



Manuel

Infrastructure de recharge pour l'électromobilité

MIRE – CH 2022

VSE
AES

Impression et contact

Éditeur

Association des entreprises électriques suisses AES
Hintere Bahnhofstrasse 10
CH-5000 Aarau
Téléphone +41 62 825 25 25
Fax +41 62 825 25 26
info@electricite.ch
www.electricite.ch

Auteurs de la première édition

Marc Eisenreich	BKW	
Cyril Käser	Groupe E	
Flurin Kunfermann	Repower	
Urs Mathis	Energie 360°	
Roland Meyer	WWZ Energie AG	
Robert Pleisch	Repower AG	Responsable du groupe de travail
Ralf Rienäcker	EKZ	
Krispin Romang	Swiss eMobility	
Olivier Stössel	AES	
Roger Wisler	Helion	
Christoph Woodtli	Energie Thun AG	
Christoph Zumbrunn	Primeo Energie	

Responsabilité commission

La Commission Qualité de la fourniture de l'AES est désignée responsable de la tenue à jour et de l'actualisation du document.



Chronologie

Avril 2021 à février 2022 Rédaction du document
2 mai 2022 Approbation par la Direction de l'AES

Ce document a été élaboré avec l'implication et le soutien de l'AES et des représentants de la branche.

L'AES approuve ce document à la date du 02.05.2022.

Imprimé n° 1050/f, édition 2022

Copyright

© Association des entreprises électriques suisses AES

Tous droits réservés. L'utilisation des documents pour un usage professionnel n'est permise qu'avec l'autorisation de l'AES et contre dédommagement. Sauf pour usage personnel, toute copie, distribution ou autre usage de ces documents que celui prévu pour le destinataire est interdit. Les auteurs déclinent toute responsabilité en cas d'erreur dans ce document et se réservent le droit de le modifier en tout temps sans préavis.

Égalité linguistique entre femmes et hommes

Dans le souci de faciliter la lecture, seule la forme masculine est utilisée dans le présent document. Toutes les fonctions et les désignations de personnes s'appliquent toutefois tant aux femmes qu'aux hommes. Merci de votre compréhension.



Table des matières

Avant-propos	7
Introduction.....	8
1. Principes de base.....	8
1.1 Définitions.....	8
2. Principes de base concernant les véhicules électriques et le processus de recharge	11
2.1 Modes de recharge	13
2.2 Puissance de recharge pour les véhicules électriques	14
2.3 Aperçu des valeurs de puissance usuelles avec les grandeurs de fusibles correspondantes.....	16
2.4 Rôles et acteurs.....	16
2.5 Remarques complémentaires sur la recharge des véhicules électriques.....	18
3. Planification et administration	19
3.1 Annonces.....	19
3.1.1 Devoir d'annonce	19
3.1.2 Vérification des données pour l'autorisation par le GRD.....	19
3.1.3 Avis d'installation (AI).....	19
3.1.4 Demande de raccordement technique (DRT).....	20
3.1.5 Rapport de sécurité (RS).....	20
3.1.6 Périodes de contrôle.....	20
3.2 Installations et protection des personnes.....	20
3.3 Répartition de la charge de phase	21
3.4 Installation de mise à la terre.....	22
3.5 Protection contre l'humidité	22
3.6 Intervention des pompiers et protection contre l'incendie	22
3.7 Câble plat	22
3.8 Installation de bornes de recharge dans des garages collectifs derrière plusieurs points de fourniture	23
3.9 Bail et propriétés par étage	25
3.10 Exigences liées à la construction.....	25
3.11 Prises pour bornes de recharge mobiles (bornes de recharge enfichables).....	25
3.12 Puissance requise.....	26
3.12.1 Puissance minimale requise par point de recharge: exemple de calcul	26
3.12.2 Recommandation pour la protection de l'installation de recharge	27
3.12.3 Recommandations pour l'extension des installations de recharge	28
3.13 Répercussions sur le réseau	28
3.13.1 Variation de tension.....	29
3.13.1.1 Harmoniques	29
3.13.2 Évaluation sommaire.....	30
3.13.3 Évaluation détaillée	32
3.13.3.1 Regroupement des appareils générateurs d'harmoniques	32
3.13.3.2 Calcul de la charge harmonique	32
3.13.4 Évaluation de la part de charge harmonique:	33
3.13.5 En cas de non-respect des répercussions sur le réseau	33
3.14 Types d'installation.....	34
3.14.1 Câble plat via le circuit de comptage général ou un compteur séparé	34
3.14.2 Raccordement depuis le compteur individuel	36
4. Gestion de la charge	37



4.1	Gestion de la recharge	39
4.2	Gestion locale de la charge	39
4.2.1	Gestion statique de la charge sans pilotage externe	39
4.2.2	Gestion dynamique de la charge (partage du raccordement avec d'autres consommateurs).....	40
4.3	Gestion centralisée de la charge pour diverses applications (participation volontaire)	41
4.4	Gestion centralisée de la charge pour l'optimisation du réseau (participation volontaire)	42
4.5	Réduction de la charge pour garantir la sécurité de l'exploitation du réseau (obligation légale)	42
4.6	Recharge bidirectionnelle	43
5.	Mesure et accès au marché	44
6.	Tarifs d'utilisation de réseau.....	45
6.1	Frais de raccordement uniques	45
6.2	Tarifs d'utilisation du réseau récurrents	45
7.	Tarifs de l'énergie.....	46
Annexe 1	Pilotage des bornes de recharge de l'électromobilité	47
1.1	Introduction	47
1.2	Règles spécifiques à la Suisse	47
1.2.1	Exemples d'utilisation des contacts pour les tarifs au choix.....	48
Annexe 2	Tarifs d'utilisation du réseau pour l'électromobilité	57
2.1	Tarif unique.....	57
2.2	Tarif avec puissance de soutirage maximale	57
2.3	Tarif dynamique en fonction de la puissance de soutirage actuelle	57
2.4	Tarif avec périodes et montants tarifaires adaptés.....	58
Annexe 3	Exemples de calcul des répercussions sur le réseau des bornes de recharge / installations de recharge	59
3.1	Définition des termes.....	59
3.2	Exemple de calcul pour une borne de recharge AC 11 kVA courante.....	59
3.2.1	Indications relatives à la borne de recharge	59
3.2.2	Indications relatives au point de couplage commun	59
3.2.3	Variation relative de la tension (d) au point de couplage commun	59
3.2.3.1	Valeurs limites	59
3.2.4	Analyse des harmoniques	60
3.2.4.1	Évaluation sommaire	60
3.2.5	Composition des générateurs d'harmoniques	60
3.3	Exemple de calcul de plusieurs bornes de recharge à un point de couplage commun.....	61
3.3.1	Informations sur les bornes de recharge	61
3.3.2	Indications relatives au point de couplage commun	61
3.3.3	Variation relative de la tension (d).....	61
3.3.3.1	Valeurs limites	61
3.3.4	Analyse des harmoniques	61
3.3.4.1	Évaluation sommaire	61
3.3.4.2	Composition des générateurs d'harmoniques.....	62
3.3.4.3	Évaluation de la part de charge harmonique à l'aide d'un diagramme.....	62
3.3.4.4	Calcul de la puissance de recharge maximale possible	62
Annexe 4	Exemple de demande de raccordement.....	64
Annexe 5	Documentation de base.....	65



Liste des figures

Figure 1 Définitions des termes liés à la recharge de véhicules	11
Figure 2 Appareils de recharge monophasés et triphasés	13
Figure 3 Rapports entre les acteurs	18
Figure 4 Répartition de la charge de phase dans une installation de recharge	21
Figure 5 Garage collectif avec possibilité de séparation à un endroit	24
Figure 6 Garage collectif sans possibilité de séparation à un endroit	24
Figure 7 Exemple d'harmoniques (source: haute école de Berne, centre Stockage d'énergie; traduction libre)	30
Figure 8 Représentation schématique de la gestion statique de la charge	40
Figure 9 Représentation schématique de la gestion dynamique	41
Figure 10 Diagramme d'évaluation des harmoniques admissibles, exemple de calcul 1 (source: D-A-CH-CZ, 3 ^e édition)	60
Figure 11 Diagramme d'évaluation des harmoniques admissibles, exemple de calcul 2 (source: D-A-CH-CZ, 3 ^e édition)	62
Figure 12 Diagramme d'évaluation des harmoniques admissibles, exemple de calcul 3 (source: D-A-CH-CZ, 3 ^e édition)	63
Figure 13 Exemple de demande de raccordement	64

Liste des tableaux

Tableau 1 Puissances de recharge pour les véhicules peu gourmands en énergie	15
Tableau 2 Puissances de recharge pour les véhicules très gourmands en énergie	15
Tableau 3 Aperçu des valeurs de puissance, des phases et des protections usuelles	16
Tableau 4 Dispositifs de sécurité	21
Tableau 5 Besoins minimaux de puissance par point de recharge d'un grand parc de recharge	27
Tableau 6 Recommandation pour la protection des installations de recharge dans les bâtiments d'habitation	28
Tableau 7 Vue d'ensemble de la gestion de la recharge et de la charge	38
Tableau 8 Exemples de tarifs dynamiques et d'utilisation de la flexibilité	48



Avant-propos

Le présent document est un document de la branche publié par l'AES. Il fait partie d'une large réglementation relative à l'approvisionnement en électricité sur le marché ouvert de l'électricité. Les documents de la branche contiennent des directives et des recommandations reconnues à l'échelle de la branche concernant l'exploitation des marchés de l'électricité et l'organisation du négoce de l'énergie, répondant ainsi à la prescription donnée aux entreprises d'approvisionnement en électricité (EAE) par la Loi sur l'approvisionnement en électricité (LApEI) et par l'Ordonnance sur l'approvisionnement en électricité (OApEI).

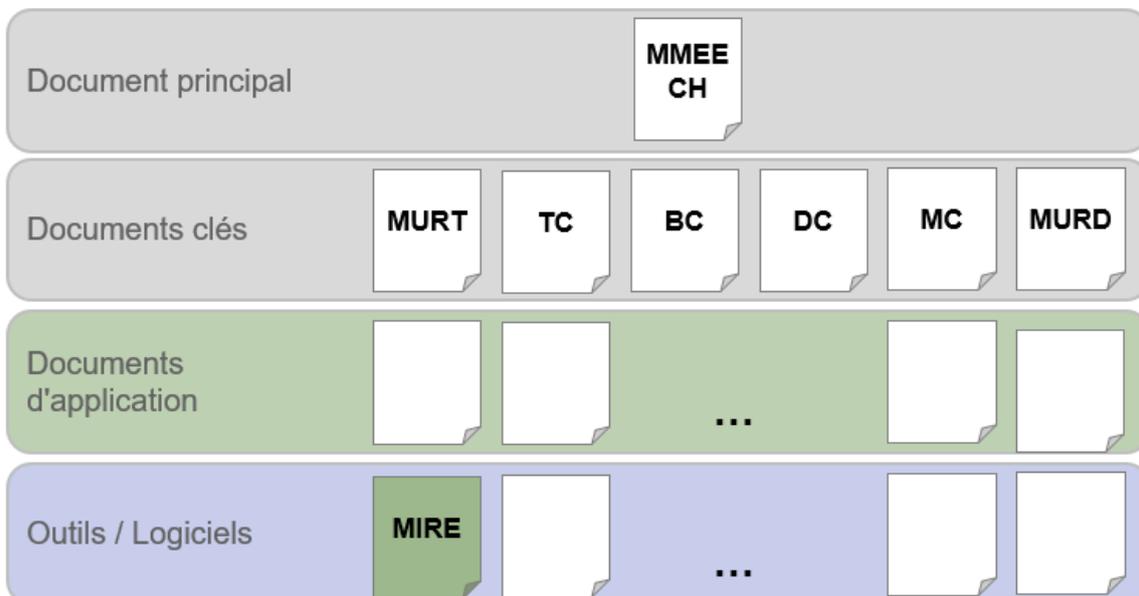
Les documents de la branche sont élaborés par des spécialistes de la branche selon le principe de subsidiarité; ils sont régulièrement mis à jour et complétés. Les dispositions qui ont valeur de directives au sens de l'OApEI sont des normes d'autorégulation.

Les documents sont répartis en quatre catégories hiérarchisées:

- Document principal: Modèle de marché pour l'énergie électrique – Suisse (MMEE – CH)
- Documents clés
- Documents d'application
- Outils/Logiciels

Le présent manuel «Infrastructure de recharge pour l'électromobilité» est un outil/logiciel.

Structure des documents



Introduction

Le présent manuel a été conçu comme une aide à la planification, à la mise en place et à l'exploitation d'installations de recharge, de bornes de recharge, de Wallbox et autres appareils de ce type. Il met l'accent sur les installations de recharge privées et publiques d'une puissance de recharge en AC (courant alternatif) ou en DC (courant continu) inférieure à 50 kW, et installés dans les bâtiments d'habitation et les locaux commerciaux. Les règles s'appliquent également en grande partie aux installations de recharge à recharge rapide DC, mais celles-ci ne sont abordées que de manière marginale.

Le présent manuel s'adresse aux planificateurs-électriciens/planificatrices-électriciennes, aux installateurs/installatrices et aux GRD. Il n'édicte pas de nouvelles dispositions spécifiques à l'infrastructure de recharge. Il se contente de recenser les points essentiels et les prescriptions existantes applicables à tous les appareils raccordés au réseau de distribution tels qu'on peut les trouver dans différents documents. Ces documents de base sont listés à l'Annexe 5.

1. Principes de base

1.1 Définitions

Appareil de recharge	L'appareil de recharge (ou chargeur, <i>onboard charger</i>) est un convertisseur AC/DC avec une unité de commande associée dans le véhicule pour la charge AC et ne fait donc pas partie de l'infrastructure de recharge. Dans le cas d'une recharge en DC, l'appareil de recharge est intégré à l'infrastructure de recharge (Wallbox).
Batterie du véhicule (également batterie de traction)	Dispositif de stockage d'énergie intégré au véhicule pour le fonctionnement du moteur. Ce terme s'est imposé dans l'usage courant, et c'est celui qui est utilisé dans le présent document pour des raisons de clarté.
Bidirectionnalité	Dans le contexte des véhicules électriques et des bornes de recharge, possibilité de faire circuler l'énergie électrique dans les deux sens (de la borne de recharge à la batterie du véhicule électrique et inversement).
Borne de recharge	Dispositif pour la recharge de véhicules électriques. Une borne de recharge peut comporter un ou plusieurs points de recharge.
Câble de recharge de secours	Câble permettant de recharger un véhicule à partir d'une prise d'une puissance de 230 V. Livré avec la plupart des véhicules, il doit être utilisé exclusivement sur une installation vérifiée par un électricien (prise, ligne d'alimentation vers la prise, protection) pour éviter d'endommager cette dernière.



Connecteur	<p>Connecteur conçu pour la recharge de véhicules électriques selon la norme SN EN 62196-2. Ces connecteurs sont utilisés pour les modes de recharge 3 et 4. On peut en principe en distinguer cinq types:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Type 1: connecteur avec cinq contacts à fiches, dont deux contacts de signalisation. Il est utilisé pour le mode de recharge 3 embarqué. - Type 2: connecteur avec sept contacts à fiches, dont deux contacts de signalisation. Il est utilisé pour le mode de recharge 3. - CCS (Combined Charging System): connecteur identique à celui de type 2, mais comportant deux contacts à fiches DC supplémentaires. Il est utilisé pour le mode de recharge 4. - CHAdeMO: connecteur développé au Japon pour la recharge en DC. Il est utilisé pour le mode de recharge 4. <p>Autres systèmes propriétaires:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Type 2 DC: connecteur identique à celui de type 2, mais pour la recharge rapide. Il est utilisé par Tesla pour certains types de véhicules pour le mode de recharge 4.
Gestion centralisée de la charge	Grâce à la gestion centralisée de la charge, un prestataire de services (p. ex. <i>SDL pooler</i> , gestionnaire de <i>community</i>) peut mettre en œuvre son modèle d'affaires, ou un fournisseur peut optimiser son approvisionnement en énergie. Un GRD peut utiliser une gestion centralisée de la charge pour optimiser l'extension ou l'exploitation du réseau.
Gestion de la charge	La gestion de la charge décrit la règle du processus de recharge à l'intérieur d'un bâtiment ou d'un site. Cela peut par exemple être le garage souterrain d'un immeuble d'habitation ou une place de stationnement d'une entreprise. Elle empêche de dépasser la puissance maximale de soutirage souscrite au point de fourniture (domestique) et tient compte d'autres paramètres (p. ex. optimisation de l'installation photovoltaïque, application de tarifs particuliers) pour la gestion locale et centralisée de la charge.
Gestion de la recharge	La gestion de la recharge décrit la règle du processus de recharge. Pour le pilotage du processus de recharge, on tient alors notamment compte de paramètres tels que l'état de recharge et la température de la batterie du véhicule, la puissance de l'appareil de recharge et la puissance de raccordement de la borne de recharge (Wallbox) ainsi que la puissance de recharge autorisée du câble de recharge.
Gestion locale de la charge	La gestion locale de la charge règle la puissance totale de recharge en tenant compte de la puissance maximale de soutirage souscrite au point de fourniture, des consignes issues de la gestion centralisée de la charge ainsi que d'autres éléments tels qu'une pompe à chaleur ou une installation de production.
Infrastructure de recharge	L'infrastructure de recharge comprend une borne de recharge ou une installation de recharge, ainsi que les installations, coupe-surintensité, lignes pilote et de mesure, etc. associés.
Installation de recharge	Une installation de recharge comprend plusieurs bornes de recharge et, idéalement, un système de gestion de la charge intégré.



Mode de recharge	Type de connexion entre le véhicule et le réseau électriques. Chaque mode de recharge présente des caractéristiques spécifiques en termes de composants électriques, de composants de communication et de composants de sécurité. On distingue quatre modes différents (cf. aussi section 2.1).
<i>SDL Pooler</i> (ou <i>pooler</i> de services-système)	Un <i>SDL pooler</i> est un fournisseur qui met en réserve de la puissance (positive et négative, p. ex. installations de production ou bornes de recharge) et qui la propose par exemple à Swissgrid en tant que service-système ou à un fournisseur pour optimiser l'énergie d'ajustement.
Point de recharge	Dispositif pour la recharge de véhicules électriques, auquel un seul véhicule à la fois peut être rechargé.
Prise CEE	Prise basée sur la norme SN EN 60309-1. Dans le présent document, le terme désigne une prise triphasée adaptée à une tension de 3x400 V.
Puissance de raccordement souscrite	Puissance de raccordement souscrite commandée et payée auprès du GRD.
RCP	Regroupement dans le cadre de la consommation propre
Recharge en AC	Processus de recharge au cours duquel le courant alternatif est converti en courant continu dans le véhicule. Mode de recharge: mode 1, mode 2 et mode 3 (bornes de recharge AC).
Recharge en DC	Processus de recharge au cours duquel le courant alternatif est converti en courant continu dans la borne de recharge. Mode de recharge: mode 4 (bornes de recharge DC).
Réduction de la charge	Afin de prévenir un risque imminent et considérable pour la sécurité de l'exploitation du réseau, le GRD peut piloter la puissance de soutirage et d'injection même sans l'accord ou la rétribution du consommateur final, du producteur ou de l'exploitant du dispositif de stockage concerné. Cela est appelé «réduction de la charge». À l'inverse du principe de délestage habituel, l'alimentation de la charge n'est pas interrompue.
Sos (puissance apparente harmonique)	Part de la puissance de raccordement de l'installation de l'utilisateur du réseau générant des harmoniques.
THDi (<i>total harmonic distortion</i>)	Facteur de distorsion total du courant.
Wallbox	Borne de recharge prévue pour être accrochée à un mur, fixée sur un pied ou suspendue au plafond.



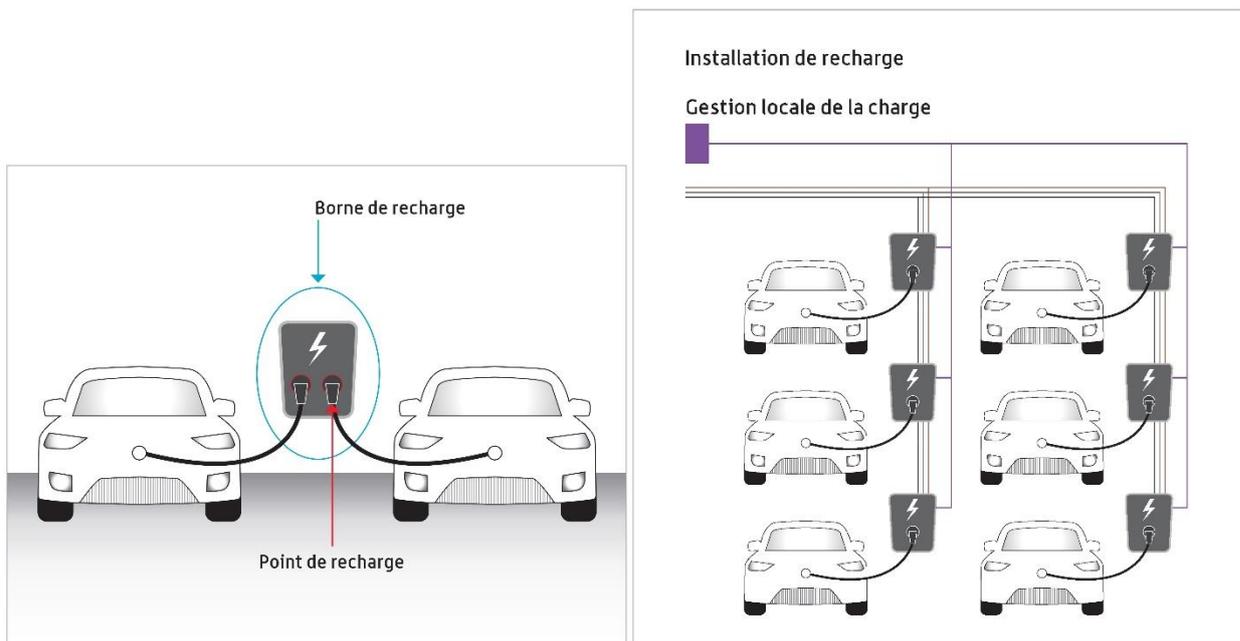


Figure 1 Définitions des termes liés à la recharge de véhicules

2. Principes de base concernant les véhicules électriques et le processus de recharge

- (1) Dans l'intérêt de la batterie du véhicule et du réseau électrique local et suprarégional, il est recommandé d'utiliser une puissance de recharge aussi faible que possible. C'est pourquoi, les véhicules devraient toujours être rechargés quand:
 - ils sont à l'arrêt,
 - le processus de recharge ne perturbe pas le réseau électrique et
 - l'énergie est disponible en quantité suffisante («voiture à l'arrêt, voiture en recharge»).

- (2) Le principe «voiture à l'arrêt, voiture en recharge» contribue de manière importante à la mise en œuvre de la Stratégie énergétique 2050. D'une part, il en résulte une puissance de recharge des véhicules constante et répartie sur la journée, au lieu d'avoir un pic le soir (réseau efficace). De plus, on peut supposer qu'à l'avenir, les véhicules électriques seront aussi utilisés comme dispositifs de stockage pour l'énergie renouvelable excédentaire, pour décharger le réseau de distribution ou encore pour soutenir la fréquence du réseau (puissance de réglage).

- (3) On opère en principe une distinction entre recharge en courant continu (DC) et recharge en courant alternatif (AC). Les batteries du véhicule ne pouvant être rechargées (ou déchargées) qu'en courant continu, la conversion du courant alternatif issu du réseau électrique est indispensable. Cela est possible:
 - Via l'appareil de recharge placé à bord du véhicule pour la recharge en AC. Ce mode de recharge s'effectue aujourd'hui dans tous les espaces.
 - Pour la recharge en DC, le convertisseur se trouve dans la borne de recharge. Ces bornes de recharge, déployées dans les lieux publics, sont tout particulièrement utilisées en cas de recharge à des puissances importantes.



- (4) Le raccordement de l'appareil de recharge intégré au véhicule et de la borne de recharge au réseau de distribution peut s'effectuer par courant monophasé, biphasé ou triphasé, ce qui a des conséquences sur la puissance de recharge maximale potentielle. Nous recommandons toujours la recharge lente/ normale triphasée, qui, en fonctionnement, veille à une répartition aussi régulière que possible des charges entre les conducteurs de phase. Cette pratique ménage la batterie du véhicule et évite une surcharge inutile ou asymétrique du réseau électrique.
- (5) La puissance/la vitesse de recharge dépendent de plusieurs paramètres:
- Du mode de la recharge et de la puissance de l'appareil de recharge généralement monté dans le véhicule
 - Du raccordement à l'installation domestique ou au réseau de distribution
 - Du câble de recharge
 - De la température de la batterie
 - De l'état de recharge de la batterie
- (6) Lors de la mesure de la puissance de recharge, les composantes doivent être prises en considération séparément, car la puissance de recharge maximale est déterminée par l'élément le plus faible. Ainsi, si le véhicule est équipé d'un appareil de recharge monophasé, la puissance de recharge doit être limitée par la borne de recharge à 3,7 kW maximum pour une recharge monophasée. Ce principe s'applique également lorsque le véhicule est relié par un câble triphasé à la borne de recharge et que celle-ci, de son côté, est elle-même raccordée en triphasé à l'installation domestique.
- (7) Tous les consommateurs et producteurs d'électricité doivent respecter des valeurs limites concernant les effets perturbateurs sur le réseau électrique. Ces valeurs limites s'appliquent donc aussi bien aux bornes qu'aux appareils de recharge installés dans les véhicules électriques (voir section 3.13).
- (8) Les appareils et bornes de recharge pilotables permettent un processus de recharge intelligent et ciblé, ce qui favorise une intégration optimale et efficace de la mobilité électrique dans les réseaux de distribution. Ils constituent aussi une source d'économie, en évitant les coûts liés à l'augmentation de la puissance de raccordement.



Appareils de recharge monophasés et triphasés

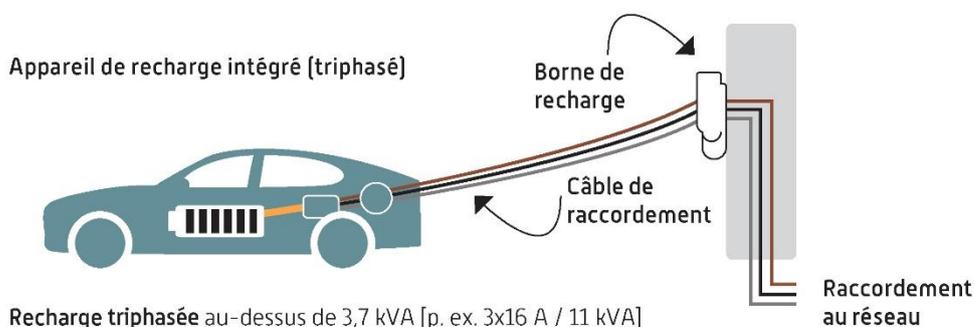
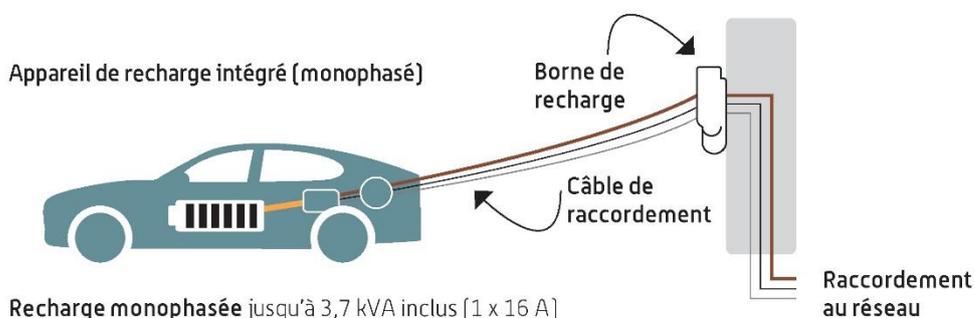


Figure 2 Appareils de recharge monophasés et triphasés

2.1 Modes de recharge

- (1) Les normes SN EN 61851 et SN EN 62752 définissent les modes de recharge suivants:

Mode 1

- (2) Le mode 1 désigne la recharge sur des prises de courant (type 13/23 de 230 V/10 A, 13 A, 16 A, et CEE 16 de 230 V, 16 A ou 3x400 V, 16 A). Il est surtout recommandé pour les vélos électriques, les petites motos et les véhicules similaires avec de faibles courants de recharge. Il en résulte une puissance de recharge maximale théorique de 2,3 kW, 2,9 kW, 3,7 kW (230 V, monophasé) ou 11 kWVA (3x400 V, triphasé). La recharge via le mode 1 s'effectue sans communication entre le véhicule et la borne de recharge.
- (3) Selon les Prescriptions des distributeurs d'électricité, l'asymétrie maximale autorisée est de 3,7 kW. De plus, la puissance continue maximale autorisée (inférieure à la puissance de crête) de la prise ne doit pas être dépassée. La norme SN 441011 recommande en outre de limiter la puissance de recharge à 80% maximum de la puissance nominale pour les prises de courant à usage domestique.



Mode 2

- (4) En mode 2 également, la recharge s'effectue via une prise de courant (p. ex. de type 13/23 ou CEE). Un appareil fixe est monté dans le câble de recharge et assure des fonctions de protection fondamentales. Ce dispositif porte le nom de boîtier de contrôle intégré au câble (ICCB, *In-Cable-Control-Box*). La puissance continue de recharge maximale théorique dépend du type de connecteur utilisé et de sa capacité de charge thermique. Ce mode de recharge est généralement utilisé pour la recharge de secours monophasée.
- (5) Selon les Prescriptions des distributeurs d'électricité, l'asymétrie maximale autorisée est de 3,7 kW. De plus, la puissance continue maximale autorisée (inférieure à la puissance de crête) de la prise ne doit pas être dépassée.

Mode 3

- (6) Avec le mode 3, une borne de recharge monophasée (jusqu'à 3,7 kW), biphasée (jusqu'à 7,2 kW) ou triphasée (11 kW, 22 kW, 43 kW) est raccordée de manière fixe. La borne de recharge communique avec l'appareil de recharge du véhicule et surveille le processus. Cette variante est en principe recommandée pour la recharge de voitures électriques.

Mode 4

- (7) Le mode 4 désigne la recharge par courant continu (DC). Actuellement, ce mode de recharge est encore principalement utilisé dans les bornes de recharge publiques et pour des puissances de recharge relativement élevées¹.

2.2 Puissance de recharge pour les véhicules électriques

- (1) Les tableaux 1 et 2 ci-après donnent un aperçu approximatif de l'autonomie pour une recharge pour différentes puissances de recharge et consommations d'énergie des véhicules. On suppose une consommation de 20 kWh/100 km pour les petits véhicules peu gourmands en énergie et une consommation de 30 kWh/100 km pour les modèles plus grands et plus lourds. En Suisse, la distance moyenne parcourue quotidiennement est d'environ 30 km ⁽²⁾. Ce tableau permet à chaque utilisateur de se situer en fonction de son véhicule et de son profil de conduite et de définir ainsi la puissance de recharge **minimale** nécessaire.
- (2) Les pertes de recharge se situent généralement entre 10% et 20%, en fonction du véhicule, de la température de la batterie et de la vitesse de recharge. Dans les tableaux 1 et 2 ci-après, les pertes de recharge n'ont toutefois pas été prises en compte.
- (3) Les tableaux 1 et 2 permettent uniquement de définir de manière réaliste et nécessaire son propre profil de conduite. Ils montrent la puissance et la durée de recharge réellement nécessaires pour répondre aux besoins de mobilité. Une recharge lente ou limitée en puissance à partir du réseau électrique est souhaitable du point de vue du réseau d'approvisionnement local et suprarégional, car la part des véhicules électriques augmente fortement.
- (4) Si l'on pousse plus loin le principe «voiture à l'arrêt, voiture en recharge» (c'est-à-dire en augmentant le nombre de points de recharge), les véhicules pourront se recharger pendant de nombreuses heures par jour (domicile, travail, lieu d'achats et de loisirs). Ainsi, les trajets supérieurs à 30 km ne

¹ Un premier constructeur automobile a annoncé une Wallbox DC pour la recharge privée, mais le présent manuel ne s'y intéresse pas.

² Selon l'Office fédéral de la statistique, 50 717 millions de kilomètres ont été parcourus dans le trafic privé par les voitures de tourisme suisses en 2019. Avec 4 623 952 voitures de tourisme immatriculées, cela représente une moyenne de 10 968 km par an ou 30,05 km par jour.



poseraient plus de problème, car le véhicule pourrait être rechargé pendant de nombreuses heures par jour.

Consomma- tion	Temps de recharge	Puissance de recharge	Énergie rechargée	Autonomie rechargée	Part dans la distance moyenne parcourue par jour (100% correspondent à 30 km)
20 kWh/100 km	1 h	3,7 kW	3,7 kWh	19 km	63%
		11 kW	11 kWh	55 km	183%
		22 kW	22 kWh	110 km	367%
	3 h	3,7 kW	11 kWh	56 km	187%
		11 kW	33 kWh	165 km	550%
		22 kW	66 kWh	330 km	1100%
	9 h pendant la nuit	3,7 kW	33 kWh	167 km	557%
		11 kW	99 kWh	495 km	1650%
		22 kW	198 kWh	990 km	3300%

Tableau 1 Puissances de recharge pour les véhicules peu gourmands en énergie

Consomma- tion	Temps de recharge	Puissance de recharge	Énergie rechargée	Autonomie rechargée	Part dans la distance moyenne parcourue par jour (100% correspondent à 30 km)
30 kWh/100 km	1 h	3,7 kW	3,7 kWh	12 km	40%
		11 kW	11 kWh	37 km	123%
		22 kW	22 kWh	73 km	243%
	3 h	3,7 kW	11 kWh	37 km	123%
		11 kW	33 kWh	110 km	367%
		22 kW	66 kWh	220 km	733%
	9 h pendant la nuit	3,7 kW	33 kWh	111 km	370%
		11 kW	99 kWh	330 km	1100%
		22 kW	198 kWh	660 km	2200%

Tableau 2 Puissances de recharge pour les véhicules très gourmands en énergie



- (5) Les termes suivants se sont imposés pour désigner les différentes puissances de recharge:

Recharge de secours/recharge domestique	Recharge AC à 2 kW maximum < 10 km d'autonomie par heure de recharge
Recharge lente/normale	Recharge AC supérieure à 2 kW mais inférieure à 11 kW de 10 à 50 km d'autonomie par heure de recharge
Recharge accélérée	Recharge AC habituellement à 11 kW ou 22 kW jusqu'à 100 km d'autonomie par heure de recharge
Recharge rapide	Recharge DC habituellement à 50 kW jusqu'à 200 km d'autonomie par heure de recharge
Recharge superrapide, ou « <i>Supercharging</i> »	Recharge DC habituellement comprise entre 120 et 150 kW jusqu'à 100 km d'autonomie en 10 minutes
Recharge ultrarapide	Recharge DC habituellement comprise entre 250 et 350 kW 100 km d'autonomie en 5 minutes

2.3 Aperçu des valeurs de puissance usuelles avec les grandeurs de fusibles correspondantes

- (1) Le Tableau 3 indique quel fusible est nécessaire pour quelle puissance de recharge et quels raccordements sont autorisés par les Prescriptions des distributeurs d'électricité.

Puissance maximale en kW	Courant (fusible) en A	Tension	Nombre de phases
3	13	1x230 V	monophasé
3,7	16	1x230 V	monophasé
6,0	13	2x230 V	biphasé
7,4	16	2x230 V	biphasé
11,0	16	3x400 V	triphasé
22,0	32	3x400 V	triphasé
44,0	63	3x400 V	triphasé

Tableau 3 Aperçu des valeurs de puissance, des phases et des protections usuelles

- (2) Si plusieurs groupes de fusibles sont sollicités sur une longue période par le courant nominal, il faut prêter attention à la situation thermique.

2.4 Rôles et acteurs

- (1) Un acteur peut remplir plusieurs rôles.



- (2) **Bénéficiaire du raccordement au réseau (propriétaire de la maison, de l'entreprise):**
- Doit faire installer la borne de recharge par un installateur électrique concessionnaire et la faire annoncer.
 - Est également responsable de l'intégrité et de la conformité de l'installation domestique en amont.
- (3) **Installateur électrique:**
- Envoie au GRD la demande de raccordement technique (DRT) et l'avis d'installation (AI), le rapport de sécurité (RS) accompagné du protocole d'essais – mesures (pratique), ainsi que les avis de clôture (AC).
 - Conseille l'exploitant de la borne de recharge.
 - Monte la borne de recharge en respectant les Prescriptions des distributeurs d'électricité CH et les dispositions particulières du GRD et les instructions du fabricant.
 - Règle les paramètres, p. ex. la limitation du courant de recharge monophasé à 16 A ou des exigences de réduction de la charge permettant de faire face à des situations critiques sur le réseau.
- (4) **Exploitant de la borne de recharge:**
- Assume différentes missions, telles que l'exploitation et l'entretien de la borne de recharge.
 - Règle la facture d'électricité et d'utilisation du réseau au GRD ou au fournisseur.
 - Adresse la facture à l'utilisateur du véhicule électrique.
- (5) **Gestionnaire de réseau de distribution (GRD):**
- Contrôle la demande de raccordement technique (DRT) et l'avis d'installation.
 - Vérifie si la puissance de raccordement souscrite doit être relevée et/ou si un renforcement de la ligne de raccordement est nécessaire.
 - Vérifie si des renforcements de réseau correspondants sont nécessaires dans le réseau de distribution.
 - Vérifie si des mesures sont nécessaires pour limiter les perturbations du réseau.
- (6) **Vendeur du véhicule:**
- Attire l'attention de l'utilisateur sur les avantages d'une infrastructure de recharge correctement mise en place (en particulier le mode 3).
 - Informe l'acheteur du véhicule de la façon de procéder avec l'installateur électrique.
- (7) **Utilisateur du véhicule:**
- Recharge son véhicule sur sa propre borne de recharge ou sur celle d'un tiers.
- (8) **SDL Pooler (pooler de services-système):**
- Installe et exploite un système permettant de commander de nombreuses charges relativement petites et décentralisées, des installations de production ou des bornes de recharge.
 - Grâce à ce système et aux charges commandées, propose, par exemple à Swissgrid, de la puissance de réglage, et permet ainsi aux petites pompes à chaleur, aux accumulateurs à batterie décentralisés, aux installations PV ou aux bornes de recharge pour véhicules électriques de participer au marché SDL et de générer des revenus.



- Achat et installation par un installateur électrique via le circuit général ou un circuit installé à cet effet et facturation par un mandataire (p. ex. propriétaire, gestionnaire immobilier ou prestataire de services)
- Location d'une installation de recharge et facturation par un mandataire (p. ex. propriétaire, gestionnaire immobilier ou prestataire de services)
- *Full service provider*: l'installation, l'exploitation et la facturation sont effectuées par un seul fournisseur. L'énergie, l'exploitation et les services sont alors facturés via l'énergie et/ou un abonnement.

3. Planification et administration

3.1 Annonces

- (1) Le devoir d'annonce et de contrôle est déterminée par l'Ordonnance sur les installations à basse tension (OIBT), ainsi que par les Prescriptions des distributeurs d'électricité.

3.1.1 Devoir d'annonce

- (1) L'installation des équipements de recharge pour l'électromobilité doit toujours être annoncée conformément aux Prescriptions des distributeurs d'électricité. Pour l'annonce, les formulaires ci-dessous sont généralement à utiliser:
 - Demande de raccordement technique (DRT)
 - Avis d'installation (AI)
 - Éventuelle intervention sur les appareils de tarification (IAT)
 - En cas de contrôle tous les 20 ans: rapport de sécurité (RS) / protocole d'essais - mesures selon OIBT
 - En cas de contrôle < 20 ans: rapport de sécurité (RS) et RS indépendant / protocole d'essais - mesures selon OIBT

3.1.2 Vérification des données pour l'autorisation par le GRD

- (1) Si le GRD l'exige, la réduction de la charge doit pouvoir être autorisée conformément à l'Annexe 1 et l'art. 8c OApEI.
- (2) Lorsque le contrôle a lieu tous les 20 ans, le rapport de sécurité (RS) / le protocole d'essais - mesures selon OIBT sont indispensables. Lorsque le contrôle a lieu tous les dix ans ou moins, le rapport de sécurité (RS) et le RS indépendant / le protocole d'essais - mesures selon OIBT sont nécessaires.
- (3) Les plaques arrière du niveau d'équipement C2 (selon le cahier technique SIA 2060) doivent être incluses dans le contrôle final. Lors de la mise en place de la/des borne(s) de recharge (sans outil) dans la/les plaque(s) arrière lors d'une étape ultérieure de l'installation, les valeurs mesurées doivent être consignées au moyen d'une première vérification et d'un contrôle final (OIBT et NIBT 2015).

3.1.3 Avis d'installation (AI)

- (1) Selon la section 7.22.2 de la norme sur les installations à basse tension (NIBT), on distingue les modes de recharge 1 à 4. Selon l'art. 23 OIBT, aucun avis d'installation n'est nécessaire pour le mode de recharge 1. Pour une installation ultérieure de bornes de recharge s'il existe une installation de base préparée, il faut toujours présenter un avis d'installation (DRT comprise).



- (2) Les documents suivants doivent être joints à l'avis d'installation.
 - Fiche technique de la borne de recharge
 - Schéma de principe (au moins monophasé) si le GRD exige une possibilité de réduction de la charge

3.1.4 Demande de raccordement technique (DRT)

- (1) Une DRT est nécessaire pour vérifier les données spécifiques à l'appareil et pour évaluer l'influence sur le réseau de distribution.
- (2) Un exemple de demande de raccordement complétée est disponible à l'annexe 4.

3.1.5 Rapport de sécurité (RS)

- (1) Si le propriétaire du bâtiment n'est pas le même que le propriétaire de la borne de recharge, le propriétaire de l'installation électrique (ou son installateur) doit présenter le rapport de sécurité (y compris le contrôle final et le contrôle de réception). Le propriétaire du bâtiment doit être informé par le propriétaire de la borne de recharge de toute modification avant son exécution et donner son accord. De même, le propriétaire du bâtiment reçoit une copie du RS de la part du propriétaire de la borne de recharge.

3.1.6 Périodes de contrôle

- (1) Pour les installations de recharge privées, les périodes de contrôle sont les mêmes que pour la partie du bâtiment à laquelle l'installation de recharge est raccordée.
- (2) Pour les installations de recharge publiques, une période de contrôle de cinq ans s'applique conformément à l'art. 32, al. 4 OIBT et aux directives de l'ESTI.

3.2 Installations et protection des personnes

- (1) Pour les installations avec de grandes longueurs de lignes, il faut notamment garantir la coupure en cas de court-circuit.
- (2) Toutes les vérifications doivent être effectués via les points de recharge. Cela n'est possible qu'avec un appareil de mesure ou un adaptateur de test prévu à cet effet. L'appareil de test permet de simuler l'autorisation de la voiture électrique via le contact de communication de la prise de type 2. La déconnexion du «*Control-Pilot*», l'interruption du conducteur PE et les mesures de l'OIBT doivent être effectuées et consignées.
- (3) Selon le point 7.22 de la norme NIBT, chaque circuit alimentant un point de raccordement (borne de recharge) doit être protégé par son propre dispositif de protection en cas de surintensité. Cette exigence peut être remplie au moyen de fusibles de sécurité / d'un disjoncteur ou de dispositifs de protection appropriés situés dans la borne de recharge. Il faut tenir compte des données du constructeur en la matière.
- (4) Chaque point de recharge doit disposer d'un dispositif à courant différentiel résiduel (DDR) (30 mA) et d'une détection de courant de défaut DC (6 mA). L'installation avec un DDR de type A-EV, de type B ou divisé en DDR de type A (ou une installation offrant une protection équivalente) et la détection



de défaut de courant continu dans la borne de recharge doit être posée par l'installateur de sorte à ce que la protection des personnes soit garantie dans tous les cas.

Dispositif de sécurité	Détection de courant de défaut 15-30 mA	Détection de défaut de courant continu > 6 mA	Autorisé pour le point de recharge
RCD de type A	Oui	Non	Non
RCD de type A-EV	Oui	Oui	Oui
RCD de type B	Oui	Oui	Oui
Détection de défaut de courant continu uniquement dans la borne de recharge	Non	Oui	Non
RCD combiné Type A et détection de défaut de courant continu dans la borne de recharge	Oui	Oui	Oui

Tableau 4 Dispositifs de sécurité

3.3 Répartition de la charge de phase

- (1) Pour les bornes de recharge triphasées > 11 kW, il faut s'assurer qu'une voiture électrique ne peut pas recharger plus de 16 A par conducteur de phase et par phase en monophasé ou en biphasé, et un câble de charge de 11 kW (3x16 A) doit être utilisé en conséquence. Dans le cas de plusieurs bornes de recharge reliées au même point de fourniture, il faut veiller à la répartition de la charge des conducteurs de phase.

Ordre alternatif des raccordements de phase lors de l'installation de plusieurs bornes de recharge

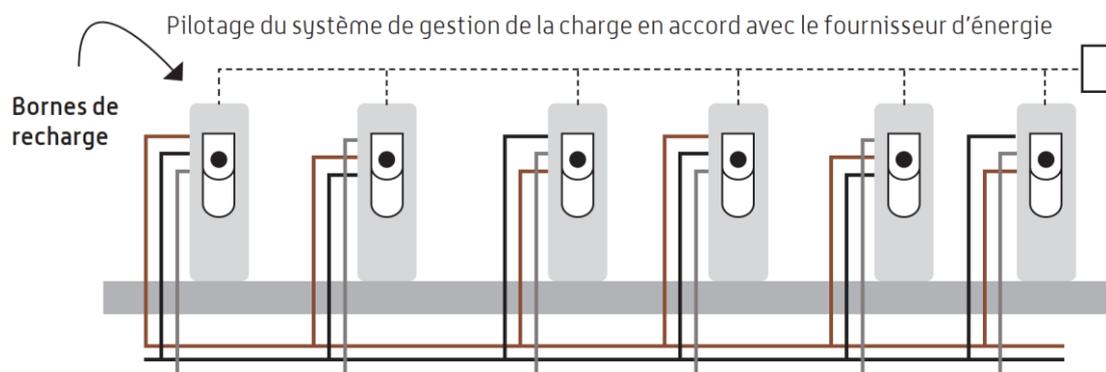


Figure 4 Répartition de la charge de phase dans une installation de recharge



3.4 Installation de mise à la terre

- (1) Dans le cas d'installations de recharge qui sont réalisées à l'extérieur des bâtiments au moyen d'un raccordement au réseau propre, il convient de prévoir une installation de mise à la terre adaptée (p. ex. mise à la terre des fondations, rubans de terre, piquets de terre). (NIBT 5.4)

3.5 Protection contre l'humidité

- (1) Pour les bornes de recharge en plein air avec des entrées de tube souterraines sans presse-étoupe, il faut veiller à ce que les tubes soient étanches au gaz (air). Ceci notamment parce que, dans de nombreux cas, la borne de recharge contient des composants électroniques sensibles qui peuvent être endommagés par l'eau de condensation. Cela peut être réalisé par exemple avec le RDSS (étanchéité du tube de protection du câble), avec des réductions de rétraction, une bande de protection plastique, une étanchéité de l'espace annulaire ou, dans les applications simples, avec du mastic d'étanchéité. D'après NIBT 2015, l'exigence minimale pour une installation de recharge en plein air est IPX4.

3.6 Intervention des pompiers et protection contre l'incendie

- (1) Le coffret de raccordement (CR) doit se trouver à un endroit aisément accessible; il ne devrait pas être placé dans le parking souterrain afin que l'accès reste garanti en cas d'incident (incendie / dégât d'eau (rupture de conduite d'eau, hautes eaux, inondation).
- (2) Un plan simple de protection contre l'incendie/d'intervention des pompiers (plan / coupe) indiquant les emplacements des CR (points de commutation) doit être envoyé aux pompiers compétents pour les grandes installations de recharge et pour les installations de recharge avec plusieurs injections, ou mis à leur disposition.

3.7 Câble plat

- (1) Le raccordement électrique des places de recharge dans les garages se fait souvent au moyen de câbles plats. Le montage du câble plat est réalisé à l'aide de brides de fixation. L'alimentation du câble plat et les sorties vers la borne de recharge (et/ou la plaque arrière) sont assurées par des boîtes de raccordement pour câble plat. Les sections des câbles plats et des fusibles en amont doivent être dimensionnées en fonction de la pratique courante pour les installations. L'aménagement partiel ou complet du garage peut ainsi être poursuivi ultérieurement. Le cahier technique SIA 2060 peut être appliqué pour la conception des garages.
- (2) Lors de l'installation d'une infrastructure de recharge avec câble plat, la NIBT autorise une réduction de la section si
 - la ligne réduite ne dépasse pas 3 m de long;
 - la ligne du câble plat au point de recharge est protégée mécaniquement (p. ex. au moyen d'un tube en aluminium);
 - la section réduite est protégée thermiquement (température ambiante, accumulation de câbles, surcharge et court-circuit);
 - la ligne n'est pas posée à l'intérieur de locaux présentant un risque d'incendie.



3.8 Installation de bornes de recharge dans des garages collectifs derrière plusieurs points de fourniture

- (1) Pour les garages collectifs raccordés derrière plusieurs coffrets de raccordement (CR), l'installation électrique pour les bornes de recharge doit être effectuée avec un soin particulier. En aucun cas, les bornes de recharge ne doivent être reliées à un circuit électrique commun (circuit en boucle d'un coffret de raccordement à un autre), car cela pourrait créer des situations dangereuses.
- (2) Il faut s'assurer que les coffrets de raccordement se trouvent derrière la même cabine de distribution (CD) ou station de transformation (ST), afin que les pompiers ou le GRD puissent mettre l'ensemble du garage hors tension en cas d'incendie. Les points de sectionnement doivent être facilement accessibles de l'extérieur et les coupe-surintensité généraux de tous les coffrets de raccordement doivent être étiquetés afin d'attirer l'attention sur le raccordement du garage derrière d'autres coffrets.
- (3) En principe, pour des raisons de protection contre l'incendie et de sécurité électrique, il faut éviter les installations électriques sur plusieurs bâtiments, car même avec un débranchement supposé, il y aurait encore des lignes et des installations électriques sous tension. Chaque objet doit pouvoir être séparé.
- (4) À certaines conditions à respecter impérativement, un tel projet peut être exécuté. Les prescriptions suivantes au moins doivent alors être satisfaites:
 - Le GRD consent à cette installation et le bénéficiaire du raccordement accepte les conditions (p. ex. commande, blocage, gestion de la recharge).
 - Les prescriptions de protection incendie de l'AEAI et la norme sur les installations à basse tension (NIBT) sont valables pour l'établissement des installations de recharge. Les éventuelles exigences de la police du feu doivent être respectées et coordonnées au préalable avec l'autorité communale de protection incendie compétente (police du feu).
 - L'autorité compétente de protection incendie / l'organe de la police du feu donne son consentement au projet à ses propres conditions.
 - Au passage d'un bâtiment à l'autre, il faut placer un commutateur utilisable par des non-professionnels. De plus, il faut garantir au moyen d'une surveillance de la tension qu'en cas de débranchement ou de coupure de courant, ce commutateur mette également hors tension l'installation de recharge. L'emplacement de ce commutateur doit être clairement indiqué sur les raccordements domestiques des objets et des distributions concernés.
 - Conformément à NIBT 4.2.2.2.7 et à la directive de protection incendie de l'AEAI «Utilisation des matériaux de construction», ch. 5.2.1, les tracés de câbles doivent être exécutés dans les voies d'évacuation horizontales ou verticales. Dans les voies d'évacuation, seuls des câbles ne se caractérisant pas par une réaction critique au feu peuvent être utilisés.
 - Si le tracé de câble se trouve dans des voies d'évacuation, il faut utiliser des types de câble appropriés, conformément à NIBT 4.2.2.2.7 (charge calorifique) pour cette ligne de distribution.
 - Au passage d'un bâtiment à l'autre, il faut installer des obturations résistant au feu afin que le compartiment coupe-feu entre les bâtiments soit préservé.
 - La ligne de distribution doit être clairement indiquée dans l'objet à partir de l'entrée du bâtiment, à des endroits accessibles, y compris le changement de direction, jusqu'à l'ensemble dans la partie commune compris, et munie de la mention «Attention tension externe / injection à partir de l'objet XXX».



- Chaque borne de recharge doit être munie d'une étiquette résistante (p. ex. gravée), qui doit préciser à partir de quel CR et à partir de quel fusible la borne de recharge est alimentée en énergie électrique.
- (5) Lors d'une réalisation de ce type, il faut garantir qu'en cas de débranchement du raccordement au réseau ou de coupure de courant, cette partie de l'installation sur plusieurs bâtiments soit débranchée, ce qui vaut par analogie aussi pour les bornes de recharge dans le garage.
 - (6) Il convient aussi de réfléchir à l'éventualité d'alimenter le garage et l'infrastructure de recharge via un raccordement domestique commun.

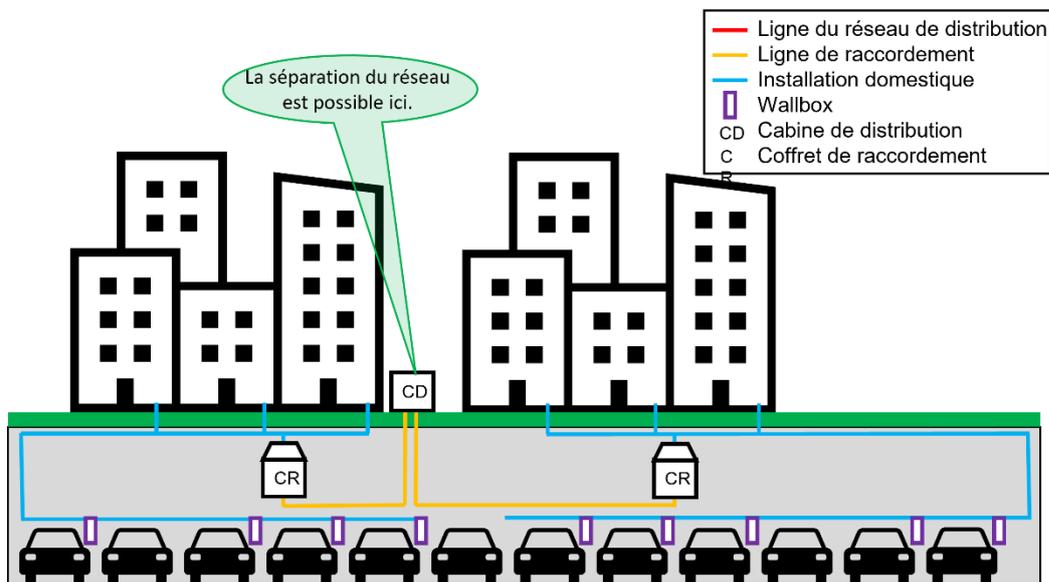


Figure 5 Garage collectif avec possibilité de séparation à un endroit

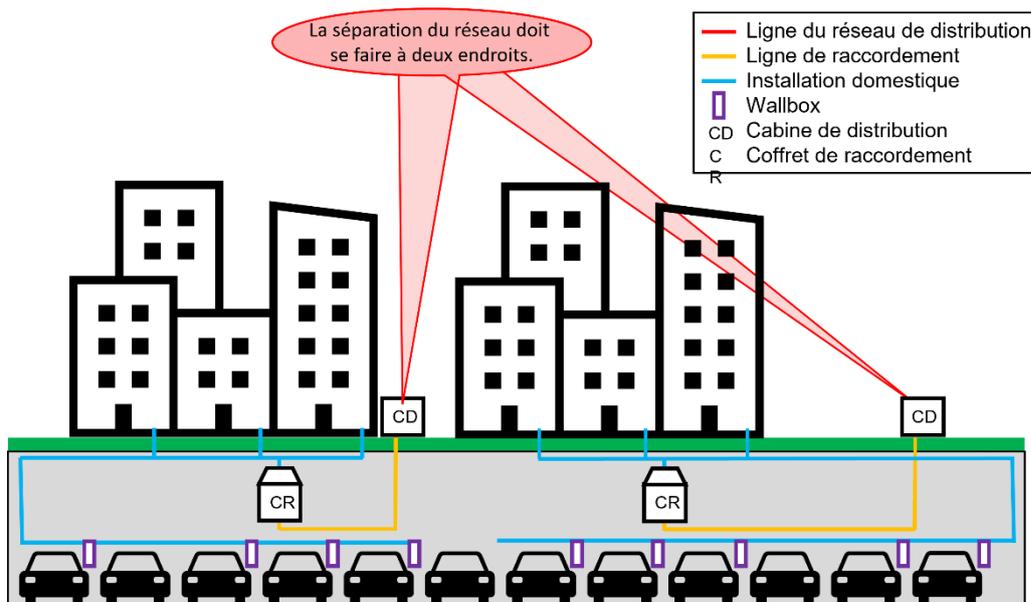


Figure 6 Garage collectif sans possibilité de séparation à un endroit



3.9 Bail et propriétés par étage

- (1) L'installation électrique appartient au bénéficiaire du raccordement au réseau. Conformément à l'art. 260a CO, les locataires ne peuvent procéder ou faire procéder à aucune modification de l'installation électrique sans l'accord écrit du propriétaire. Les propriétaires par étage ont besoin de l'accord des copropriétaires s'ils veulent faire réaliser des installations pour l'infrastructure de recharge dans les parties communes de l'immeuble. Il est recommandé aux locataires d'obtenir l'accord du bénéficiaire du raccordement au réseau avant de mettre en place des installations pour l'infrastructure de recharge, et de consigner dans un accord écrit l'installation prévue, les conditions de propriété de l'installation, les coûts d'un éventuel entretien (obligation légale de contrôle, éventuelle indemnisation ou éventuels frais de démontage en cas de déménagement, p. ex.).
- (2) Dans le cas de la propriété par étage/copropriété, l'installation d'une borne de recharge pour véhicules électriques constitue une mesure de construction au sens de l'art. 647c-e CC. Dans ce cas, la loi fixe des exigences pour l'approbation de l'assemblée des copropriétaires qui diffèrent en fonction du type de mesure. Compte tenu de l'importance croissante de la mobilité électrique, il convient de considérer le raccordement (à la borne de recharge) comme une «mesure nécessaire». Par conséquent, une décision majoritaire des propriétaires est indispensable (art. 647c CC).

3.10 Exigences liées à la construction

- (1) Pour les places de stationnement équipées de bornes de recharge, il peut être nécessaire d'appliquer d'autres distances (manœuvres du câble de recharge) et d'autres adaptations.
- (2) Les parkings accueillant uniquement des véhicules électriques sont soumis aux mêmes consignes de protection contre les incendies que ceux abritant des véhicules conventionnels (essence, diesel). Pour plus d'informations sur les mesures de sécurité incendie, consultez la fiche d'information sur la protection contre l'incendie des batteries au lithium-ion de l'Association des établissements cantonaux d'assurance incendie.
- (3) Les places équipées de points de recharge accessibles au public devraient également pouvoir être utilisées par les personnes handicapées. Le principe d'adaptabilité s'applique aux places de stationnement sur le lieu de travail et dans les bâtiments résidentiels. Lors de la planification de places de stationnement publiques équipées de points de recharge, divers aspects doivent être pris en compte tels que l'accessibilité des places aux fauteuils roulants, les surfaces de déplacement, les éléments de commande, les éléments de séparation dans l'espace de circulation, etc. Pour de plus amples informations, veuillez consulter la norme SIA 500 «Constructions sans obstacles» et la norme VSS 640 075 «Espace de circulation sans obstacles».

3.11 Prises pour bornes de recharge mobiles (bornes de recharge enfichables)

- (1) Les prises usuelles telles que définies par la norme SN 441011-1:2019 (p. ex. fiches et prises de courant à usage domestique et analogue) ne sont pas conçues pour une sollicitation permanente. En particulier, les prises de courant protégées par exemple par un fusible de 13 A ne sont pas construites pour une sollicitation permanente de 13 A³. La sollicitation permanente prescrite par le fabricant ne doit pas être dépassée non plus pour les prises industrielles (prise CEE selon CEI 60309). Il faut également que l'installation électrique soit conçue à cet effet jusqu'à la prise de courant. C'est

³ Souvent, les prises de courant ne sont même conçues que pour un courant de pointe de 10 A, même si elles sont généralement protégées par un fusible de 13 A.



pourquoi il n'est pas recommandé de charger les prises avec des courants de recharge élevés. Habituellement, le courant de recharge est limité par l'ICCB à 8 A ou à 6 A de courant permanent. Il existe des possibilités de recharger via des câbles de recharge dits de secours sur de telles prises, mais ce courant de recharge se situe alors dans une plage qui n'est pas dangereuse pour la prise de courant.

- (2) De même, les bornes de recharge enfichables d'une puissance supérieure à 3,7 kVA doivent être signalées au GRD, et permettre une réduction de la charge selon l'annexe 1 si le GRD l'exige (cf. Prescriptions des distributeurs d'électricité – CH, chapitre 12 et annexe 1).

3.12 Puissance requise

- (1) La formule simple ci-dessous doit permettre aux grandes installations de recharge d'évaluer leur propre situation et de calculer en conséquence la puissance de recharge minimale nécessaire. Une puissance d'installation correctement choisie permet des économies de coûts tant pour le consommateur final que dans le réseau de distribution.

$$\frac{\text{Cons. d'énergie véhicule [kWh / 100 km]} \times \text{distance journalière parcourue en [km]}}{\frac{100}{\text{Temps de recharge en heures [h]}}} = \text{puissance de recharge minimale [kW]}$$

3.12.1 Puissance minimale requise par point de recharge: exemple de calcul

- (1) Les installations de recharge placées dans les garages souterrains privés exigent une procédure permettant de définir la puissance nécessaire à leur raccordement. Dans cette section, on calcule un scénario standard à l'aide des formules et des tableaux présentés ici, à titre d'exemple et d'aide. Le raisonnement est basé sur une consommation et un kilométrage moyens.
- (2) Avant toute installation, il convient d'effectuer une estimation avec ses propres valeurs et de prendre en compte les futurs aménagements (notamment dans les immeubles d'habitation).
- (3) Pour une recommandation de puissance de charge minimale par point de recharge, on fait l'hypothèse d'un scénario standard. Celui-ci se base uniquement sur des paramètres moyens et ne couvre pas tous les cas d'application, mais il permet néanmoins de présenter un exemple de calcul. On peut ainsi calculer la puissance de recharge nécessaire par point de recharge à chaque projet en utilisant ses propres paramètres.
 - Distance parcourue quotidiennement: 30 km (voir section 2.2)
 - Consommation d'énergie/100 km: 25 [kWh/100 km] – (autoroute, hiver)
 - Temps de recharge: 8 h

$$\frac{30 \text{ km} \times \left(\frac{25 \text{ [kWh/100 km]}}{100} \right)}{8 \text{ h}} = 0.9375 \text{ kW} \cong 937.5 \text{ W}$$

- (4) Cela correspond à 4,07 A (pour 230 V monophasé) ou 1,35 A (pour 3x400 V triphasé).

$$\text{monophasé, } I \text{ (A)} = \frac{P \text{ (W)}}{U \text{ (V)}}$$

ou

$$\text{triphase, } I \text{ (A)} = \frac{P \text{ (W)}}{\sqrt{3} \times U \text{ (V)}}$$



- (5) Le Tableau 5 montre, avec le scénario présenté précédemment, les puissances de recharge nécessaires dans le pire des cas (tout le monde recharge en même temps). Afin de garantir une répartition optimisée de la puissance de recharge sur plusieurs véhicules et d'éviter une surcharge de la ligne de raccordement, il faut impérativement opter pour une gestion locale de la charge.
- (6) Remarque: de nombreux véhicules électriques ne peuvent démarrer le processus de recharge qu'à partir d'une certaine quantité de courant électrique. Selon la norme SN EN 61851, les véhicules électriques ne se rechargent plus avec un courant électrique inférieur à 6 A ($6 \text{ A} \times 230 \text{ V} = 1,38 \text{ kW}$). C'est pourquoi les besoins de puissance calculés dans l'exemple pour un point de recharge avec 0,94 kW sont à considérer comme une valeur théorique. Cette valeur de puissance ne doit servir que pour le dimensionnement de la protection minimale possible (ou des besoins de puissance) de l'installation de recharge entière.

Nombre de points de recharge	8 h de recharge par jour		12 h de recharge par jour	
	Puissance	Courant triphasé	Puissance	Courant triphasé
1	0.94 kW	1.35 A	0.63 kW	0.90 A
2	1.9 kW	2.7 A	1.3 kW	1.8 A
3	2.8 kW	4.1 A	1.9 kW	2.7 A
4	3.8 kW	5.4 A	2.5 kW	3.6 A
5	4.7 kW	6.8 A	3.1 kW	4.5 A
6	5.6 kW	8.1 A	3.8 kW	5.4 A
7	6.6 kW	9.5 A	4.4 kW	6.3 A
8	7.5 kW	10.8 A	5.0 kW	7.2 A
9	8.4 kW	12.2 A	5.6 kW	8.1 A
10	9.4 kW	13.5 A	6.3 kW	9.0 A
15	14.1 kW	20.3 A	9.4 kW	13.5 A
20	18.8 kW	27.1 A	12.5 kW	18.0 A
30	28.1 kW	40.6 A	18.8 kW	27.1 A
40	37.5 kW	54.1 A	25.0 kW	36.1 A
50	46.9 kW	67.7 A	31.3 kW	45.1 A
100	93.8 kW	135.3 A	62.5 kW	90.2 A

Tableau 5 Besoins minimaux de puissance par point de recharge d'un grand parc de recharge

3.12.2 Recommandation pour la protection de l'installation de recharge

- (1) En partant du Tableau 5, le Tableau 6 présente la plus petite protection courante.
- (2) La définition implique cependant de prendre en compte le type de bâtiment, l'utilisation, l'installation, dans les bonnes proportions. Ainsi, une installation de recharge ne sera pas conçue de la même manière si elle est destinée à un immeuble d'habitation, à un centre commercial ou à un hôpital.



Nombre de points de recharge	Recommandation pour la protection du parc de recharge dans les immeubles d'habitation			
	Minimum		Optimum	
1	9 kW	13 A	11 kW	16 A
2	9 kW	13 A	11 kW	16 A
3	9 kW	13 A	11 kW	16 A
4	9 kW	13 A	14 kW	20 A
5	9 kW	13 A	22 kW	32 A
6	11 kW	16 A	22 kW	32 A
7	11 kW	16 A	28 kW	40 A
8	11 kW	16 A	28 kW	40 A
9	11 kW	16 A	35 kW	50 A
10	11 kW	16 A	44 kW	63 A
15	17 kW	25 A	55 kW	80 A
20	22 kW	32 A	69 kW	100 A
30	28 kW	40 A	111 kW	160 A
40	44 kW	63 A	139 kW	200 A
50	55 kW	80 A	173 kW	250 A
100	111 kW	160 A	246 kW	355 A

Tableau 6 Recommandation pour la protection des installations de recharge dans les bâtiments d'habitation

- (3) Le cahier technique SIA 2060 fournit une aide supplémentaire pour la conception d'une installation de recharge.

3.12.3 Recommandations pour l'extension des installations de recharge

- (1) Même si l'on choisit de réduire au minimum la protection de l'installation de recharge, en raison des coûts, de l'installation ou d'une sollicitation plus faible du réseau, il est recommandé de prévoir un raccordement depuis la distribution électrique jusqu'aux bornes de recharge et, le cas échéant, un raccordement au réseau avec une section suffisante. On pourra ainsi procéder à une extension ultérieure sans devoir adapter le raccordement au réseau ou l'installation.

3.13 Répercussions sur le réseau

- (1) D'une manière générale, il convient de respecter les Règles techniques pour l'évaluation des répercussions sur le réseau (D-A-CH-CZ). Les règles techniques définies par D-A-CH-CZ s'appliquent pour l'évaluation des répercussions sur le réseau (point de couplage commun) et la norme SN EN 50160 s'applique pour la qualité de la tension dans le réseau de distribution (point de fourniture). En ce qui concerne les bornes de recharge, il est recommandé de vérifier les répercussions suivantes sur le réseau:
- Variation de tension
 - Harmoniques



3.13.1 Variation de tension

- (1) Pour les variations de tension, les éléments suivants s'appliquent notamment:
 - La variation relative de la tension au point de couplage commun ne doit pas dépasser la valeur limite d'émission de 3% avec un taux de répétition de $r > 0,01/\text{min}$. (10 x par heure $\hat{=}$ toutes les 6 minutes)
 - Si $r < 0,01/\text{min}$ (quelques fois par jour $\hat{=}$ moins de 10 x par heure), la valeur limite d'émission peut être de 6%
- (2) Les situations suivantes sont calculées avec $d_{\text{max}} = 3\%$:
 - Bornes de recharge publiques, installations de recharge publiques et semi-publiques (installations de recharge de l'employeur et flotte de véhicules en pool)
- (3) Pour les installations de recharge avec plusieurs points de recharge AC, la puissance d'un point de recharge est pertinente pour l'évaluation. Ceci en raison du fait que l'on ne peut pas partir du principe que tous les points de recharge requièrent simultanément la pleine charge, c'est-à-dire qu'ils soutiennent à eux tous la somme de la puissance de l'ensemble de l'installation de recharge. Il est plus probable que les points de recharge s'allument les uns après les autres. Pour le réseau, l'effet est le même que si différents consommateurs se connectaient les uns après les autres. Pour les installations de recharge, c'est plutôt le taux de répétition du nombre de points de recharge qui doit être pris en compte. Ainsi, par sécurité, il faudrait compter avec la valeur limite d'émission à 3%, c'est-à-dire une fréquence de mise en marche de plus de 10 x par heure.
- (4) Les situations suivantes sont calculées avec $d_{\text{max}} = 6\%$:
 - Les bornes de recharge privées qui ne sont pas utilisées plusieurs fois par jour
- (5) Un exemple de calcul est proposé à l'Annexe 3.

3.13.1.1 Harmoniques

- (1) Les bornes de recharge pour véhicules électriques doivent être évaluées de la même manière que des charges comparables en ce qui concerne les harmoniques. D'une manière générale, il convient de respecter les règles D-A-CH-CZ.
- (2) Les appareils satisfaisant aux exigences de la norme [EN 61000-3-2] peuvent en général être raccordés sans autre contrôle.



- (3) Exemple illustré d'harmoniques à la Figure 7:
- Vert Composante fondamentale
 - Bleu Harmonique de rang 3 (= 3 fois la fréquence de la composante fondamentale)
 - Noir Distorsion harmonique résultante

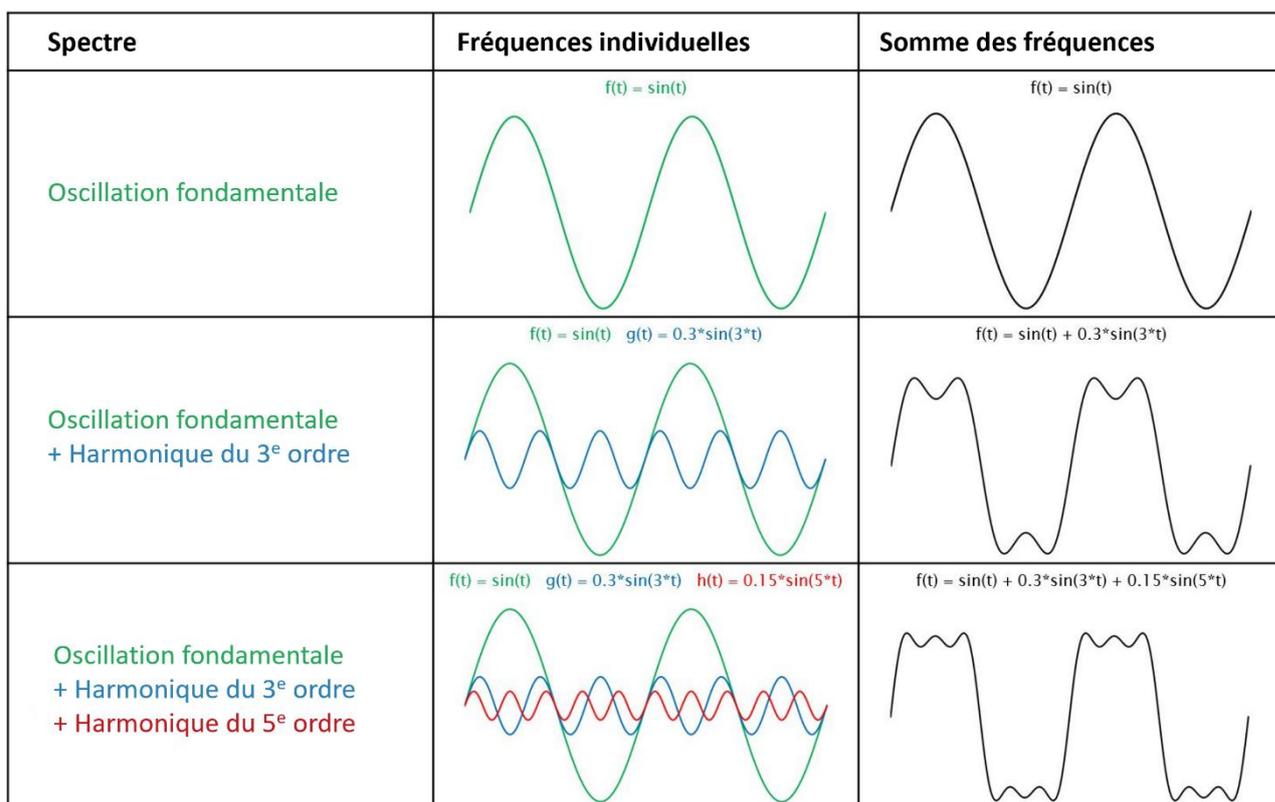


Figure 7 Exemple d'harmoniques (source: haute école de Berne, centre Stockage d'énergie; traduction libre)

3.13.2 Évaluation sommaire

- (1) Pour évaluer sommairement les émissions d'harmoniques au point de couplage commun, il faut connaître les paramètres suivants:

S_{KV}	Puissance apparente de court-circuit au point de couplage commun (1)
S_A	Puissance apparente de raccordement, calculée au moyen de la valeur du courant CR Fusible (2)
S_{os}	Puissance apparente harmonique en aval de la place de mesure (p. ex. borne de recharge) (3)



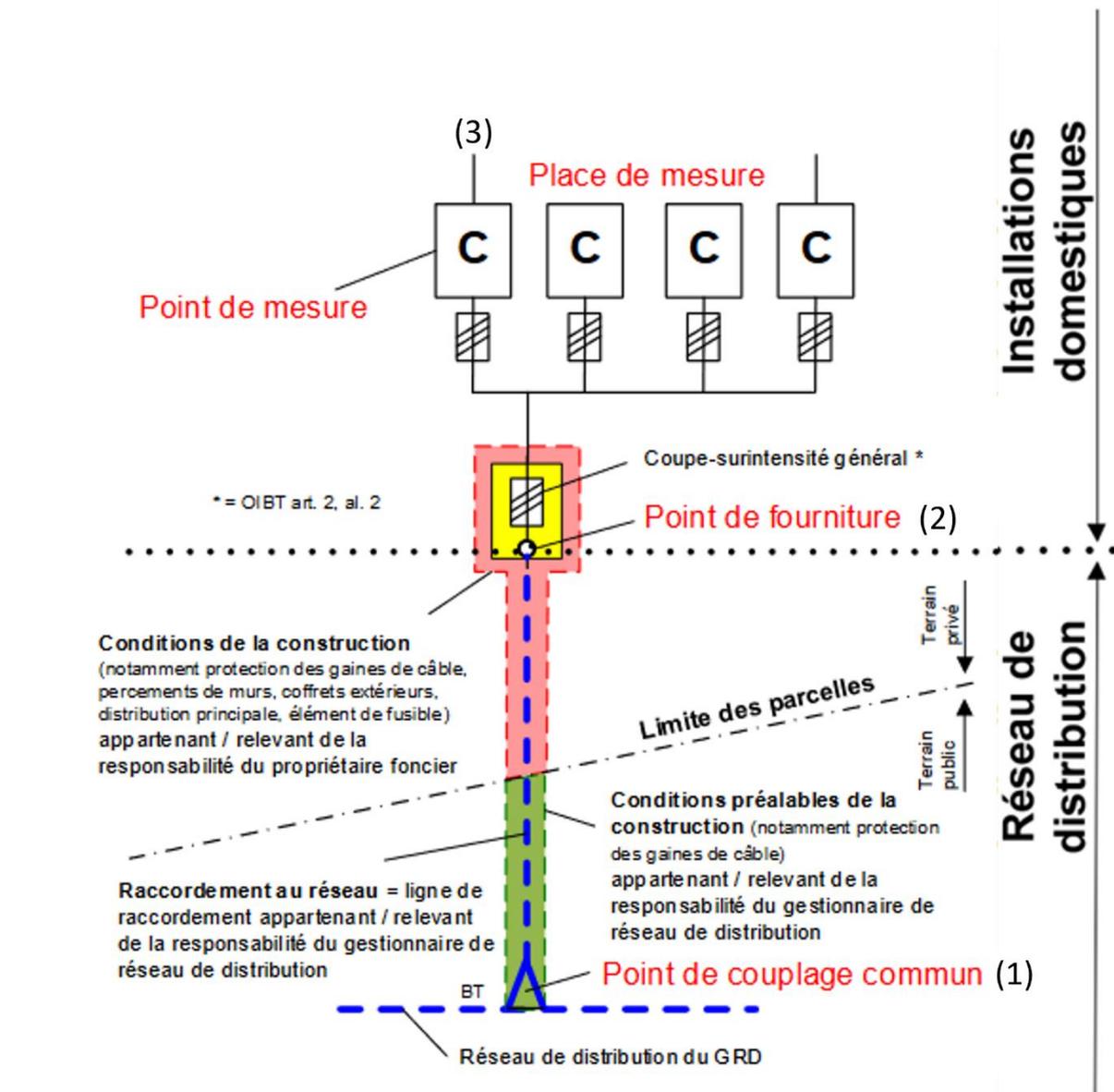


Figure 1 Point de fourniture et point de couplage commun

- (2) Si le rapport de puissance S_{KV} / S_A est ≥ 150 , on peut renoncer à une évaluation détaillée des émissions d'harmoniques. Normalement, toutefois, le rapport de performance S_{KV} / S_A est < 150 , et une évaluation détaillée doit, de ce fait, être effectuée.

- (3) Exemple:

$$150 = \frac{S_{KV}}{S_A} = \frac{4'200 \text{ kVA } (\sim 6'062 \text{ A courant de court circuit})}{28 \text{ kVA } (40 \text{ A fusible du raccordement privé})}$$

- (4) La valeur de 6062 A n'est généralement atteinte qu'à proximité d'une station de transformation. Une évaluation détaillée est donc nécessaire dans la plupart des cas.



3.13.3 Évaluation détaillée

- (1) L'évaluation détaillée se fait au moyen du regroupement des appareils générateurs d'harmoniques et du calcul total de la charge harmonique.

3.13.3.1 Regroupement des appareils générateurs d'harmoniques

- (1) Outre les nouveaux générateurs d'harmoniques, l'évaluation doit prendre en compte les charges harmoniques existantes (comme par exemple les pompes à chaleur et/ou les ascenseurs déjà installés et connus). Les charges harmoniques sont classées en groupes sur la base de leur contenu harmonique:
 - **Groupe 1: THDi < 25%:** matériel à faible émission harmonique comme les convertisseurs avec un nombre d'impulsions $p > 12$, les lampes avec ballast inductif, les convertisseurs autogérés, comme les onduleurs pour le photovoltaïque, et les appareils avec correction active du facteur de puissance, comme les appareils de recharge pour véhicules électriques
 - **Groupe 2: 25% < THDi < 50%:** matériel à émission harmonique moyenne comme les convertisseurs à six impulsions avec circuit intermédiaire de courant ou circuit intermédiaire de tension et lissage inductif
 - **Groupe 3: THDi > 50%:** matériel à émission harmonique élevée, comme les convertisseurs à six impulsions avec circuit intermédiaire de tension sans lissage inductif, les ordinateurs, y compris les périphériques, les lampes avec ballast électronique
- (2) Si, pour les bornes de recharge DC, le fabricant ne donne aucune indication concernant le convertisseur, les bornes de recharge sont classées dans le groupe 2 en tant que générateurs d'harmoniques (on se base sur le pire des scénarios). Les bornes de recharge DC, qui sont généralement équipées de convertisseurs PFC (correction active du facteur de puissance), sont classées dans le groupe 1.
- (3) Les bornes de recharge AC n'ont pas de convertisseur intégré. Celui-ci se trouve à chaque fois dans les véhicules et il n'y a généralement aucune indication le concernant. Comme il n'est pas possible de déterminer avec certitude le véhicule électrique qui sera chargé, la borne de recharge doit être affectée au groupe 2.

3.13.3.2 Calcul de la charge harmonique

- (1) Charge harmonique

$$S_{Os} = (0,5 \times S_{Groupe1}) + S_{Groupe2} + (2 \times S_{Groupe3})$$

$S_{Groupe1}$ = puissance apparente de tous les consommateurs du groupe 1 (kVA)

$S_{Groupe2}$ = Puissance apparente de tous les consommateurs du groupe 2 (kVA)

$S_{Groupe3}$ = Puissance apparente de tous les consommateurs du groupe 3 (kVA)



3.13.4 Évaluation de la part de charge harmonique:

(1) Les deux rapports suivants sont nécessaires pour l'évaluation de la part de charge harmonique:

$$\text{rapport} = \frac{S_{OS} = \text{puissance de l'harmonique totale}}{S_A = \text{puissance de raccordement au point de fourniture}}$$

$$\text{rapport} = \frac{SKV = \text{puissance de court circuit au point de couplage commun}}{S_A = \text{puissance de raccordement au point de fourniture}}$$

(2) Si le point d'intersection entre S_{OS} / S_A et SKV / S_A se situe en dessous de la courbe limite, la charge harmonique est autorisée; si le point se situe au-dessus de la courbe limite, des mesures s'imposent.

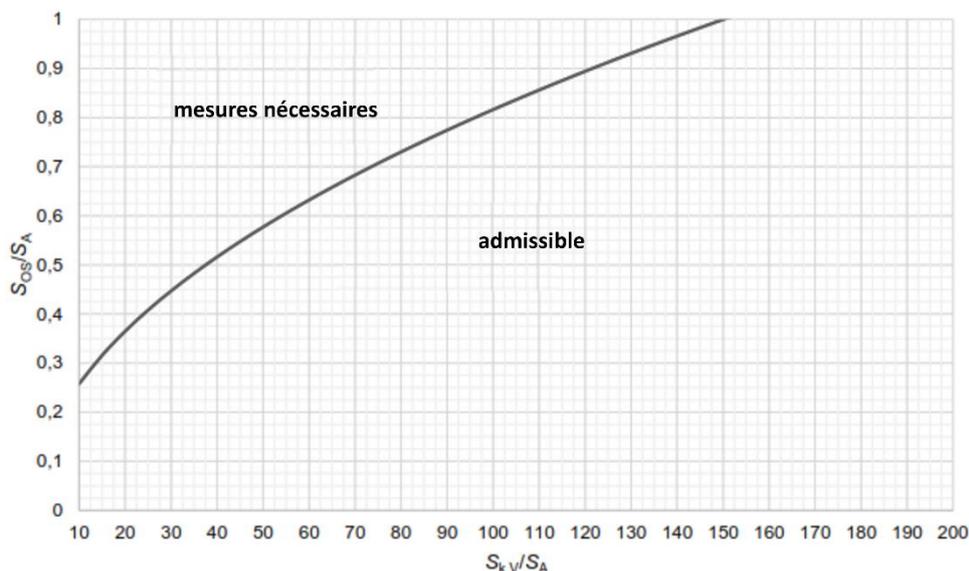


Figure 2 Diagramme d'évaluation de la part de charge harmonique admissible (source: D-A-CH-CZ, 3^e édition)

3.13.5 En cas de non-respect des répercussions sur le réseau

- (1) Les mesures suivantes visent à corriger les répercussions sur le réseau. Elles peuvent être appliquées à l'installation du bénéficiaire du raccordement au réseau ou sur le réseau de distribution:
- Limitation de la charge harmonique (gestion de la charge de la borne de recharge avec limite maximale autorisée)
 - Utilisation d'appareils avec un plus faible taux général de distorsion harmonique (THDi)
 - Augmentation de la puissance de court-circuit SKV (raccordement plus important jusqu'au point de couplage commun)
 - Amélioration du lissage dans le circuit intermédiaire des convertisseurs
 - Utilisation de filtres passifs (installations de filtrage d'harmoniques)
 - Utilisation de filtres actifs



3.14 Types d'installation

- (1) Les installations de recharge dans les grands garages souterrains peuvent être desservies et décomptées de différentes manières.
- (2) Préalablement à une installation, il faudrait clarifier dans quelle mesure le raccordement domestique est déjà sollicité. Pour ce faire, une estimation ou une mesure de la puissance doit être effectuée sur la base des appareils installés, des consommations typiques, etc. On peut évaluer à partir de cela si une augmentation de la puissance, voire un renforcement de la ligne de raccordement est nécessaire.
- (3) Dans cet exemple, deux types sont présentés avec leurs avantages et leurs inconvénients:

3.14.1 Câble plat via le circuit de comptage général ou un compteur séparé

- (1) Dans ce cas, le câble plat est raccordé directement au circuit de comptage général existant ou via un compteur spécifique à l'e-mobilité. Les différents prélèvements d'énergie peuvent être facturés par exemple au moyen d'une carte RFID et d'un compte utilisateur du fabricant de la borne de recharge ou d'un prestataire de services. Puis, lors de la facturation, l'EAE déduit la quantité totale d'électricité de toutes les bornes de recharge du compteur général d'électricité. Ainsi, le reste du courant, utilisé p. ex. pour l'éclairage et la ventilation des parties communes, peut être réparti entre tous les locataires/propriétaires, comme c'était le cas jusqu'à présent.

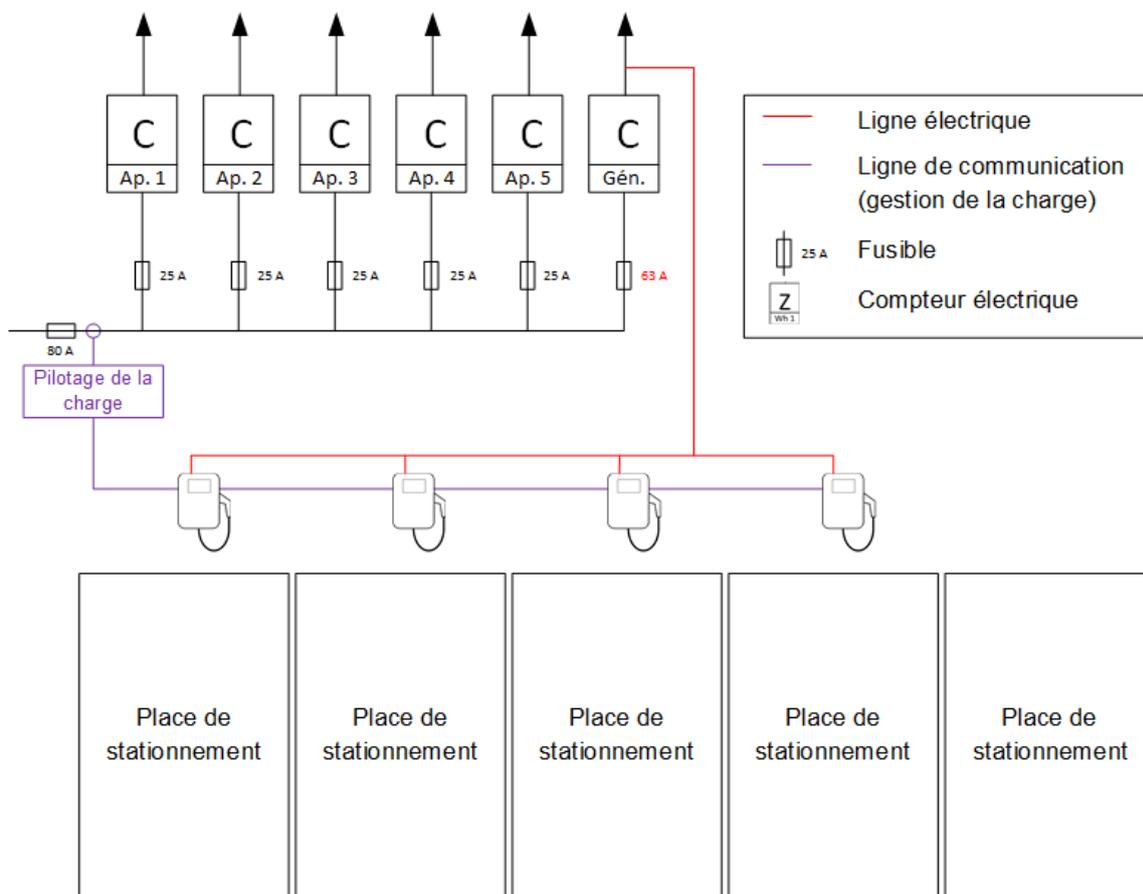


Figure 3 Installation de plusieurs points de recharge derrière le compteur pour le courant des parties communes



- (2) Le décompte du courant des parties communes doit impérativement être réalisé avec des compteurs étalonnés. Cela engendre les possibilités suivantes:
- Un compteur supplémentaire du GRD pour l'e-mobilité nécessite une place de compteur disponible, mais permet en contrepartie au GRD d'envoyer directement sa facture au prestataire de services pour l'installation de recharge.
 - Une solution sans compteur spécifique pour l'e-mobilité pour l'installation de recharge est plus simple et moins chère au niveau de la mesure.
- (3) Avantages:
- Pas de compteur supplémentaire du GRD ou un seul seulement, et donc pas de coût associé
 - Installation facile, idéal pour les constructions existantes
 - Extensible de façon modulaire grâce aux câbles plats
- (4) Inconvénients:
- Le circuit de comptage général doit éventuellement être démonté (charge électrique plus élevée).
 - Le GRD, le portail client ou le service peuvent facturer des frais supplémentaires pour le compteur.

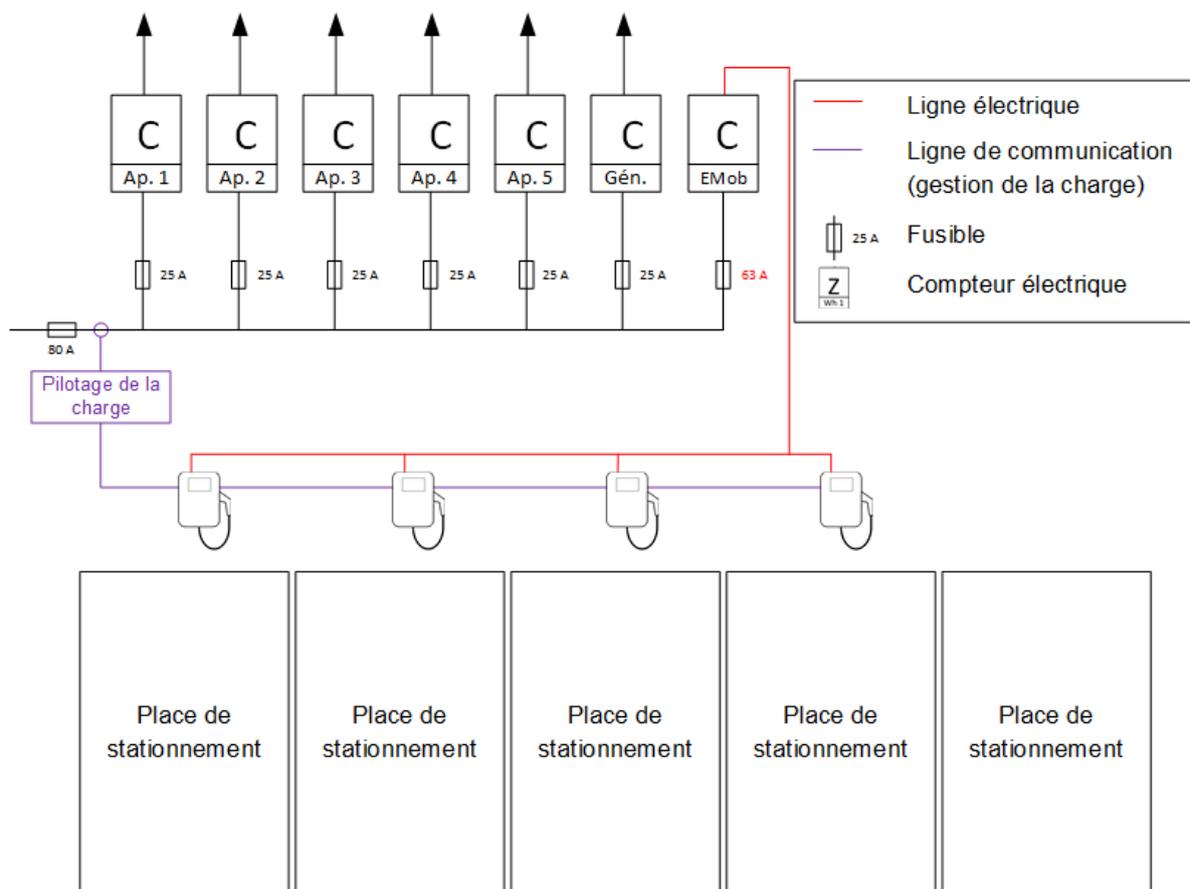


Figure 4 Installation de plusieurs points de recharge derrière un compteur spécifique pour l'installation de recharge



3.14.2 Raccordement depuis le compteur individuel

- (1) Dans ce cas, chaque borne de recharge est directement raccordée à partir du compteur individuel d'habitation correspondant. L'énergie soutirée par chacun est donc mesurée et facturée à l'aide du compteur existant. Pour que le coupe-surintensité d'abonné ne soit pas surchargé, il faut tenir compte de la charge supplémentaire et, le cas échéant, choisir une protection plus élevée par habitation.
- (2) Avantages:
 - Pas besoin de compteur supplémentaire
 - Planification et installation faciles pour les nouvelles constructions
- (3) Inconvénients:
 - Les coûts d'aménagement sont plus élevés car il faut poser un câble par place de stationnement, de la distribution principale jusqu'à la place de stationnement.
 - Une distribution principale plus importante est nécessaire car il faut prévoir une sécurité supplémentaire par place de stationnement.
 - L'EAE, le portail client ou le service peuvent facturer des frais supplémentaires pour le compteur.
 - Si une installation photovoltaïque est installée sur le toit et que plusieurs bornes de recharge sont installées derrière différents compteurs, l'énergie provenant de l'installation photovoltaïque ne peut pas, sans RPC, être directement chargée dans la voiture.

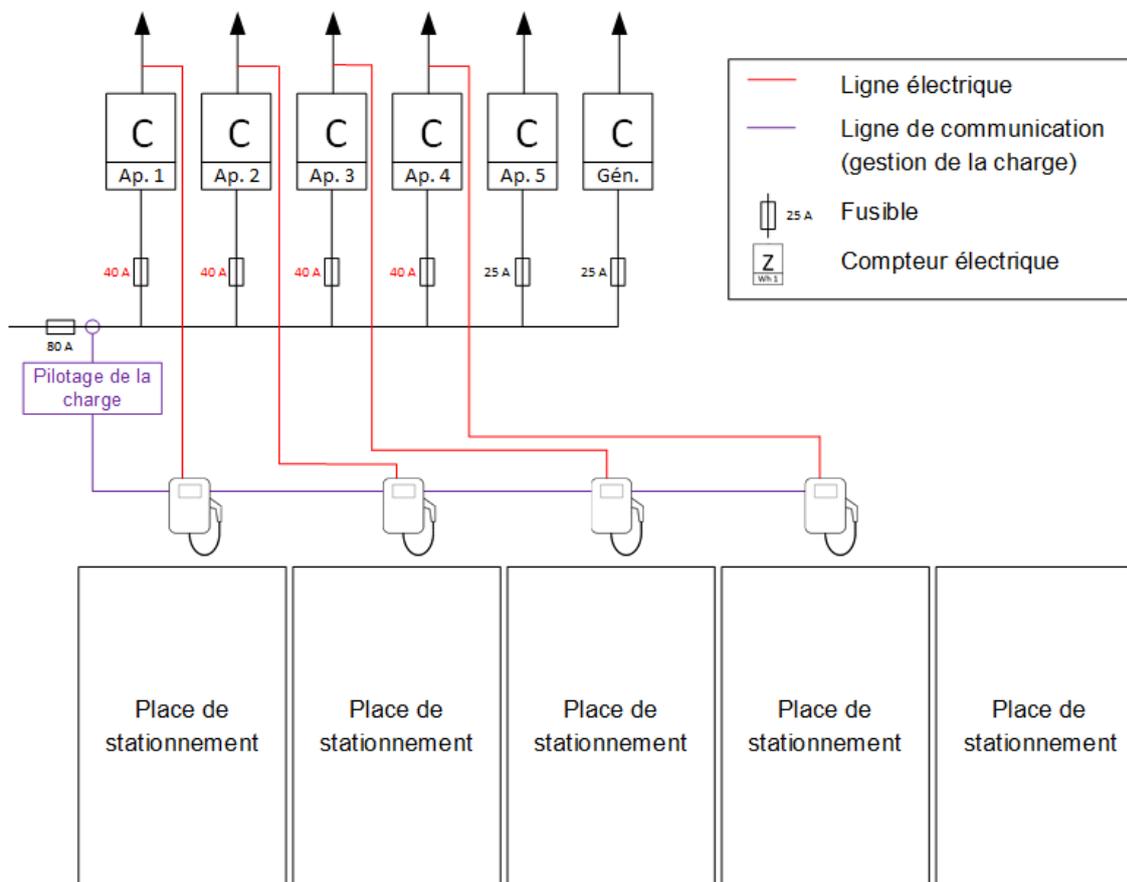


Figure 5 Installation de plusieurs points de recharge derrière les compteurs d'habitation



4. Gestion de la charge

- (1) La puissance de soutirage maximale autorisée au point de fourniture ne doit en aucun cas être dépassée. En outre, il faut s'assurer qu'il ne se crée aucun asymétrie non autorisée. Il est par conséquent recommandé d'installer un système de gestion de la charge à partir du moment où l'installation de recharge présente une puissance de raccordement > 22 kW ou lorsqu'il y a plus de trois points de recharge, afin de ne pas dépasser la puissance de raccordement maximale souscrite, d'exploiter au maximum la puissance de raccordement souscrite et de permettre un pilotage par le GRD. Lorsque la borne de recharge combinée aux appareils existants (p. ex. pompes à chaleur, plaques de cuisson) peut dépasser la puissance de raccordement maximale, une gestion de la charge s'impose impérativement.
- (2) Si une ou plusieurs bornes de recharge sont installées dans un immeuble collectif, il est fortement recommandé d'installer uniquement des types de borne de recharge contrôlables par le même système de gestion de la charge. De cette manière, il est possible d'installer un système de gestion de la charge si une extension ultérieure l'impose.
- (3) Il convient tout d'abord de hiérarchiser les notions de gestion de la recharge et de gestion de la charge. Le tableau ci-dessous permet de structurer le chapitre. Les termes seront définis juste après.



	Gestion de la recharge	Gestion de la charge		
		locale	centralisée	
			Exploitation de la flexibilité	Réduction de la charge
But	Garantir une recharge sûre de la batterie du véhicule sans surcharge du câble et de la borne de recharge ou de la prise de courant. En second lieu, il est également possible d'optimiser les coûts (par exemple recharge pendant tarif réduit).	Optimiser la consommation propre ou la recharge de plusieurs véhicules sans surcharger la ligne de raccordement.	Optimiser l'exploitation du réseau par le GRD nécessite l'accord explicite du consommateur final. Les prestataires de services utilisent la flexibilité pour la commercialiser (p. ex. en tant que service-système).	Si la sécurité de l'exploitation du réseau est gravement menacée, la puissance de recharge peut être réduite dans certaines régions (p. ex. surcharge de la ligne d'alimentation) ou dans toute la Suisse (p. ex. chute de fréquence). Cela peut se faire jusqu'à 0 kW et, contrairement au délestage, ne nécessite pas de couper la tension d'alimentation. L'accord du bénéficiaire du raccordement n'est pas nécessaire et cette situation prend le pas sur le signal pour l'utilisation de la flexibilité.
Paramètres	État de recharge et température de la batterie du véhicule, puissance maximale du câble de raccordement et de la borne de recharge ou de la prise, horaires de tarification	Production de l'installation photovoltaïque, sollicitation actuelle et maximale du raccordement au réseau, puissance requise pour les véhicules branchés, temps nécessaire pour atteindre l'état de recharge souhaité, algorithme de priorisation ou de répartition pour plusieurs points de charge	Optimisation de la charge du réseau de distribution (p. ex. pics de puissance du GRD par rapport au GRD en amont) ou de la compensation de l'énergie réactive Réaction au signal de demande de Swissgrid	Sollicitation des lignes et des transformateurs; fréquence du réseau, normes concernant par exemple la qualité de la tension
Communication	Uniquement entre le véhicule, la borne de recharge et, le cas échéant, le téléphone portable	Entre les véhicules, les bornes de recharge, l'installation photovoltaïque, le <i>smart meter</i> , la pompe à chaleur, etc. et l'unité de commande centrale ou encore avec l'application de l'automobiliste	Comme pour la gestion locale de la charge, avec en plus une communication du GRD ou du <i>SDL pooler</i> vers l'unité de commande centrale de la gestion locale de la charge	Par exemple, pilotage conformément à l'annexe 1 ou contacteur piloté par télécommande centralisée par le GRD
Pilotage par	Appareil ou régulateur de recharge dans le véhicule	Gestionnaire local d'énergie, pilotage, domotique, appareils smartgridready, etc.	Système du <i>SDL pooler</i> ou du GRD	Système GRD

Tableau 7 Vue d'ensemble de la gestion de la recharge et de la charge



4.1 Gestion de la recharge

- (1) La gestion de la recharge concerne le processus de recharge proprement dit. L'appareil de recharge du véhicule (ou le régulateur de recharge pour la recharge DC) pilote la gestion de la recharge et tient compte des valeurs théoriques ou des valeurs limites de la batterie du véhicule, telles que la température actuelle ou l'état de recharge, ainsi que la puissance de recharge souhaitée ou la durée nécessaire pour atteindre l'état de recharge souhaité (p. ex. 7 h pour 80%). L'intensité maximale autorisée du point de recharge et du câble de recharge est également prise en compte pour le pilotage du processus de recharge. Pour cela, l'infrastructure de recharge et le véhicule doivent obligatoirement communiquer, de sorte que le mode de recharge 3 au moins (voir section 2.1 Modes de recharge) est prérequis. Une optimisation commerciale est également possible si l'utilisateur adapte son processus de recharge en conséquence (heures de tarification, limitation de puissance, etc.).
- (2) Ce processus est totalement hors du domaine de compétences d'un GRD.

4.2 Gestion locale de la charge

- (1) La gestion de la charge décrit la règle du processus de recharge permettant l'optimisation de charges le plus souvent multiples au même point de fourniture. Elle prend en compte des grandeurs d'entrée telles que le courant maximal de la ligne d'alimentation commune de plusieurs bornes de recharge, du raccordement domestique jusqu'à des parties du réseau basse tension privé ou public et la puissance contrôlable disponible d'autres appareils des consommateurs finaux, de dispositifs de stockage d'énergie ou d'installations de production en aval du même point de fourniture commun. Les valeurs visées ici peuvent être l'optimisation de la consommation propre, la réduction des pics de charge, la maximisation de la puissance de recharge, l'équilibrage des phases ou la mise en œuvre de signaux externes pour l'optimisation de la charge (p. ex. *SDL pooler*) ou la réduction de la charge dans les situations d'urgence. La valeur de sortie de la gestion de la charge représente une valeur d'entrée de la gestion de la recharge.
- (2) Installer un système de gestion de la charge est un moyen efficace d'éviter de renforcer le raccordement au réseau domestique.

4.2.1 Gestion statique de la charge sans pilotage externe

- (1) Cette caractéristique de la gestion de la charge est appliquée dans la mesure où une puissance de recharge définie est disponible en continu.
- (2) Cette méthode est souvent utilisée lorsqu'un raccordement est disponible uniquement pour l'électromobilité. La gestion de la charge de l'infrastructure de recharge se voit alors imposer la puissance de raccordement comme valeur théorique maximale. Elle garantit alors que la puissance de raccordement ne soit jamais dépassée et évite ainsi une surcharge du raccordement.
- (3) Avec certaines restrictions, ce type de gestion de la charge peut également être utilisé avec des raccordements partagés.
- (4) Dans l'exemple de la Figure 10, une mesure de la courbe de charge sur une période d'une semaine pendant p. ex. une semaine d'hiver très froide a permis de déterminer que les autres consommateurs (courant domestique) prélevaient une puissance maximale de 10 kW. Comme le point de fourniture permet de disposer de 30 kW, un minimum de 20 kW est toujours disponible pour la recharge des véhicules électriques. Cette puissance (20 kW) est donnée comme valeur théorique maximale (ligne



rouge) pour la gestion de la charge, qui répartit cette puissance entre les différents points de recharge en fonction des besoins.

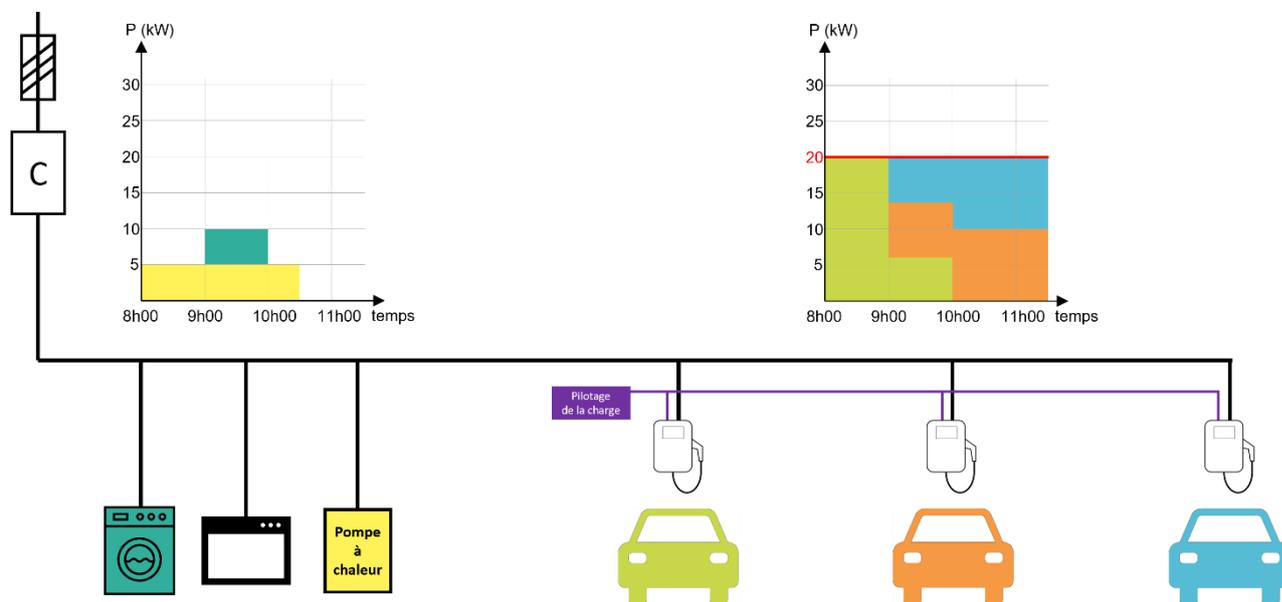


Figure 8 Représentation schématique de la gestion statique de la charge

(5) **Avantage:**

Utilisation plus importante de la puissance de raccordement souscrite avec des coûts réduits pour la gestion de la recharge.

(6) **Inconvénient:**

La puissance de recharge maximale possible est ici fixée en permanence à 20 kW pour la gestion de la charge de toute l'installation de recharge. On ne peut donc recharger que 20 kW au maximum, même si les autres consommateurs (courant domestique) sont éteints et que l'on aurait donc jusqu'à 30 kW disponibles. En cas de modifications significatives des autres consommateurs, les valeurs maximales pour l'installation doivent être analysées pour permettre un nouveau réglage. L'optimisation des processus de recharge avec la production photovoltaïque n'est pas non plus applicable de manière optimale.

4.2.2 Gestion dynamique de la charge (partage du raccordement avec d'autres consommateurs)

- (1) Cette forme de gestion de la charge est utilisée lorsque la puissance de recharge disponible varie en permanence et que le raccordement au réseau doit être utilisé de manière optimale.
- (2) En fonction du nombre de consommateurs qui prélèvent de la puissance (ou qui est produite par l'installation photovoltaïque), le niveau de puissance disponible pour la recharge des véhicules électriques varie. Un appareil de mesure supplémentaire ou le compteur intelligent du GRD détermine toujours la sollicitation momentanée du raccordement et donc, en permanence, la puissance encore disponible pour l'installation de recharge. Cela permet à la gestion de la charge des bornes de recharge de recalculer en permanence la puissance de recharge disponible et de redéfinir les valeurs théoriques pour chaque borne de recharge. Ainsi, la puissance de raccordement disponible (dans l'exemple, 30 kW) est toujours utilisée de manière optimale (ou la consommation propre optimisée), sans dépassement.



- (3) La valeur théorique pour la puissance de recharge maximale de l'ensemble de l'installation de recharge peut être déterminée de différentes manières. Le système de gestion de la charge, qui fait partie de l'installation de recharge, peut calculer lui-même la valeur théorique à l'aide de la puissance mesurée au niveau du raccordement domestique, de la puissance maximale de soutirage au niveau du raccordement domestique et éventuellement d'informations tarifaires.
- (4) De même, le système de gestion de l'énergie du bâtiment peut définir une valeur pour l'installation de recharge en tenant compte de la production photovoltaïque, de la pompe à chaleur, de la chaudière et des autres consommateurs.

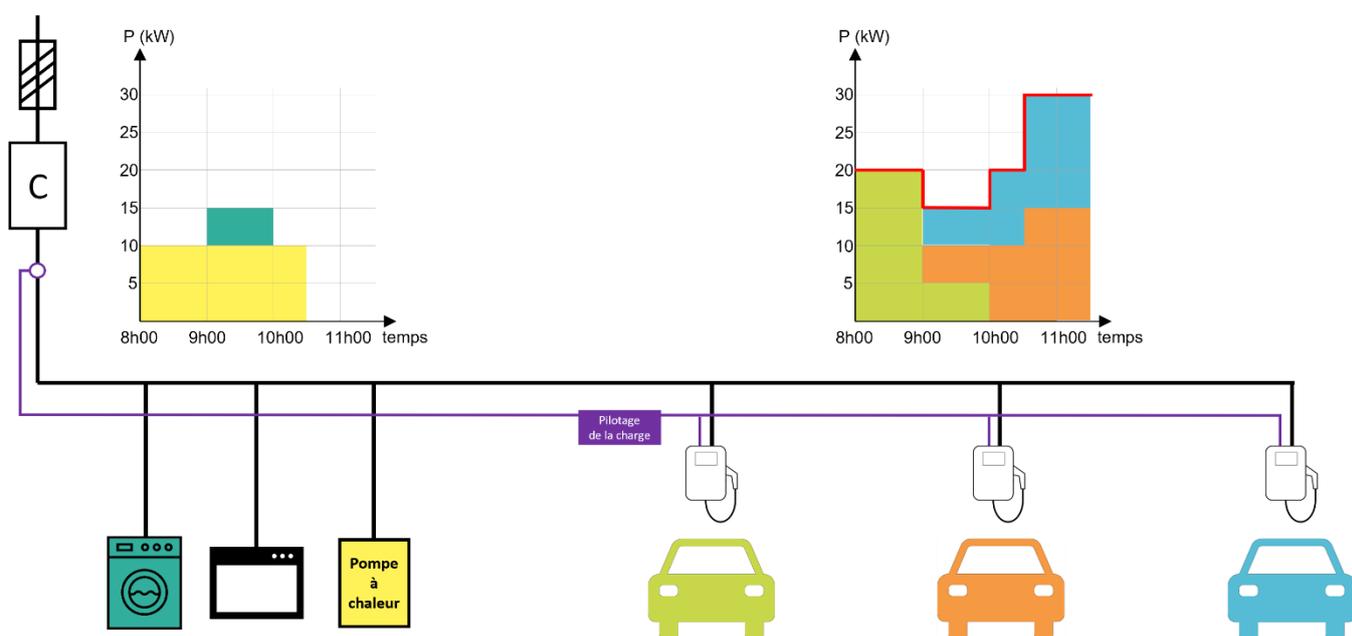


Figure 9 Représentation schématique de la gestion dynamique

- (5) Avantages:
Rapport coût/bénéfice généralement optimal, respect aisé de la puissance de soutirage maximale et réduction du risque de surcharge. Permet une utilisation optimale de la puissance de raccordement souscrite ou des coûts plus bas dans l'éventualité d'une augmentation de la puissance de raccordement souscrite, ainsi qu'une optimisation de la consommation propre. Permet à certains véhicules de bénéficier d'une puissance élevée en cas de temps de recharge différents.
- (6) Inconvénients:
Génère des coûts d'installation plus élevés que la gestion statique de la charge.

4.3 Gestion centralisée de la charge pour diverses applications (participation volontaire)

- (1) Les utilisateurs finaux peuvent mettre la flexibilité de l'infrastructure de recharge à la disposition de tiers. Ces derniers peuvent l'utiliser pour proposer des services-système à Swissgrid, optimiser l'achat d'énergie (lissage de la charge) ou mettre en œuvre d'autres modèles d'affaires.
- (2) L'utilisation de la flexibilité est généralement régie par un contrat bilatéral entre le consommateur final et l'utilisateur de la flexibilité.



- (3) Dans les situations d'urgence, le GRD, en ordonnant une réduction de la charge, dispose d'un droit de priorité par rapport à la gestion locale et centralisée de la charge assurée par des tiers.

4.4 Gestion centralisée de la charge pour l'optimisation du réseau (participation volontaire)

- (1) Le GRD peut lui aussi utiliser la flexibilité du consommateur final pour optimiser l'exploitation qu'il fait du réseau (p. ex. réduction de la puissance de soutirage par rapport au GRD en amont), tant que le consommateur final donne son accord en ce sens. Le GRD doit indemniser le client de manière adéquate. Le GRD ne peut pas forcer les propriétaires de flexibilités (bornes de recharge, pompes à chaleur, etc.) à accepter par exemple un blocage à midi ou le soir.
- (2) Ces processus peuvent être traités par le même système que la réduction de la charge, mais n'ont aucun lien avec la réduction de la charge de priorité supérieure.
- (3) Le pilotage des chaudières, pompes à chaleur et autres consommateurs similaires installés avant le 1^{er} novembre 2017 peut continuer à être utilisé par le consommateur final jusqu'à révocation, conformément à l'art. 31f OApEI.

4.5 Réduction de la charge pour garantir la sécurité de l'exploitation du réseau (obligation légale)

- (1) Dans les situations d'urgence (p. ex. menace de surcharge d'un élément du réseau ou puissance insuffisante dans le système énergétique européen), le GRD doit avoir la possibilité, comme énoncé dans le Distribution Code Suisse et dans les Prescriptions des distributeurs d'électricité, de réduire la puissance des charges pilotables à certains ou à tous les points de raccordement (art. 8c OApEI). Les bornes de recharge de plus de 3,7 kW doivent satisfaire à cette exigence.
- (2) Les Lignes directrices communes «Exigences relatives au pilotage des bornes de recharge assurant l'électromobilité» (cf. annexe 1) ont été élaborées afin de mettre en œuvre une réduction de la charge, même rare, de manière compatible avec le système électrique du véhicule. Au lieu de commander un contacteur, le GRD raccorde par exemple un câble de signal à la borne de recharge ou à l'appareil de commande central de la gestion locale de la charge à partir du récepteur de télécommande. Le GRD met à disposition un signal qui doit être traité par la borne de recharge ou par le système de gestion de la charge. Les détails de la mise en œuvre sont décrits à l'annexe 1.
- (3) Lorsque la borne de recharge ou le système de gestion de la charge ne sont pas en mesure de convertir le signal, l'alimentation en énergie de la borne de recharge peut être interrompue au moyen d'un contacteur de puissance. Cette variante présente l'avantage d'être facile à mettre en œuvre, indépendamment de la borne de recharge. L'inconvénient est qu'en cas de délestage, le processus de recharge peut parfois ne pas redémarrer automatiquement et doit donc être relancé manuellement. Le choix de cette variante peut être pris en accord avec le GRD et sur la base des possibilités techniques de la borne de recharge/l'installation utilisée.
- (4) Lorsque la situation du réseau le permet, une limitation du courant de recharge à 8 A est nettement préférable à 0 A pour l'électromobilité. L'annexe 1 explique également comment un deuxième contact permet d'obtenir un échelonnement plus fin de la réduction de la charge.
- (5) Conformément à l'art. 8c, al. 6 OApEI, le GRD doit informer le consommateur final de chaque réduction de la charge. Si le cas se présente, cela doit être fait au moins une fois par an.



4.6 Recharge bidirectionnelle

- (1) Des bornes de recharge bidirectionnelles peuvent être installées et exploitées, à condition d'être signalées et autorisées en tant que telles auprès du GRD. Par analogie, elles doivent être traitées comme des accumulateurs décentralisés si elles réinjectent de l'énergie dans le réseau (Manuels de l'AES «Dispositifs de stockage d'électricité» et «RR/IPE-NR 7»). Dans la mesure où les véhicules peuvent par exemple être rechargés à une borne de recharge publique avec de l'énergie non renouvelable, il faut s'assurer, conformément à l'ordonnance du DETEC sur la garantie d'origine et le marquage de l'électricité (OGOM), qu'aucune garantie d'origine incorrecte ne soit pas établie pour l'énergie injectée dans le réseau de distribution à partir du véhicule.
- (2) Techniquement, l'origine (réseau, production propre) de l'énergie électrique soutirée du réseau de distribution, provisoirement stockée et réinjectée dans le réseau ne peut être clairement différenciée ainsi. C'est pourquoi les bornes de recharge bidirectionnelles sont considérées comme des consommateurs finaux lors de la facturation de la rétribution de l'utilisation du réseau, du supplément de réseau et des redevances à la collectivité. Il s'en suit que l'utilisation de l'énergie provenant de la batterie du véhicule se prête surtout à une utilisation à l'intérieur du bâtiment (*vehicle-to-home*, V2H) à des fins d'optimisation de la consommation propre.
- (3) Les prescriptions issues de la loi sur l'énergie (LEne) relatives à la reprise et à la rétribution de l'énergie ne concernent que les installations de production qui génèrent de l'énergie renouvelable et non l'énergie réinjectée à partir de dispositifs de stockage. Par conséquent, comme pour les dispositifs de stockage décentralisés utilisant des batteries, le GRD n'est soumis à aucune obligation de reprise et de rémunération en ce qui concerne l'énergie injectée dans le réseau de distribution à partir du véhicule.
- (4) Les concepts d'installation et de mesure possibles figurent dans le manuel de l'AES sur les dispositifs de stockage d'électricité (MDSE). Or, ni le présent document ni le MDSE ne décrivent explicitement la gestion des bornes de recharge bidirectionnelles.
- (5) Un dispositif de stockage qui peut réinjecter de l'énergie dans le réseau de distribution doit être traité comme une IPE en ce qui concerne la protection du raccordement au réseau. Les détails sont décrits dans le document de la branche RR/IPE-NR 7 de l'AES.



5. Mesure et accès au marché

- (1) Lorsque l'installation de recharge appartient au propriétaire du bâtiment, elle peut être mesurée comme un consommateur final, en même temps que la consommation du bâtiment. Mais si, par exemple, un prestataire de services met en place une installation de recharge qui n'appartient pas au propriétaire du bâtiment, alors l'installation de recharge doit être équipée d'une mesure séparée.
- (2) Les installations et bornes de recharge suivantes peuvent par exemple être exploitées sans mesure séparée par le GRD:
 - Le propriétaire d'une maison individuelle installe une borne de recharge pour ses propres besoins.
 - Une entreprise installe sa propre installation de recharge pour ses clients et ses collaborateurs.
 - Le propriétaire d'un immeuble d'habitation installe une installation de recharge pour ses locataires.
 - Un gérant de restaurant ou de supermarché installe un système de recharge pour ses clients.
- (3) Dans les cas suivants, une mesure séparée de la borne de recharge ou de l'installation de recharge par le GRD est généralement nécessaire:
 - Les bornes de recharge appartiennent à un prestataire de services indépendant du propriétaire de l'immeuble.
 - L'installation de recharge dispose d'un raccordement distinct au réseau.
 - Un prestataire de services exploite sa propre installation de recharge, par exemple dans un centre commercial.
 - Des locataires font installer eux-mêmes leur propre borne de recharge (mesure via le compteur de l'habitation du locataire ou via un compteur séparé).
- (4) Les consommateurs finaux dont la consommation annuelle (y compris l'éventuelle consommation issue de leur production propre) est inférieure à 100 MWh n'ont pas accès au marché et sont approvisionnés en énergie par le GRD dans le cadre de l'approvisionnement de base. Il est interdit aux consommateurs finaux de se regrouper pour accéder au marché. Les exploitants d'installations de recharge peuvent être considérés comme leur propre consommateur final, mais dans ce cas, ils ne peuvent pas être regroupés avec des tiers. Un RCP, avec tous ses consommateurs finaux et ses producteurs (y compris son installation de recharge) est cependant considéré comme un consommateur et peut de ce fait accéder au marché avec une consommation annuelle supérieure à 100 MWh.



6. Tarifs d'utilisation de réseau

- (1) Du point de vue du GRD, l'exploitant de la borne de recharge est le consommateur final et le propriétaire de la borne de recharge ou du bâtiment, le bénéficiaire du raccordement au réseau. Ceux-ci sont connus du GRD et peuvent influencer sur le processus de recharge, la puissance de soutirage maximale et d'autres paramètres.
- (2) Les coûts du raccordement au réseau et du réseau de distribution peuvent être facturés aux consommateurs finaux par le biais de tarifs uniques lors du raccordement et de tarifs récurrents sur la durée d'utilisation. Les équipements de recharge pour l'électromobilité sont traités comme tous les autres appareils (p. ex. pompe à chaleur, four, ...).

6.1 Frais de raccordement uniques

- (1) Les coûts proportionnels d'un raccordement au réseau peuvent être couverts au moyen de deux éléments de contribution:
 - la contribution de raccordement au réseau (CRR), correspondant aux frais occasionnés par la création du raccordement de l'utilisateur au réseau
 - la contribution aux coûts du réseau (CCR), correspondant à la sollicitation demandée du réseau de distribution, sans tenir compte d'éventuels développements du réseau pour le raccordement au réseau.
- (2) Les consommateurs finaux dont la consommation finale est inférieure ou égale à 50 MWh par an font partie du groupe de clients de base. Le GRD peut leur proposer des tarifs au choix. Des exemples sont présentés à l'Annexe 2.
- (3) Si la puissance de raccordement du bâtiment doit être augmentée, les frais suivants sont imputés au bénéficiaire du raccordement:
 - Les coûts pour l'augmentation de la puissance (contribution au raccordement au réseau), pour les renforcements physiques du raccordement au réseau (p. ex. nouveau câble entre le coffret de raccordement et le point de couplage commun)
 - Les contributions aux coûts du réseau, déduction faite des paiements déjà effectués (nouvelle CCR - ancienne CCR)
- (4) D'autres informations sur les conditions de raccordement au réseau sont consignées dans la recommandation de la branche de l'AES «Raccordement au réseau» (pour tous les bénéficiaires d'un raccordement au réseau de distribution) (NA/RR-CH) et dans les Prescriptions des distributeurs d'électricité (PDIE-CH).

6.2 Tarifs d'utilisation du réseau récurrents

- (1) Lors de la définition des tarifs pour les installations de recharge, les principes de tarification de la LA-pEI, de l'OApEI et du document de la branche MURD de l'AES doivent être pris en compte.
- (2) L'art. 18, al. 4 OApEI permet au GRD de proposer des tarifs au choix à tous les consommateurs finaux. Un tarif spécial pour les bornes de recharge (analogue au tarif de pompe à chaleur) est également possible. Les clients consommant jusqu'à 50 MWh d'énergie par an peuvent opter volontairement pour un tel tarif, mais n'y sont pas obligés. Des exemples de tarifs au choix sont présentés à l'Annexe 2.



- (3) De l'avis du secrétariat technique de l'EICom⁴ et de l'AES, les installations de recharge avec mesure séparée sont considérées comme des biens-fonds utilisés toute l'année et peuvent être évaluées comme un groupe de clients présentant des caractéristiques de consommation similaires. Un tarif au choix d'utilisation du réseau pour les charges contrôlables telles que les installations de recharge peut donc être proposé aux consommateurs finaux dont la consommation annuelle ne dépasse pas 50 MWh. Sur ce point, il convient de noter qu'une mesure séparée peut être nécessaire dans certaines circonstances.
- (4) Les installations de recharge et les véhicules électriques n'étant pas de simples dispositifs de stockage sans site de consommation, ils ne sont pas exemptés du paiement de la rémunération pour l'utilisation du réseau.
- (5) En cas d'utilisation des flexibilités des installations de recharge, le GRD doit les rémunérer (cette règle ne s'applique pas en cas de réduction de la charge pour éviter une menace immédiate et importante pour la sécurité de l'exploitation du réseau).
- (6) Si l'installation de recharge peut également alimenter le réseau (recharge bidirectionnelle), cette alimentation ne doit pas être prise en compte pour fixer le tarif de l'énergie ou de l'utilisation du réseau (art. 6 LApEI et art. 14, al. 2 LApEI).

7. Tarifs de l'énergie

- (1) Tous les consommateurs finaux sans accès au marché sont à l'approvisionnement de base. Pour eux, ce sont les prescriptions tarifaires de l'approvisionnement de base qui s'appliquent.
- (2) Les consommateurs finaux avec une **consommation** annuelle (pas un **soutirage** du réseau) de plus de 100 MWh peuvent demander l'accès au marché. S'ils ont obtenu une fois l'accès au marché, ils ne peuvent pas retourner à l'approvisionnement de base et doivent s'occuper eux-mêmes de trouver un fournisseur d'énergie.

⁴ «Questions et réponses sur la Stratégie énergétique 2050» du 3 avril 2018



Annexe 1 Pilotage des bornes de recharge de l'électromobilité

1.1 Introduction

- (1) Les Lignes directrices communes «Exigences relatives au pilotage des bornes de recharge assurant l'électromobilité via un contact de commutation du gestionnaire de réseau» ont été élaborées avec les associations partenaires Oesterreichs E-Wirtschaft (www.oesterreichsernergie.at) et ČEZ Distribuce (www.cezdistribuce.cz) et leur contenu est reproduit ici sans modification. La section 1.2 de la présente annexe a été complétée afin de mettre en évidence les autres possibilités qui s'offrent en plus à la Suisse.

1.2 Règles spécifiques à la Suisse

- (1) La section 6 des Lignes directrices communes indique au minimum un contact de commutation sans potentiel C1 pour mettre en œuvre une réduction de la charge. Avec deux contacts de commutation sans potentiel C1 et C2, il serait en outre possible de mettre en œuvre des modèles tarifaires individuels ou une réglementation plus détaillée. Deux contacts de commutation sans potentiel peuvent être raccordés à l'installation de recharge si le consommateur final et le GRD le souhaitent tous les deux. Cela permettrait un pilotage plus précis ou des tarifs dynamiques.
- (2) L'association SmartGridready a développé à cet effet un modèle progressif plus avancé, qui commence au niveau 1 avec un contact de commutation sans potentiel et peut représenter quatre états au niveau 2 avec deux contacts de commutation sans potentiel. Dans les niveaux supérieurs, la communication se fait via des interfaces de données. Les premiers produits sont déclarés avec le label SmartGridready (niveau 1 et 2) et disponibles sur le marché.



1.2.1 Exemples d'utilisation des contacts pour les tarifs au choix

- (1) Dans l'exemple 1, un GRD a décidé de renoncer à une réduction de la charge au profit de tarifs variables. Avec des tarifs variables très élevés, presque tous les clients devraient réduire la puissance de recharge.
- (2) Dans l'exemple 2, des tarifs dynamiques sont combinés avec un signal d'urgence pour la réduction de la charge à 8 A.
- (3) Dans l'exemple 3, des contacts de commutation sans potentiel sont émis sans incitation monétaire directe. La réduction de la charge à 8 A ou à 0 A devrait être mise en œuvre de manière obligatoire, mais une recharge ne peut pas être obligatoire.
- (4) Dans l'exemple 4, la réduction de la charge est mise en œuvre en trois étapes.

Circuit	Exemple 1	Exemple 2	Exemple 3	Exemple 4
C1 activé, C2 activé	Tarif 2 ct./kWh	Tarif 2 ct./kWh	Courant de recharge: max 0 A	Courant de recharge: illimité
C1 activé, C2 désactivé	Tarif: 10 ct./kWh	Tarif: 10 ct./kWh	Recharge minimale (p.ex. 6 A)	Courant de recharge: max. 50% mais min. 16 A
C1 désactivé, C2 désactivé	Tarif: 20 ct./kWh	Tarif: 20 ct./kWh	Réduction de la re- charge (p. ex. 50%)	Courant de recharge: max. 25% mais min. 8 A
C1 désactivé, C2 désactivé	Tarif: 100 ct./kWh	Courant de recharge: Max. 8 A	Aucune restriction	Courant de recharge: max 0 A

Tableau 8 Exemples de tarifs dynamiques et d'utilisation de la flexibilité





Vienne, Aarau, Prague, mai 2021

Lignes directrices communes

Les associations

- Oesterreichs E-Wirtschaft (oe), Brahmplatz 3, 1040 Vienne, www.oesterreichsenergie.at
- Association des entreprises électriques suisses (AES)
Hintere Bahnhofstrasse 10, 5000 Aarau, www.electricite.ch
- ČEZ Distribuce, a. s., Vyskočilova 1461/2A, 140 00 Prague, République tchèque,
www.cezdistribuce.cz

conviennent de l'introduction de règles communes concernant les

Exigences relatives au pilotage des bornes de recharge assurant l'électromobilité via un contact de commutation du gestionnaire de réseau (en vigueur à compter du 1^{er} janvier 2022).

dans leurs réglementations nationales.

1 Introduction

Dans les périodes de charge élevée, le développement dynamique de l'électromobilité exige des interventions de réduction de puissance du gestionnaire de réseau de distribution (GRD).

Les exigences suivantes visent à créer une solution standardisée de pilotage des bornes de recharge assurant l'électromobilité (*charging device* ou CD) via un contact de commutation du gestionnaire de réseau.

2 Description du principe de fonctionnement

Le présent document décrit une solution standardisée de pilotage des bornes de recharge assurant l'électromobilité via une ligne de communication filaire menant à une source de signaux du gestionnaire de réseau.

3 Champ d'application

Ces exigences concernent les bornes de recharge AC et DC fixes et mobiles à partir d'une puissance apparente nominale fournie par le réseau de $S_r \geq 3,68$ kVA.

Dans le présent document, les exigences relatives au courant des bornes de recharge AC (p. ex. courant nominal I_n) concernent également, par analogie, la puissance qui en découle (valable également pour les bornes de recharge DC).



4 Circuit de commande et tension d'alimentation

Le pilotage des CD lors du processus de recharge est mis en œuvre via un contact de commutation du gestionnaire de réseau (GRD) avec très basse tension de protection (PELV).

L'interrogation du contact sec S1 du GRD via le circuit de commande filaire s'effectue par via le CD. Pour cela, la transmission du signal doit s'effectuer sur une longueur de câble minimale de 50 m, sans relais de couplage, avec un câble de commande CAT.7 AWG 23 et via une paire de fils. Dans certains cas, en raison de la technologie du système de commande du GRD, le client doit prévoir l'intégration d'un relais de couplage.

L'utilisation d'un câble de commande CAT.7 est justifiée par la compatibilité électromagnétique (CEM) et la préparation de la ligne de communication à une utilisation future éventuelle avec interface réseau.

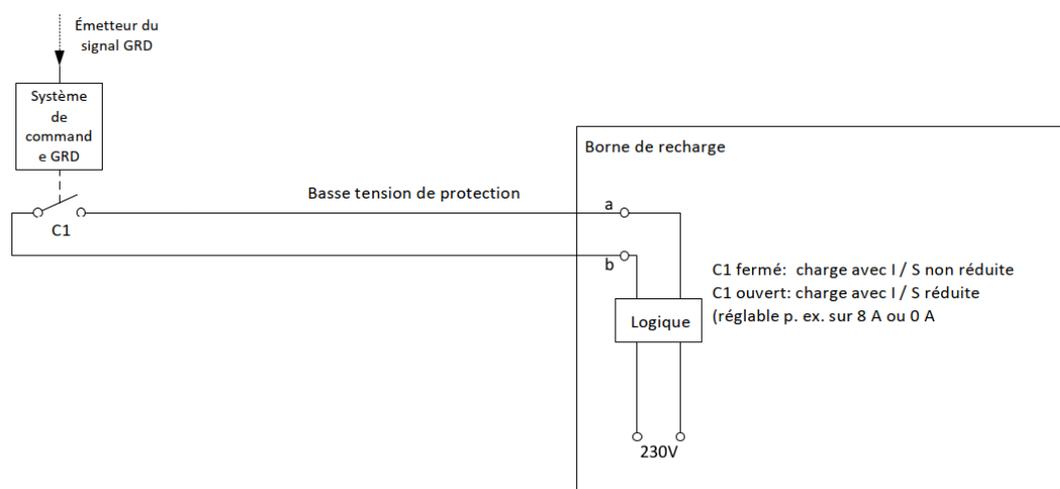


Figure 1 Circuit de commande

5 Influence sur le courant de charge

Via la position du point de commutation de son système de commande, le GRD agit sur le courant de charge absorbé par le CD.

Il doit donc définir un courant de charge réduit I_{red} et un courant de charge maximal (non réduit) I_{unred} .

I_{red} (ou par analogie P_{red}) courant réduit réglé sur le CD (0 A ou ≤ 8 A, p. ex. 6 A)

I_{unred} (ou par analogie P_{unred}) sur le CD – valeur selon accord du GRD – au minimum 8 A et 16 A, y compris pour un CD plus puissant avec $I_r = 32$ A.

Exemple 1	Exemple 2	Exemple 3	Exemple 4
C1 fermé: 16 A	C1 fermé: 16 A	C1 fermé: 8 A	C1 fermé: 32 A
C1 ouvert: 8 A	C1 ouvert: 0 A	C1 ouvert: 0 A	C1 ouvert: 8 A

Tableau 1 Exemples d'influence exercée sur le courant de charge

6 Nombre de contacts de commutation du gestionnaire de réseau

Exigence minimale = un contact. Actuellement, cela est généralement suffisant pour les bornes de recharge. En Suisse, 2 contacts sont exigés dans certains cas. Deux contacts sont recommandés.

Note: compte tenu de certaines exigences actuelles, telles que le système «Vehicle to Grid (V2G)», la présence de plusieurs contacts est déjà nécessaire. Pour ce système de réinjection de l'énergie par le véhicule, dans l'état actuel de la technique, des bornes de recharge DC sont requises. Le système V2G est régi par les réglementations nationales sur les installations de production d'électricité. Le nombre de contacts de commutation est déjà fixé par ces réglementations (jusqu'à 4 contacts sont exigés).

À titre d'alternative, de nombreux gestionnaires de réseau voient dans les solutions à interface numérique (telle que EEBUS) la prochaine étape de développement pertinente.

7 Caractéristiques de temporisation

7.1 Réponse indicielle de la borne de recharge AC avec $I_{red} \geq 6$ A:

Idéalement, montée de $I_{red} \rightarrow I_{unred}$ suivant une rampe linéaire (avec une augmentation par tranches, la plage de tolérance est de $\pm 5\% I_r$ sur la base de la courbe linéaire idéale) avec ΔI de 100% / ΔI min.
 $= I_{unred} - I_{red}$

Baisse de $I_{unred} \rightarrow I_{red}$ également avec ΔI de 100% / min. par analogie

Temps de réaction: rampe activée aussitôt – temporisation max. de 5 s

Signal MLI.....Signal de modulation de largeur d'impulsion entre la borne de recharge et le véhicule électrique

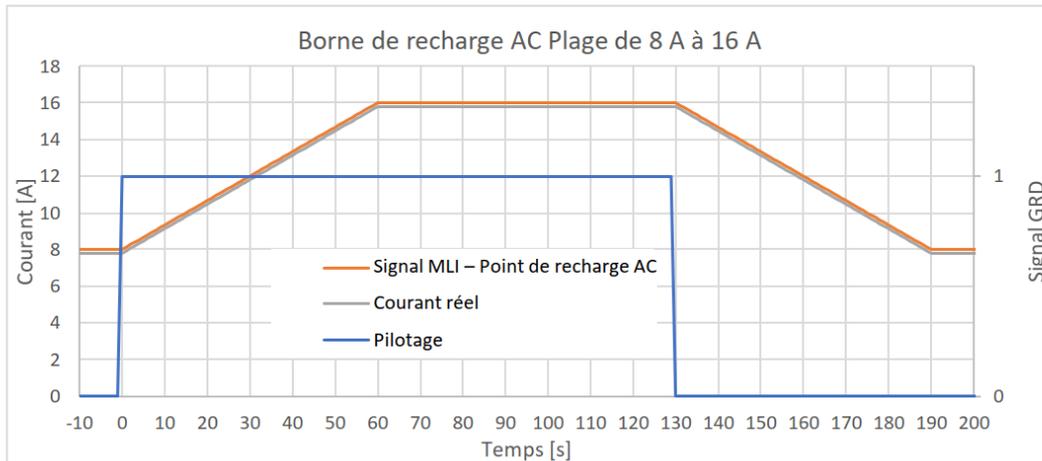


Diagramme 1: Comportement de la borne de recharge AC dans une plage comprise entre 8 A et 16 A

7.2 Réponse indicielle de l'installation de recharge AC avec I_{red} réglé sur 0 A

Baisse de I_{red} \rightarrow I_{unred} : valeur de démarrage de 6 A après 10 s. Une fois la procédure de recharge démarrée (courant de charge > 4 A ou statut C (CP-PE = 880 Ω)) – rampe d'augmentation de courant avec ΔI de 100% / ΔI min. = $I_{unred} - 6$ A sous forme de rampe linéaire (ou par tranches avec tolérance de $\pm 5\%$ I_r par rapport à la courbe linéaire idéale).

Si le véhicule électrique n'a pas démarré la procédure de recharge 300 s après la validation, le CD peut démarrer la procédure hors rampe.

Baisse de I_{unred} \rightarrow I_{red} également avec ΔI de 100% / min. par analogie

Temps de réaction: rampe activée aussitôt – temporisation max. de 5 s

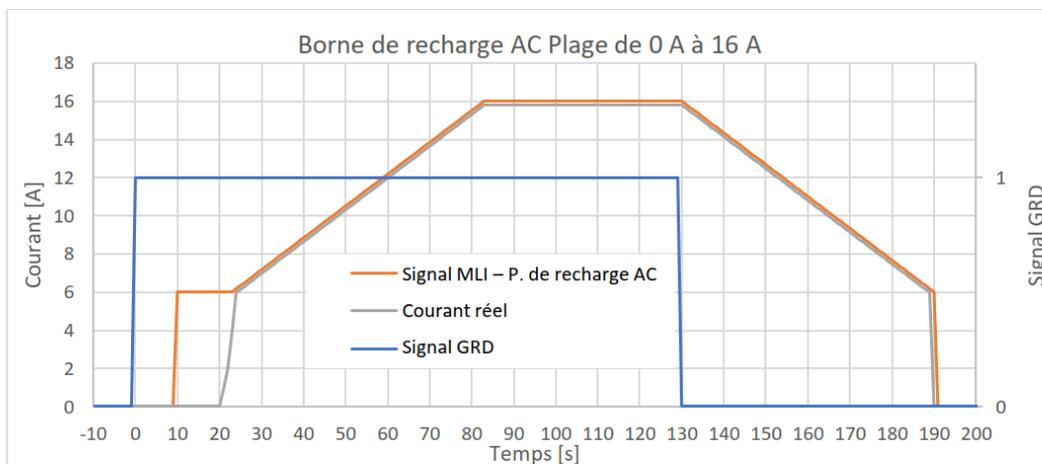


Diagramme 2: Comportement de la borne de recharge AC dans une plage comprise entre 0 A et 16 A

7.3 Plages de tolérance en cas de variations du courant de charge AC

Que ce soit pour l'augmentation comme pour la réduction de la puissance de charge, la plage de tolérance admissible est de $\pm 5\% I_r$ en fonction du courant nominal. L'ajout d'une temporisation de 5 s élargit la plage de tolérance lors de la variation de puissance.

La plage de tolérance se rapporte au signal MLI, pas au courant réel lié au véhicule.

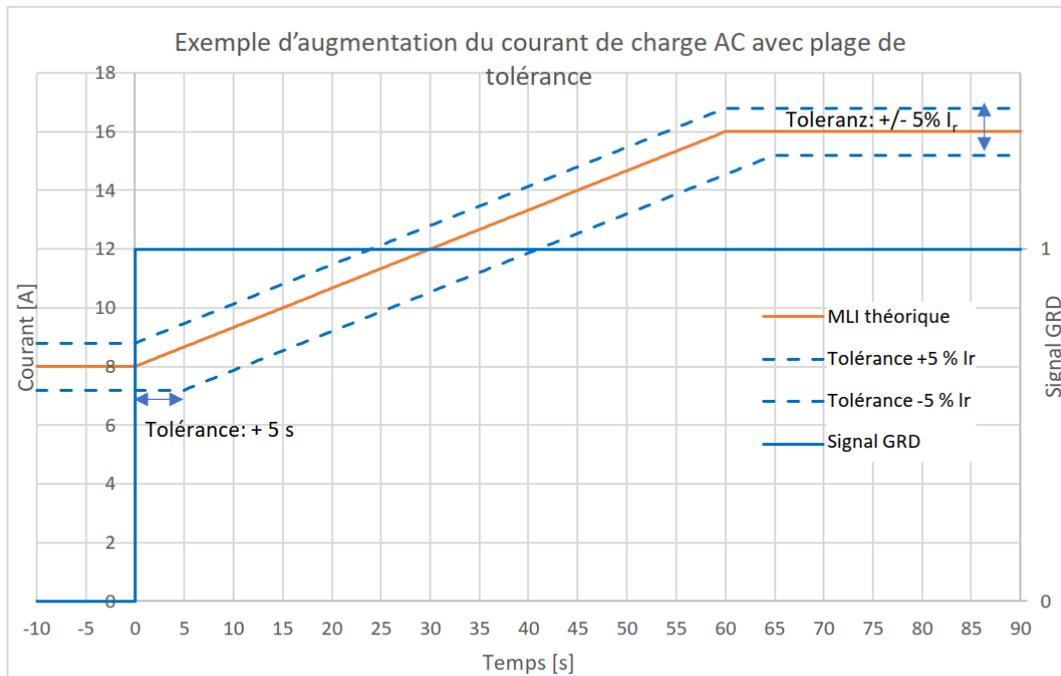


Diagramme 3: Tolérance pour borne de recharge AC (exemple)

7.4 Réponse indicielle de l'installation de recharge AC avec $P_{red} = 0\% P_{unred}$

Montée de $P_{red} \rightarrow P_{unred}$ suivant une rampe linéaire avec une plage de tolérance de $\pm 5\% S_r$ et ΔP de $100\% / \Delta P \text{ min.} = I_{unred} - I_{red}$

Baisse de $P_{unred} \rightarrow P_{red}$ avec ΔP de $100\% / \text{min.}$ par analogie.

Temps de réaction: rampe activée aussitôt – temporisation max. de 5 s

Mesure de puissance côté AC et DC admissible

P_{red} réglable au minimum sur 0% de P_r , 50% de P_r ou en continu

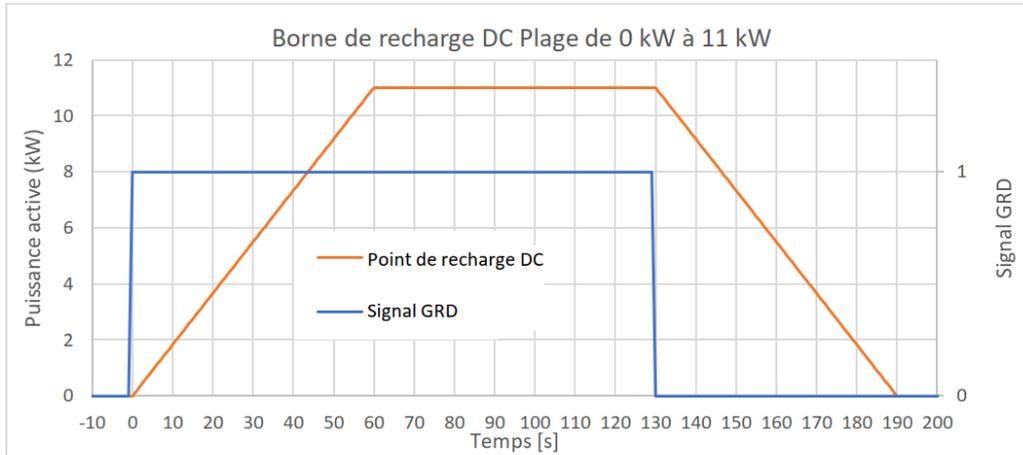


Diagramme 7-1 Comportement de la borne de recharge DC dans une plage comprise entre 0 kW et 11 kW

7.5 Plages de tolérance pour les variations de la puissance de charge DC

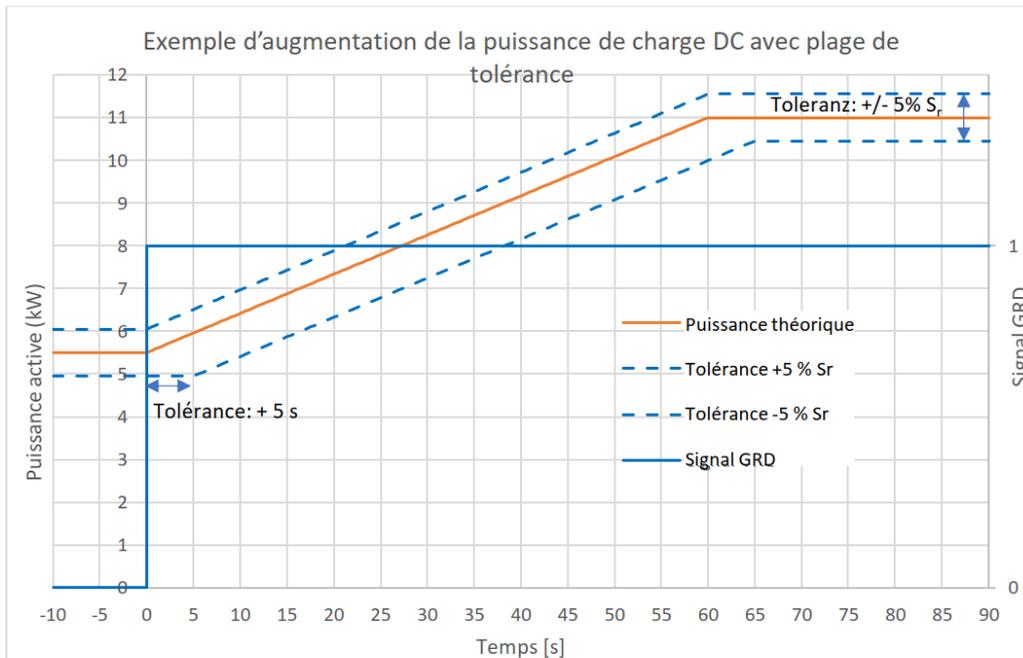


Diagramme 7-2 Tolérance pour borne de recharge DC (exemple)

Que ce soit pour l'augmentation comme pour la réduction de la puissance de charge, la plage de tolérance admissible est de $\pm 5\% S_r$, en fonction de la puissance apparente nominale. L'ajout d'une temporisation de 5 s élargit la plage de tolérance lors de la variation de puissance.

8 Autres exigences

Comme pour les onduleurs photovoltaïques, des fonctions axées sur les besoins du réseau sont introduites pour les bornes de recharge. Les solutions techniques utilisées pour ces équipements photovoltaïques peuvent servir d'exemple pour les CD.

8.1 Affichage de l'état de fonctionnement de la borne de recharge

L'exploitant des CD peut obtenir un affichage d'état clair indiquant si le mode I_{red} / P_{red} est activé. Idéalement, cette indication est fournie par des LED ou directement affichée sur l'écran (pas d'autres fonctions d'aide). Il est préconisé de privilégier un affichage à LED vert pour indiquer le mode de fonctionnement à courant/puissance non réduit(e). À titre d'alternative, une application du fabricant du CD installée sur smartphone peut être utilisée ou une interface avec le système HEMS (Home Energy Management System).

8.2 Exigences de symétrie

La dissymétrie doit faire l'objet d'une surveillance par un détecteur triphasé. En cas de fonctionnement symétrique non triphasé, le courant du ou des conducteur(s) d'alimentation est limité à 16 A.

8.3 Déclenchement par manque de tension (interruption momentanée)

Si tension du CD $u(t) < 0,85 * 230 \text{ V} = 195,5 \text{ V}$ ($t > 3 \text{ s}$) → interruption (momentanée) de la recharge avec hystérésis suivante: $u(t) > 0,9 * 230 \text{ V} = 207 \text{ V}$ ($t > 300 \text{ s} = 5 \text{ min}$). Pendant ce temps de surveillance du réseau, la condition d'enclenchement doit être respectée. À défaut, le comptage du temps reprend au début.

Note: pour certaines installations, une qualité de la tension différente de celle spécifiée par la norme EN 50160 est convenue entre le gestionnaire de réseau et le client (p. ex. sur des portions de réseau de faible activité ou sur des branches du réseau). Par conséquent, il convient de pouvoir paramétrer la tension (de 160 V à 230 V) et le temps (de 0 s à 600 s) en concertation avec le gestionnaire de réseau.

8.4 Rampe de démarrage après interruption de tension (interruption de l'approvisionnement) ou déclenchement par manque de tension

Après le réenclenchement, la montée en puissance s'effectue selon une rampe de démarrage de 10% de P_r / min. linéaire ou par tranches de 10% de P_r , avec une plage de tolérance de $\pm 5\%$ de S_r (sur la base de la rampe de montée en puissance linéaire).

Pour un CD AC avec régulation de courant, la rampe de démarrage est de 10% / min. avec une plage de tolérance de $\pm 5\%$ I_r . Un saut de zéro à une puissance (ou un courant) min. technique est admissible (p. ex. démarrage à 6 A).



8.5 Réglage des paramètres de l'installation de recharge

À la livraison, idéalement, le CD doit être paramétrée sur le réglage standard pour le pays concerné (p. ex. A ou CH ou CZ). À titre d'alternative, le réglage peut être effectué suivant les instructions du fabricant ou en sélectionnant le pays concerné directement sur l'équipement.

Pour l'Autriche, la Suisse et la République tchèque (A-CH-CZ), un réglage national standard avec les paramètres optionnels correspondants est publié par les associations de gestionnaires de réseau.

8.6 Sécurité des manipulations

Les valeurs de réglage prescrites par le GRD ne doivent pas être modifiables via une interface utilisateur (p. ex. via une application installée sur smartphone ou un navigateur Internet). Les modifications par voie logicielle (à réaliser exclusivement par du personnel qualifié) sont possibles uniquement avec une protection par mot de passe appropriée.

Si les réglages sont effectués via des interrupteurs DIP, ces derniers doivent être munis de caches de protection, dont le retrait nécessite l'utilisation d'outils spéciaux (tournevis, p. ex.).

8.7 Documentation des paramètres réglés (aspect organisationnel)

Le technicien qualifié doit être en mesure de consigner les réglages effectués et de les transmettre au GRD sur demande.

8.8 Systèmes de gestion de la charge

Par analogie, ces exigences s'appliquent également aux systèmes de gestion de la charge. Le système de régulation de la charge local doit être en mesure de réduire la charge à une puissance disponible et de la répartir sur plusieurs bornes de recharge.

Les limites de puissance / courant supérieure et inférieure sont convenues en amont avec le gestionnaire de réseau.



Annexe 2 Tarifs d'utilisation du réseau pour l'électromobilité

- (1) Tous les consommateurs finaux dont la consommation annuelle est inférieure à 50 MWh ont droit au tarif d'utilisation du réseau du groupe de clients de base. Le GRD peut toutefois proposer des tarifs au choix aux consommateurs finaux. Des exemples de tarifs au choix sans pilotage sont proposés ci-dessous. Les tarifs variables d'utilisation du réseau, qui communiquent les tarifs avec des signaux directs, figurent à l'annexe 1, section 1.2.
- (2) Pour les exemples, on part du tarif d'utilisation du réseau suivant pour le groupe de clients de base:
 - Haut tarif de 10 ct./kWh,
valable du lundi au vendredi de 8 h à 20 h et le samedi de 8 h à 13 h:
 - Bas tarif de 7 ct./kWh
valable le reste du temps

2.1 Tarif unique

- (1) De nombreuses charges à commande automatique sont programmées pour s'enclencher peu après le changement de tarif. Cela entraîne d'importants pics de charge au début de la période de bas tarif. Pour éviter ces pics de charge, il est possible d'introduire un tarif unique pour l'utilisation du réseau. En outre, les bas tarifs ont également été introduits pour mieux exploiter les centrales produisant de l'énergie en ruiban (centrales nucléaires, centrales au fil de l'eau) pendant la nuit.
 - Tarif d'utilisation du réseau de 8 ct. / kWh tous les jours de 0 h à 24 h

2.2 Tarif avec puissance de soutirage maximale

- (1) Le consommateur final bénéficie d'un bas tarif plus avantageux, à condition de limiter la puissance de soutirage à 5 kW.
 - Tarif d'utilisation du réseau de 7 ct. / kWh tous les jours de 0 h à 24 h
- (2) La puissance de soutirage maximale peut être dépassée, mais coûte 5 CHF par tranche de 24 h durant lesquelles les 7 kW ont été dépassés. Le tarif incite les automobilistes à recharger lentement, mais n'empêche pas une recharge rapide occasionnelle à un coût plus élevé.

2.3 Tarif dynamique en fonction de la puissance de soutirage actuelle

- (1) Le consommateur final obtient un bas tarif plus avantageux si une puissance de soutirage définie de 5 kW n'est pas dépassée dans un intervalle de 15 minutes. Lorsque la puissance de soutirage est plus élevée, le haut tarif correspondant est appliqué.
 - Haut tarif de 15 ct./kWh
valable en cas de puissance de soutirage simultanée supérieure à 8 kW
 - Bas tarif de 5 ct./kWh
valable pour une puissance de soutirage simultanée inférieure ou égale à 8 kW
- (2) Ce tarif requiert un compteur intelligent. Ce tarif incite également les automobilistes à recharger lentement, mais n'empêche pas une recharge rapide occasionnelle à un coût plus élevé.



2.4 Tarif avec périodes et montants tarifaires adaptés

- (1) Le consommateur final bénéficie d'un tarif bas plus avantageux et d'un tarif haut plus élevé qui renforcent les incitations.
 - Haut tarif de 18 ct./kWh
valable du lundi au samedi de 11 h à 14 h et de 16 h 30 à 21 h:
 - Bas tarif de 5 ct./kWh
valable le reste du temps

- (2) Ce tarif pourrait entraîner des pics de puissance élevés à 21 h, si tout le monde démarre la recharge en même temps juste après le changement de tarif.



Annexe 3 Exemples de calcul des répercussions sur le réseau des bornes de recharge / installations de recharge

- (1) Les exemples suivants ont été calculés «à la main». En pratique, on utilise également des logiciels de calcul courants, équipés de modules correspondants.

3.1 Définition des termes

- (1) S_{kv} Puissance de court-circuit au point de couplage commun
- (2) S_A Puissance de raccordement au raccordement domestique (fusible utilisé converti en kVA)
- (3) S_{os} Charge harmonique
- (4) Conseil: si la valeur S_{kv} ne peut pas être déterminée à l'aide d'un logiciel, on peut effectuer une mesure de la puissance de court-circuit sur place (à un point de couplage commun accessible).

3.2 Exemple de calcul pour une borne de recharge AC 11 kVA courante

3.2.1 Indications relatives à la borne de recharge

- (1) Type: borne de recharge AC
- (2) Tension: 3 x 400 V
- (3) Puissance influente (S_r): 11 kVA
- (4) Angle de charge $\cos\varphi$: 20° (si inconnu, prendre l'hypothèse de 0,93, ~22°)

3.2.2 Indications relatives au point de couplage commun

- (1) Courant de raccordement domestique autorisé (fusible du coffret de raccordement): 63 A
- (2) S_{kv} Puissance de court-circuit au point de couplage commun: 5,5 MVA
- (3) Ψ Angle d'impédance du réseau de distribution: 35° (si inconnu, prendre l'hypothèse de 30°)

3.2.3 Variation relative de la tension (d) au point de couplage commun

3.2.3.1 Valeurs limites

- (1) Pour un taux de répétition de $r > 0,01/\text{min}$, la valeur limite $d < 3\%$ s'applique (généralement valable pour les bornes de recharge publiques et semi-publiques)

$$d = \frac{S_r}{S_{kv}} \times \cos(\psi - \varphi)$$

$$d = \frac{11 \text{ kVA}}{5 \cdot 500 \text{ kVA}} \times \cos(35^\circ - 20^\circ)$$



$$d = 0.001932 \times 100 = 0,19\%$$

- (2) La variation relative de la tension d est inférieure à la valeur limite de 3% et répond donc à ce critère de raccordement.

3.2.4 Analyse des harmoniques

3.2.4.1 Évaluation sommaire

- (1) Rapport de puissance

$$\frac{S_{kv}}{S_A} = \frac{5\,500\,000 \text{ VA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V} \times 63 \text{ A}} = 126,01$$

- (2) Dans cet exemple, le rapport est inférieur à 150. Il est donc nécessaire de procéder à une évaluation détaillée.

3.2.5 Composition des générateurs d'harmoniques

- (1) Comme il s'agit dans cet exemple d'une borne de recharge CA, elle doit être classée dans le groupe 2.

$$S_{os} = 0,5 \times S_{Gr1} + S_{Gr2} + 2 \times S_{Gr3}$$

$$S_{os} = 0,5 \times 0 + 11 \text{ kVA} + 2 \times 0 = 11 \text{ kVA}$$

- (2) Évaluation de la part de charge harmonique à l'aide d'un diagramme

$$\frac{S_{os}}{S_A} = \frac{11000 \text{ VA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V} \times 63 \text{ A}} = 0.25$$

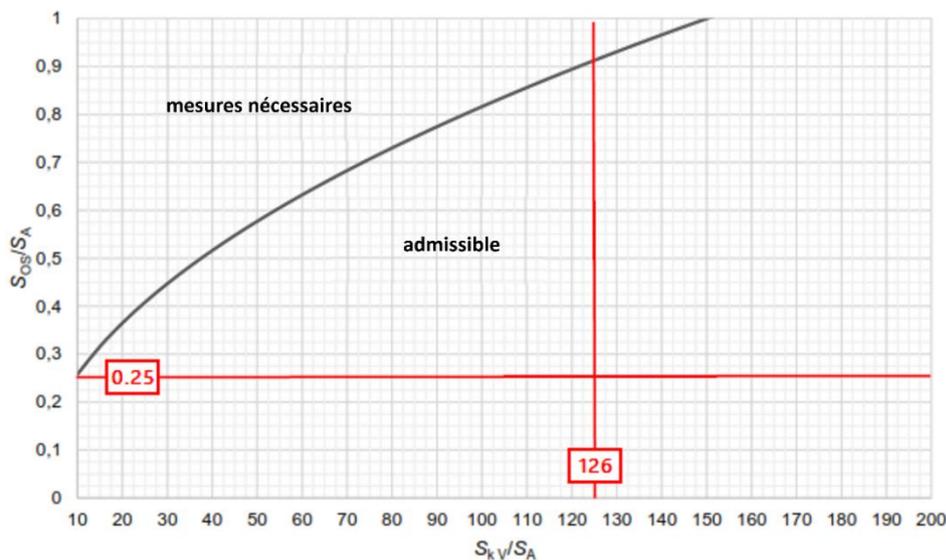


Figure 10 Diagramme d'évaluation des harmoniques admissibles, exemple de calcul 1 (source: D-A-CH-CZ, 3^e édition)



- (3) Dans la mesure où, dans le diagramme, le point d'intersection se trouve en dessous de la courbe, le raccordement de la borne de recharge au point de couplage commun est autorisé sans mesures.

3.3 Exemple de calcul de plusieurs bornes de recharge à un point de couplage commun

3.3.1 Informations sur les bornes de recharge

- (1) Type: borne de recharge AC
- (2) Tension: 3x400
- (3) Puissance: 44 kVA
- (4) Angle de charge $\cos\varphi$: 20° (si inconnu, prendre comme hypothèse $\cos\varphi$ (0.93), $\sim 22^\circ$)

3.3.2 Indications relatives au point de couplage commun

- (1) Courant de raccordement domestique autorisé (fusible du coffret de raccordement): 160 A
- (2) S_{kv} Puissance de court-circuit au point de remise: 2,166 MVA
- (3) Ψ Angle d'impédance: 29° (si inconnu, prendre l'hypothèse de 30°)

3.3.3 Variation relative de la tension (d)

3.3.3.1 Valeurs limites

- (1) Pour un taux de répétition de $r > 0,01/\text{min}$, la valeur limite $d < 3\%$ s'applique (généralement valable pour les bornes de recharge)

$$d = \frac{\Delta S_A}{S_{kv}} \times \cos(\psi - \varphi)$$

$$d = \frac{44 \text{ kVA}}{2166 \text{ kVA}} \times \cos(29^\circ - 20^\circ)$$

$$d = 0.020064 \times 100 = 2.01\%$$

- (2) La variation relative de la tension d est inférieure à la valeur limite de 3% et répond à ce critère de raccordement. Dans cet exemple, on ne tient pas compte d'un éventuel facteur de simultanéité.

3.3.4 Analyse des harmoniques

3.3.4.1 Évaluation sommaire

- (1) Si le rapport de puissance est $\frac{S_{kv}}{S_A} \geq 150$; alors, il n'est pas nécessaire de procéder à une évaluation détaillée et la borne de recharge peut être raccordée.



- (2) Le rapport de puissance $\frac{S_{kv}}{S_A} = \frac{2166000 \text{ VA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V} \times 160 \text{ A}} = 19.54$ est inférieur à 150. Il faut donc effectuer une évaluation détaillée.

3.3.4.2 Composition des générateurs d'harmoniques

- (1) En l'absence de données sur les émissions d'harmoniques, les bornes de recharge sont classées dans le groupe 2. (convertisseurs à six impulsions)

$$S_{os} = 0,5 \times S_{Gr1} + S_{Gr2} + 2 \times S_{Gr3}$$

$$S_{os} = 0,5 \times 0 \text{ kVA} + 44 \text{ kVA} + 2 \times 0 = 44 \text{ kVA}$$

3.3.4.3 Évaluation de la part de charge harmonique à l'aide d'un diagramme

$$\frac{S_{os}}{S_A} = \frac{44'000 \text{ VA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V} \times 160 \text{ A}} = 0.4$$

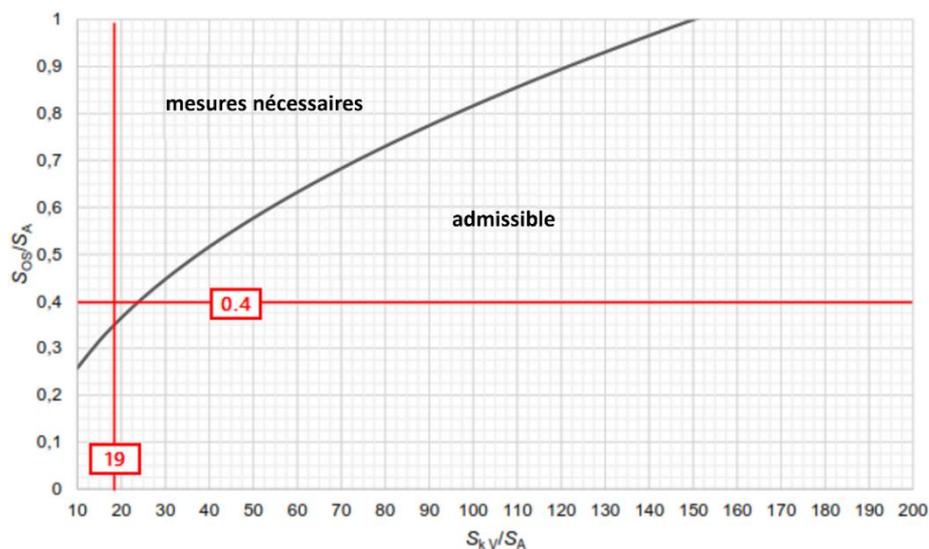


Figure 11 Diagramme d'évaluation des harmoniques admissibles, exemple de calcul 2 (source: D-A-CH-CZ, 3^e édition)

- (1) Dans la mesure où le point d'intersection du diagramme se trouve au-dessus de la courbe, le raccordement de la borne de recharge est couplé à d'autres mesures.
- (2) Mesures envisageables
- Limitation de la puissance de recharge maximale possible
 - Augmentation de la puissance de court-circuit S_{kv}

3.3.4.4 Calcul de la puissance de recharge maximale possible

- (1) Prendre l'intersection de S_{kv}/S_A et de la courbe et lire la nouvelle valeur du rapport S_{os}/S_A



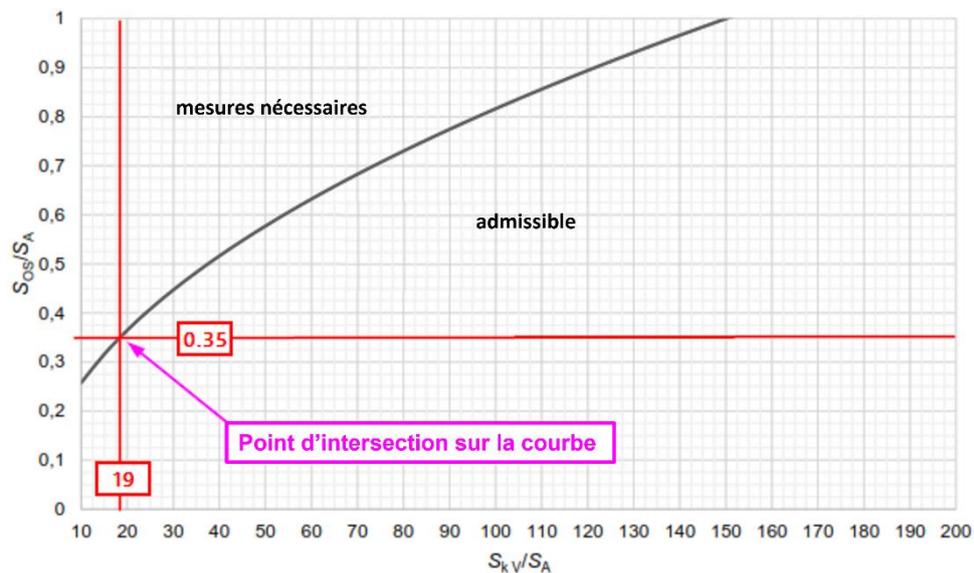


Figure 12 Diagramme d'évaluation des harmoniques admissibles, exemple de calcul 3 (source: D-A-CH-CZ, 3^e édition)

$$\frac{S_{OS}}{S_A} = 0.35$$

$$s_{os} = 0.35 \times \sqrt{3} \times 400 \text{ V} \times 160 \text{ A} = 38\,798 \text{ VA}$$

- (2) On peut admettre une puissance de recharge maximale autorisée d'environ 39 kVA.



Annexe 4 Exemple de demande de raccordement

- (1) On note les données de puissance de la borne de recharge sur la fiche technique (dans l'exemple, 22 kW / 3 x 32 A). La puissance de soutirage effective (fixée à 9 kW dans l'exemple) peut toutefois être inférieure, par exemple pour limiter une augmentation de la puissance de raccordement ou pour ne pas trop solliciter le réseau. Pour évaluer les répercussions sur le réseau et la puissance de soutirage souscrite, la valeur indiquée dans le champ «Puissance de soutirage max.» est déterminante.
- (2) Si l'installation de recharge dispose d'une gestion de la charge avec surveillance du raccordement au réseau, on peut alors fixer une *puissance maximale de soutirage*. Mais cela permet d'augmenter la puissance soutirée de l'installation de recharge si, par exemple, une IPE produit de l'énergie pendant le processus de recharge en aval de la même connexion au réseau. (Dans l'exemple: 9 kW de soutirage au réseau et 13 kW de puissance IPE = 22 kW de puissance de recharge pour l'installation de recharge.)
- (3) Un schéma de principe doit être soumis pour prouver la mise en œuvre de la réduction de la charge.

Stations de charge pour véhicules électriques			
<input checked="" type="checkbox"/> Nouvelle <input type="checkbox"/> Modification/extension			
Type d'appareil/installation	AC borne de recharge	Fabricant de l'appareil	Etrel
Type d'exploitation	<input type="checkbox"/> Charge câble <input type="checkbox"/> Charge induction	Type d'appareil	INCH
Données de l'appareil côté AC			
Raccordement	<input checked="" type="checkbox"/> 3x400V <input type="checkbox"/> 1x230V	Courant nominal de l'appareil	_____ A
		Nombre d'appareils	_____ Pièces
		Puissance nominale de l'appareil	22 kVA
		Puissance nominale totale	22 kVA
		Puissance maximale totale	22 kVA
		cos Φ en exploitation	_____
Spécifications			
	<input checked="" type="checkbox"/> Chargement AC du véhicule	<input type="checkbox"/> Chargement DC du véhicule	
Puissance max. prélevée sur le réseau	9	kVA	
Puissance d'alimentation réseau max.	0	kVA	
Puissance réglable par le GRD	0	kVA à	9 kVA
Puissance réglable par l'exploitant	0	kVA à	9 kVA
Puissance active modulable	<input type="checkbox"/> Non <input checked="" type="checkbox"/> Oui		
Interface disponible de la colonne de charge au GRD	<input type="checkbox"/> Non <input checked="" type="checkbox"/> Oui		
Autres données générales			
Remarques du demandeur			
La borne de recharge est limitée à une puissance de soutirage depuis le réseau de 9 kVA max.			
Le GRD a la possibilité de bloquer le système à l'aide de la commande de la borne de recharge si une situation d'urgence exige une réduction de la charge.			
Schéma de principe monophasé en PJ			
Signature du demandeur			
Date	Signature		

Figure 13 Exemple de demande de raccordement



Annexe 5 Documentation de base

- (1) **Prescriptions des distributeurs d'électricité CH (PDIE-CH)**
Conditions techniques de raccordement (CTR) des GRD pour le raccordement de récepteurs d'énergie, d'installations de production ou de stockage d'énergie électrique, raccordés au réseau de distribution basse tension en Suisse.
- (2) **Règles techniques pour l'évaluation des répercussions sur le réseau (D-A-CH-CZ, 3^e édition)**
Règles techniques relatives aux répercussions admissibles du réseau par les bénéficiaires d'un raccordement au réseau de distribution ainsi qu'à la mesure et à l'évaluation de ces répercussions.
- (3) **Modèle d'utilisation des réseaux suisses de distribution (MURD-CH)**
Exposition des règles de l'organisation transparente et non discriminatoire de l'utilisation des réseaux de distribution suisses.
- (4) **Raccordement au réseau (pour tous les bénéficiaires d'un raccordement au réseau de distribution) (NA/RR-CH)**
Recommandations pour le raccordement des consommateurs finaux, des GRD et des unités de production au réseau de distribution.
- (5) **Manuel Dispositif de stockage de l'électricité (MDSE-CH)**
Description du raccordement et des modes d'exploitation possibles des dispositifs de stockage aux niveaux de réseau 3 à 7, avec les règles correspondantes pour les concepts de mesure, les calculs des données pertinentes pour la facturation et l'établissement des garanties d'origine.
- (6) **Norme technique sur les installations à basse tension (NIBT, également dénommée SN 411000 ou SEV 1000)**
La norme technique pour les installations à basse tension SN 411000 (NIBT) est la norme la plus importante pour la branche de l'installation électrique en Suisse. Elle comporte des dispositions techniques de sécurité pour l'installation et, dans la mesure où ce point est traité, l'exploitation d'installations électriques.
- (7) **Cahier technique SIA 2060: Infrastructure pour véhicules électriques dans les bâtiments**
Le cahier technique SIA établit une sécurité de planification dans le domaine de la mobilité électrique pour les architectes et les maîtres d'ouvrage. Il décrit l'équipement nécessaire dans le bâtiment pour l'électromobilité, tel que les conduites, le câblage ou les réserves de place.

