues pour un usage à pleine charge de durée limitée (typiquement 1 heure à puissance maximale, ce qui est le cas d'utilisation des appareils domestiques). Dans le cas de la charge d'un véhicule électrique, la durée importante de la recharge dépasse cette limite et pourra durer jusqu'à 6 ou 8 heures. Il est donc nécessaire de « déclasser » les prises domestiques pour ce cas d'emploi : leur courant admissible doit être inférieur à 16A ou 32 A afin de limiter les échauffements anormaux des composants et éviter les risques d'incendies.

### **Vétusté et non conformité**

En France, les professionnels des installations électriques considèrent qu'il y a environ 7 Millions d'installations électriques dangereuses (vétustes, non conformes...) ce qui correspond à un peu moins de la moitié du parc immobilier résidentiel ancien.

Depuis 1972, les installations électriques neuves sont soumises à un contrôle et une attestation de conformité. Cette mesure instituée par les pouvoirs publics a été étendue en 2001 aux installations électriques des logements entièrement rénovés.

Cependant, les installations électriques des 16 millions de logements construits avant 1972 ne font l'objet d'aucune mesure réglementaire de contrôle.

On peut aussi s'interroger sur l'état des installations électriques dans les logements construits à partir de 1972 : selon les professionnels de la sécurité électrique, une installation sur laquelle aucune modification n'a été opérée depuis 30 ans peut être considérée comme vétuste. Ils considèrent par ailleurs que, après trente ans, même dans des conditions d'utilisation normales, une installation électrique présente très probablement des dangers liés à l'usure si aucune opération d'entretien n'a été effectuée depuis sa mise en place.

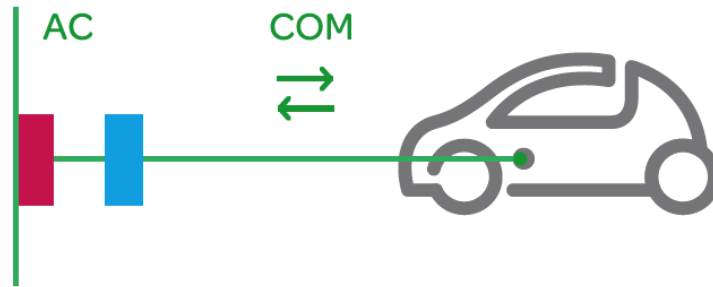
Le branchement sans précaution d'un véhicule électrique sur ce type d'installation pourrait alors s'avérer comme dangereux, pour les personnes et pour les biens par absence des dispositifs de protection adéquats.

### **Mode 2 : Prise domestique et câble équipée d'un dispositif de protection**

Le véhicule est branché sur le réseau principal de distribution électrique par le biais des socles de prise de courant domestiques. Recharge par réseau monophasé ou triphasé et installation d'un conducteur de terre. Une protection est embarquée sur le câble.

### Illustration 2

Branchement de type "Mode 2".



(dispositif de protection incorporé au câble)

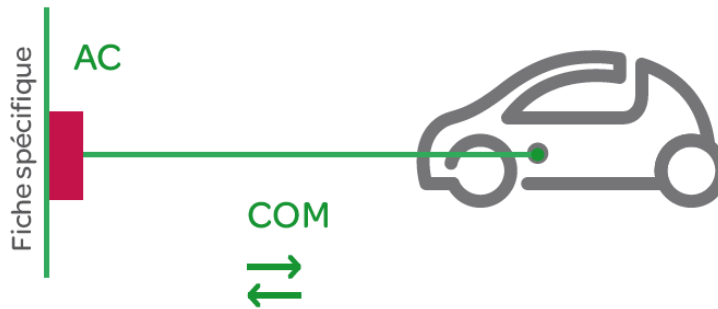
Cette solution est particulièrement coûteuse du fait de la spécificité du câble.

### Mode 3 : Prise spécifique sur un circuit dédié

Le véhicule est branché directement sur le réseau électrique via socle et une prise spécifiques et un circuit dédié. Une fonction de contrôle et de protection est également installée de façon permanente dans l'installation.

### Illustration 3

Branchement de type "Mode 3".



(dispositif de protection dans l'installation)

Ce mode de rechargement est le seul qui réponde aux normes en vigueur régissant les installations électriques. Il permet également la mise en place de délestage de charge afin de permettre de privilégier le fonctionnement des équipements électriques du domicile pendant la recharge ou au contraire d'optimiser la durée de rechargement du véhicule électrique.

### Mode 4 : Connexion courant continu (CC)

Le véhicule électrique est connecté au réseau principal de distribution électrique par le biais d'un chargeur externe. La Fonction de contrôle, de protection ainsi que le câble de recharge du véhicule sont installés de façon permanente dans l'installation.

### Illustration 4

Branchement de type "Mode 4".



(AC/CC externe au véhicule)

### **Solution préconisée par Schneider Electric**

Au regard des impératifs de sécurité et des contraintes d'utilisation, le dispositif de recharge des véhicules électriques doit être conçu selon un standard véhicule électrique spécifique afin de pleinement garantir la sécurité des biens et des personnes.

Le circuit de recharge dédié imposé dans le « Mode 3 » (cf. figure 3) et défini dans la proposition de norme IEC 61851-1 « ELECTRIC VEHICLE CONDUCTIVE CHARGING SYSTEM » permet de garantir une sécurité maximale des utilisateurs lors de la recharge de leur véhicule électrique.

Il permet par ailleurs d'agir au plus juste sur la puissance de recharge en cas de demande du fournisseur d'énergie (smart grid / demande-réponse) et il impose de plus un circuit de recharge spécifique et dédié.

Un contrôleur de recharge, coté infrastructure, vérifie les éléments suivants avant d'enclencher la recharge :

- Vérification que le véhicule est bien connecté au système.
- Vérification que la masse du véhicule est bien reliée au circuit de protection de l'installation.
- Vérification de la cohérence des puissances entre le câble, le véhicule et le circuit de recharge.
- Détermination de la puissance maximale de recharge qui sera allouée au véhicule.

L'ensemble de ces vérifications et de la communication se fait au travers d'une communication sur fil spécifique, dit « fil PILOTE ».

Il est donc impératif que la connectique des prises et socles de prises coté infrastructure soit doté de deux fils/broches additionnels – dits fils pilotes.

Cependant les prises de courant à usages domestiques ne comportent pas ces deux fils/broches additionnels nécessaires au fonctionnement du contrôleur de recharge.

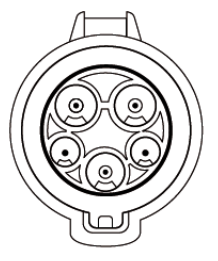
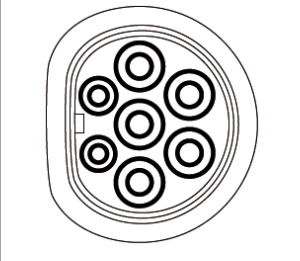
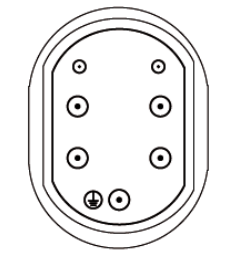
La norme en cours de consultation IEC 62196-2 « PRISES ET SOCLES DE PRISES POUR VEHICULES ELECTRIQUES A RECHARGE CONDUCTIVE » définit un panel de prises pouvant être utilisées pour les recharges via le Mode 3. Elles comportent de base les deux fils/broches Pilotes.

### **Les prises de recharge dédiées**

Trois types de prises dites “véhicules électriques” et dotées des connectiques pour fil pilote peuvent être utilisées dans le cadre de la recharge des véhicules électriques.

**Tableau 1**

Types de prises

Caractéristiques	Type 1	Type 2	Type 3
Phase	Monophasée	Monophasée / Triphasée	Monophasée / Triphasée
Courant	32 A	70 A (monophasée) 63 A	32 A
Tension	250 V	500 V	500 V
Nb broches	5	7	7
Obturbateur	Non	Non	Oui
Schéma			

**Schneider Electric préconise pour l'infrastructure de recharge une prise de type 3, pour deux principales raisons :**

- Parmi les 3 modèles (type 1, type 2 et type 3) proposés seuls les prises et socles de prises de type 3 comportent des obturbateurs.  
Ces obturbateurs sont obligatoires en France et dans de nombreux pays en Europe sur les socles de prises à usages domestiques afin d'éviter l'introduction d'objets dans la prise, notamment par des enfants.
- Les solutions de type 3 comportent aussi des obturbateurs sur les prises (fiches Mâles) afin d'anticiper l'arrivée des « Vehicules to Grid ».  
Dans ce cas, le véhicule se comportera comme un « générateur de puissance ». La présence des obturbateurs sur les fiches permettra donc d'avoir le même niveau de sécurité pour les personnes que les socles de prises.

Le « vehicule to grid » est un concept qui permet d'utiliser l'énergie stockée dans les véhicules électriques afin de soutenir le réseau électrique en période de pic de consommation ou en cas d'urgence (orage, coupure de câble, ...). L'énergie stockée dans la batterie du véhicule pourrait également suppléer aux exigences électriques de l'habitation. Cette technologie nécessite que le chargeur embarqué dans le véhicule ainsi que l'interface entre le véhicule et le réseau électrique soient bidirectionnels (l'énergie circule dans les deux sens)



## Conclusion

L'optimisation du secteur des transports, premier consommateur d'énergies fossiles et émetteur de gaz carbonique, est primordiale pour répondre aux enjeux climatiques de demain et faire face aux demandes énergétiques toujours croissantes.

Le véhicule électrique, maillon manquant de la chaîne de mobilité urbaine durable, est une avancée majeure dans la diminution de l'empreinte environnementale des transports. Son développement, et le succès de ce système, dépend de la mise à disposition d'infrastructures de recharge appropriées.

**L'association du mode 3 de recharge et du type 3 de connectiques pour l'installation électrique offre la meilleure solution pour la recharge du véhicule électrique :**

### Simple

- Les connectiques spécifiques type 3 offrent une grande ergonomie de manipulation, en toute sécurité pour l'utilisateur.
- La fonction de contrôle gère la période de charge du véhicule et optimise la consommation électrique en fonction des besoins.

### Sûre

- L'utilisation d'un circuit électrique dédié et indépendant permet d'éviter tout risque de branchement involontaire sur une installation non conforme garantissant ainsi la sécurité des biens et personnes.
- Conçue spécifiquement pour cette application, l'installation est facile à utiliser et résiste aux conditions d'exploitation intensives.
- La connectique de type 3 équipée d'obturateurs sur les prises mâles et femelles côté installation électrique permet de prévenir tout risque de choc électrique pour les utilisateurs et garantit l'intégrité des batteries installées dans le véhicule.

### Intelligente

L'ajout d'un fil pilote dans le câble de recharge permet d'implémenter des fonctions de contrôle et de dialogue entre le véhicule et l'infrastructure de recharge.

- Elle assure la charge optimale des batteries et préserve leur durée de vie.
- Elle permet de communiquer avec les véhicules de tous types grâce à des protocoles standardisés.

### Flexible

L'utilisation d'un cordon de raccordement, équipé d'une prise Type 3 côté installation électrique et d'un connecteur correspondant à celui retenu par le constructeur permet de n'avoir besoin que d'un seul câble par véhicule tout en permettant de s'adapter à la variété des connecteurs choisis par les constructeurs (type 1 et type 2, voire d'autres solutions spécifiques). Cette solution offre également un fort potentiel d'évolution côté véhicule, pour laisser la possibilité de faire évoluer la connectique dans le futur.



## A propos des auteurs

**Claude Ricaud** est Directeur Innovation du business Power de Schneider Electric. Il est également responsable de la task Force Infrastructures de recharge au sein de l'Orgalime.

**Philippe Vollet** est Directeur Marketing Vehicule Electrique du business Power de Schneider Electric.



**Schneider Electric**  
[www.schneider-electric.fr](http://www.schneider-electric.fr)

**IEC (International Electrotechnical Commission)**  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)

IEC 61851-1 « ELECTRIC VEHICLE CONDUCTIVE CHARGING SYSTEM »

IEC 62196-2 « PRISES ET SOCLES DE PRISES POUR VEHICULES ELECTRIQUES A RECHARGE CONDUCTIVE »



## Nous contacter

Pour plus d'informations sur les solutions d'infrastructures de recharge pour véhicules électriques:

Visiter: [www.schneider-electric.com/vehicule-electrique](http://www.schneider-electric.com/vehicule-electrique)

Si vous êtes client et vous avez des questions spécifiques sur les solutions d'infrastructures de recharge pour véhicules électriques de Schneider:

Contactez votre représentant commercial **Schneider Electric**