

# Comprendre les options de recharge pour les véhicules électriques lourds.



L'une des principales questions que se posent tous les opérateurs désireux de passer aux véhicules électriques (VÉ) est de savoir quelles sont les options de recharge disponibles sur le marché.

Ils s'interrogent également sur la terminologie, et se demandent surtout quelle solution conviendrait le mieux à l'usage particulier qu'ils font de leurs véhicules.

Avec tous ces termes relativement nouveaux décrivant la recharge rapide en courant alternatif et en courant continu, la puissance nominale en kilowatts (kW) et la tension, pour n'en citer que quelques-uns, il y a de quoi être un peu déboussolé. En fait, même ceux qui connaissent déjà les principes de fonctionnement des véhicules grand public ne sont souvent pas à même de juger de l'énergie stockée dans un VÉ. Ces concepts sont en effet un peu plus complexes que le bon vieil indice d'octane!

Cependant, la courbe d'apprentissage n'est pas aussi abrupte qu'il n'y paraît de prime abord. La bonne nouvelle, c'est que, contrairement aux véhicules traditionnels dotés d'un moteur à combustion interne (MCI), les VÉ offrent un large éventail de possibilités pour fournir de l'énergie motrice. De fait, il existe de nombreuses options de recharge disponibles pour l'électrification des parcs, si bien qu'il est souvent difficile de se retrouver dans toute la gamme de solutions. Il existe en outre certaines écoles de pensée au sein de l'industrie où les philosophies s'affrontent. Disons toutefois que

pour résumer, votre infrastructure doit correspondre aux besoins de votre parc si vous voulez tirer le maximum d'avantages de l'électrification.

Le présent article aborde les différentes options de recharge déjà disponibles ou qui font actuellement l'objet de travaux de recherche et de développement, ce qui pourrait en faire des solutions viables à l'avenir. Nous présentons chacune de ces options avec ses avantages et ses inconvénients. Il est en effet important de comprendre les capacités conférées par chacune et, dans certains cas, le contexte dans lequel l'option a été introduite. Un tableau récapitulatif final vous permettra de toutes les comparer et de trouver celle qui vous conviendra le mieux. Vous disposerez ainsi des connaissances nécessaires pour poser les bonnes questions au fabricant, au fournisseur ou au partenaire de recharge de votre organisation. Mentionnons au passage que certains fabricants peuvent fournir tous les services dont vous aurez besoin pour votre parc électrique, ce qui mérite d'être pris en considération lors du choix d'un modèle de véhicule.



# Table des **matières**

02	Introduction
03	Table des matières
04	<b>Branchement direct</b>
05	Chargeur CA de niveau 2
06	Chargeur CC de niveau 3
07	<b>Échange de batteries</b>
09	<b>Système de recharge à la demande</b>
11	<b>Recharge par induction</b>
12	<b>Comparaison des différentes options de recharge</b>
13	<b>Comprendre le temps de recharge</b>
15	En résumé

# Branchement direct

**O**n parle de **branchement direct** lorsque l'électricité est acheminée du chargeur au véhicule par un câble. Le véhicule est donc connecté au chargeur. Dans ce contexte, le temps de recharge peut varier en fonction de plusieurs critères, les plus importants étant la capacité de la batterie et la puissance du chargeur, exprimée en kilowatts (kW). On comprendra bien entendu que le véhicule doit revenir à la borne de recharge pour réalimenter la batterie en électricité. Le chargeur sera donc installé au dépôt où réside le véhicule (comme dans la plupart des parcs privés), dans un centre de recharge spécialisé, ou dans un terminal public.

Il existe trois niveaux de chargeurs, désignés simplement par niveau 1, 2 et 3. Le niveau 1 prévoit le branchement sur une prise murale standard de 120 volts. Ce n'est pas une option pour les véhicules lourds en raison de la taille énorme des batteries, mais il s'agit d'une solution couramment adoptée pour la recharge des VÉ à domicile. Nous nous concentrerons donc sur le niveau 2 – qui utilise le courant alternatif (CA) – et le niveau 3 – qui utilise le courant continu (CC). Il s'agit là de deux technologies distinctes. Les différences les plus importantes entre les deux pour l'opérateur de parc automobile touchent la vitesse de recharge potentielle et le prix de l'infrastructure de recharge.



## Chargeur CA de niveau 2



Figure 1. Borne de recharge domestique standard de niveau 2

**U**n système de recharge de niveau 2 consiste en une borne de recharge de taille réduite qui fournit de l'énergie, sous forme de courant alternatif, à un chargeur interne installé à bord du véhicule. Ceci s'explique par le fait que les batteries ne peuvent se charger et stocker de l'énergie que sous forme de courant continu. Le chargeur embarqué doit donc convertir le courant alternatif en courant continu, la seule forme que la batterie peut accepter. Une borne de recharge de niveau 2 est économique (elle revient généralement à moins de 5 000 \$), mais le véhicule doit être équipé d'un chargeur interne, ce qui aura une incidence sur le prix d'achat du véhicule. L'installation est relativement aisée, car de nombreuses bornes de niveau 2 peuvent être branchées sur une prise de

208/240 volts, semblable à celle d'une sècheuse. Cependant, les bornes de recharge de niveau 2 à puissance plus élevée, généralement associées aux parcs de véhicules lourds, sont habituellement branchées directement dans un panneau.

Ce système de recharge est également moins puissant que le niveau 3, la puissance maximale disponible étant d'environ 20 kW à l'heure actuelle. Un système de niveau 2 se révélera donc utile pour les véhicules dont les batteries sont plus petites et qui disposent d'une période de recharge assez longue, comme les véhicules stationnés pendant la nuit (voir le guide sur le temps de recharge plus loin dans cet article).

### Avantages

du niveau 2 (CA) :

-  **FAIBLE** prix d'acquisition de la borne de recharge.
-  Généralement **FACILE** à installer.
-  **LARGE** disponibilité dans les terminaux publics.

### Inconvénients

du niveau 2 (CA) :

-  Recharge **PLUS LENTE**.
-  Peut avoir une **INCIDENCE** sur le prix du véhicule.

## Chargeur CC de niveau 3

**C**omme pour la recharge en courant alternatif, la recharge en courant continu nécessite que le camion soit branché à une borne de recharge.

La principale différence, c'est que la conversion du CA au CC – le type de courant utilisé par la batterie – s'effectue à l'intérieur de la borne de recharge, et qu'il n'y a donc pas de chargeur embarqué (ou convertisseur) installé à bord du véhicule. Voilà qui permet généralement d'économiser quelques milliers de dollars sur le coût du véhicule et d'alléger légèrement le poids de celui-ci. La recharge en courant continu est communément appelée recharge rapide, notamment dans le contexte des réseaux publics de recharge.



Figure 1. Borne de recharge de niveau 3

La recharge en courant continu est généralement plus rapide en raison de la puissance plus grande du courant, mais il existe une vaste gamme de puissances de charge disponibles en courant continu, allant d'un peu plus de 20 kW à plusieurs centaines de kilowatts. Il est donc possible de charger les batteries du véhicule en un temps très court pour qu'il reprenne la route rapidement. Cependant, plus un chargeur est puissant, plus il sera exigeant pour les installations électriques. Il est donc conseillé de contacter des experts pour bien comprendre les structures tarifaires et les primes de puissance.

Il convient de mentionner que, dans un contexte de charge rapide en CC, la vitesse n'est pas illimitée, et ce, pour plusieurs raisons. Si vous envisagez d'acquiescer un véhicule électrique lourd et un chargeur, vous devez absolument vérifier auprès du fabricant quelle est la puissance de charge maximale que le véhicule peut accepter en toute sécurité. En effet, les fabricants imposent des limites différentes en fonction de différents facteurs, mais qui visent toutes à ne pas trop solliciter la batterie, car la recharge a le potentiel de générer beaucoup de chaleur. Il est

par conséquent inutile de s'équiper d'un chargeur très puissant (et plus coûteux) si le véhicule ne peut recevoir la puissance maximale fournie par le chargeur. Dans un tel cas, le véhicule n'acceptera que sa puissance de charge maximale. Par exemple, un chargeur de 150 kW relié à un véhicule qui ne peut accepter que 100 kW se chargera à 100 kW – et pas au-delà.

Il pourrait tout de même être judicieux de se procurer un chargeur plus puissant en prévision des modèles de véhicules du futur, dont les limites de puissance de charge seront plus élevées. Sachez en outre que certains modèles de bornes de recharge sont équipés de deux prises de branchement. Ainsi, lorsque deux véhicules sont branchés, le chargeur fournit 50 % de sa capacité à chaque véhicule, mais lorsqu'un seul véhicule est branché, il reçoit 100 % de la puissance. Il s'agit d'une solution judicieuse qui pourra servir à deux véhicules dès le premier jour, et à un véhicule plus puissant à l'avenir. Vous devriez en discuter avec votre fournisseur de chargeurs et votre équipementier.

### Avantages

de la recharge continu :

-  **VITESSE** de recharge.
-  Solution potentielle pour les itinéraires exigeant **des délais de maintenance ACCÉLÉRÉS.**
-  **MOINS coûteuse** et véhicule plus léger.

### Inconvénients

de la recharge continu :

-  Demande d'énergie **plus ÉLEVÉE** pour les installations électriques.
-  Prix d'achat généralement **plus ÉLEVÉ** que pour les chargeurs utilisant le courant alternatif.
-  **Coûts d'électricité potentiellement plus ÉLEVÉS**, en fonction du fournisseur de service public et du niveau de puissance du chargeur.

# Échange de batteries

L'échange de batteries consiste à remplacer une batterie déchargée par une batterie entièrement pleine. Le concept est simple : il s'agit d'une opération de substitution rapide permettant au véhicule de reprendre immédiatement la route. Voilà qui semble facile et commode à première vue.



## Mais en réalité, l'échange de batteries **est plutôt compliqué**, tant sur le plan technique qu'opérationnel.

En effet, une batterie de véhicule lourd pèse plusieurs centaines de kilogrammes et, en général, un véhicule lourd en possède au moins deux, souvent plus. Des équipements de manutention spécialisés sont donc nécessaires pour remplacer les batteries, bien que des solutions robotiques soient présentement en cours d'essai. En outre, la plupart des batteries modernes sont refroidies par un liquide ou un gaz. Il faut donc non seulement débrancher la connexion électrique des batteries, mais aussi les tuyaux qui transportent le refroidisseur – et remplacer toute quantité perdue au cours du processus. En outre, on doit tenir compte de la taille des compresseurs / des échangeurs de chaleur / des ventilateurs qui entourent ce type de batterie. Voilà qui aide à comprendre les problèmes techniques associés à l'échange de batteries, aussi pratique que la méthode puisse sembler de prime abord. Si certains fournisseurs se penchent sur ces différents problèmes, il n'en demeure pas moins qu'une technologie modulaire – permettant un échange aisé des batteries – reste à être mise au point, perfectionnée, et standardisée.

Il convient également de considérer le défi opérationnel ou logistique lié à l'échange de batteries. Les centres d'échange devront être situés le long d'autoroutes très fréquentées afin de faciliter les parcours longues distances. Toutefois, comme c'est le cas pour une station-service, le camionneur devra quitter l'autoroute et se rendre au

centre d'échange de batteries. La tâche devra être effectuée rapidement afin de ne pas interrompre de manière indue le temps de conduite. Pour être efficace, un tel centre doit aussi être en mesure de recharger rapidement les batteries. Or, il faut savoir qu'avec la technologie actuelle, le chauffeur devra se soumettre à ce type d'arrêt à tous les 400 km ou 250 milles, ce qui se traduit dans les faits par moins de temps sur la route par quart de travail. On comprendra alors que de nombreux camionneurs seront réticents à adopter ce type d'itinéraire, ce qui risque de compromettre les chances d'électrifier l'itinéraire. Pour un opérateur qui n'utilise qu'un seul modèle de véhicule et qui échange ses propres batteries, l'approche serait plus réalisable, mais entraînerait quand même une part de complications et de compromis.

La recharge ultrarapide représente la solution la plus réaliste pour le camionnage électrique sur de longues distances. À l'heure actuelle, le temps nécessaire pour faire le plein de diesel représente toujours la norme de référence à laquelle les camionneurs s'attendent et dont ils tiennent compte lorsqu'ils planifient leur temps au volant. L'objectif est donc de se rapprocher le plus possible de cet intervalle. Les experts s'accordent à dire que les longs trajets électrifiés seront possibles dans un avenir proche, dès que les capacités des chargeurs et des camions permettront des temps de recharge de 30 minutes ou moins.



Figure 3. Centre de test robotisé pour l'échange de batteries



# Système de recharge à la demande

**L**a recharge à la demande («par le toit») consiste à recharger les batteries par petites doses, plusieurs fois le long du trajet. Cette technologie a été élaborée en Europe lorsqu'on a commencé à électrifier les véhicules lourds, les batteries ayant alors une faible capacité. Pour parcourir une certaine distance, la recharge devait être fréquente; la solution qu'on a trouvée était donc de recharger les véhicules à chaque arrêt grâce à un mécanisme de recharge par le toit. Appliquée aux autobus, cette technologie offre une certaine cohérence puisque les véhicules parcourent le même trajet et doivent s'arrêter souvent sur leur parcours.



Cependant, chaque borne de recharge par le toit se révèle très coûteuse, car elle doit fournir une grande quantité d'énergie au véhicule en un temps très court. En outre, l'empreinte physique occupée par chaque chargeur représente également un problème important dans les villes où l'espace est très convoité. L'avantage de cette technologie réside principalement dans le fait qu'elle nécessite des batteries plus petites (qui tendent à coûter moins cher), d'où un véhicule moins encombrant et moins lourd.

## Caténaire ou route électrique :

En poussant le concept plus loin, on obtiendrait un système où le véhicule serait constamment branché au réseau électrique. C'est ce que les caténaires offrent comme solution. Les caténaires évoquent les premiers tramways sur rail qui circulaient dans les rues de nombreuses villes, mais elles sont également utilisées pour les véhicules lourds – le plus souvent des bus. Les villes de Vancouver et de San Francisco, par exemple, disposent de réseaux sophistiqués de bus électriques alimentés par des caténaires. Le parcours des véhicules est toutefois limité, car ceux-ci ne disposent que de très peu d'autonomie sans leur raccordement au réseau.

Des études sont actuellement en cours en Europe pour explorer la faisabilité de ce type de liaison pour les camions transportant des marchandises. Cependant, le volume de véhicules sur les tronçons routiers doit être très élevé pour justifier l'installation d'une caténaire. De tels systèmes sont en effet dispendieux : une étude britannique a estimé le coût de construction à environ 1,5 million de dollars US par km (soit plus de 2 millions de dollars US par mille). Outre le pantographe – la pièce fixée au véhicule requise pour atteindre la ligne électrique – les véhicules doivent également être équipés à

la fois d'un moteur électrique et d'une batterie (certes petite par rapport à un VÉ) pour se rendre du terminal à la route électrifiée. La masse à vide des camions est donc assez similaire à celle d'un camion à batterie et le prix des véhicules n'est, au mieux, que légèrement plus bas.

Les caténaires imposent également de nombreuses contraintes logistiques aux véhicules. Bien

sûr, il leur est quasiment impossible de dépasser un véhicule plus lent. De plus, les défaillances des véhicules, l'intégrité de l'infrastructure et l'alimentation en énergie sur un tel réseau sont autant de facteurs susceptibles de provoquer des pannes. Certains continuent toutefois de plaider en faveur de ce type d'infrastructure, mais les limitations restent importantes en ce qui concerne le camionnage.



Figure 4. Autobus avec caténaire Source photo: Flickr "VBSG - Hess lighTram 25 DC" par Kecko

# Recharge par induction

La recharge par induction permet de recharger la batterie sans branchement direct, voire sans contact physique. Certains téléphones intelligents et certaines montres utilisent dès à présent cette technologie, mais il faut se rappeler que leurs batteries et leurs besoins en énergie sont très réduits. La recharge par induction confère un élément de commodité très intéressant, car le conducteur n'a qu'à amener son véhicule à la source d'énergie pour que la recharge commence immédiatement.

On peut ainsi convertir une place de stationnement ou un garage en poste de recharge, sans qu'il soit nécessaire de prévoir un branchement. Pour les parcs de véhicules, cela représente une étape du processus en moins et un avantage non négligeable, puisqu'oublier de brancher un camion électrique peut avoir un impact majeur sur les opérations. Plusieurs études sont en cours dans ce domaine, mais pour l'instant, la puissance transmissible en toute sécurité grâce à la technologie d'induction reste relativement faible, ce qui limite son utilisation dans le monde des véhicules lourds.

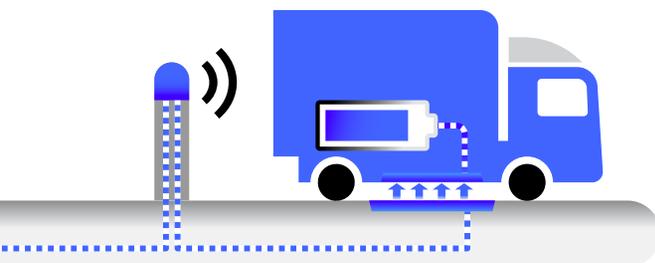


Figure 5. Espace de stationnement avec recharge par induction



# Comparaison des différentes options de recharges



	Vitesse de charge	Coût	Impact sur la logistique
Chargeur AC		\$	
Chargeur CC		\$\$	
Remplacement de la batterie		\$\$\$	
Recharge à la demande (par le toit)		\$\$\$	
Caténaire / route électrique		\$\$\$\$\$	
Induction		\$\$\$	

# Comprendre le temps de recharge

**L**e temps de recharge varie considérablement en fonction principalement du type de chargeur utilisé, de la capacité de la batterie, des protections installées pour protéger l'intégrité de l'équipement (limite de puissance de charge du véhicule) et de la température extérieure. N'oubliez pas qu'une recharge à haute puissance peut générer une grande quantité de chaleur, ce qui peut endommager la batterie.



Pour estimer le temps de recharge, on peut utiliser la règle empirique suivante :

**Capacité de la batterie en kWh / Puissance du chargeur en kW = Temps de recharge.**

Une batterie ayant une capacité de 100 kWh pourra donc être rechargée en 5 heures environ à l'aide d'un chargeur de 20 kW.

## Courbe de recharge

Les fabricants font souvent état d'un temps de charge correspondant à 80 % de la capacité de la batterie. Par exemple, ils mentionneront qu'une batterie peut être chargée à 80 % en 2 heures. La raison en est que la première phase de la recharge est toujours plus rapide que les derniers 20 %. C'est un peu comme lorsqu'on remplit un verre d'eau à ras bord : on commence par ouvrir le robinet à fond, puis on réduit le débit à un filet d'eau pour terminer. Dans le cas d'une batterie, cette façon de faire vise à la protéger d'éventuels dommages.

C'est le système interne de la batterie, également appelé système de gestion de batterie, qui protège l'équipement contre la surchauffe. Voir la figure 1.

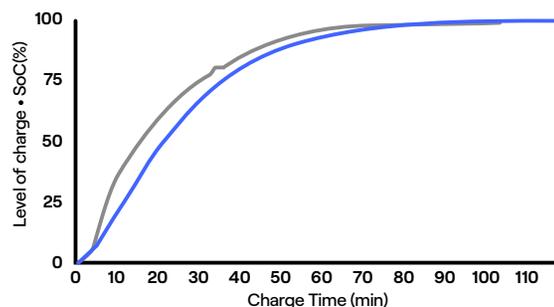


Figure 1. Courbe de refroidissement typique

## Impact de la puissance du chargeur

Si l'on reprend l'analogie du verre d'eau, de simples calculs mathématiques pourraient nous amener à penser qu'en utilisant une lance à incendie pour remplir le verre, celui-ci pourrait devenir comble en quelques fractions de seconde. En réalité, la majeure partie de l'eau ne fera que gicler, en raison de la pression élevée, ou le verre pourrait même se briser. Nous pouvons établir le même parallèle avec un chargeur trop puissant pour la capacité d'une batterie.

Recharger une batterie avec un chargeur trop puissant, c'est comme si une station-service annonçait soudainement qu'elle propose un service de plein de diesel à un débit de 500 gallons par minute. Nul doute que la rapidité serait au rendez-vous, mais essayez donc de faire entrer le carburant à un tel rythme dans les réservoirs du véhicule...

Imaginez qu'un chauffeur désireux d'optimiser son temps pour mieux servir ses clients se présente à la pompe. Le chauffeur attrape le tuyau et l'insère dans le réservoir (espérons qu'il le tienne

fermement des deux mains!) et commence à faire le plein. Le débit génère un véritable tsunami dans le réservoir, les turbulences internes font que le carburant éclabousse partout, il en sort même par l'orifice du réservoir. Rapidement, celui-ci commence à déborder. Satisfait, le conducteur remet la pompe en place et monte dans son camion. Il constate alors que non seulement le réservoir n'est pas plein, mais aussi que presque aucun carburant ne s'est transféré dans le réservoir du côté opposé!

C'est exactement ce qui se passe en cas de surcharge des batteries, et c'est la raison justifiant qu'un système de gestion soit en place pour en assurer la protection. Même si le chargeur peut fournir 250 kW, si une batterie de 500 kWh ne peut supporter qu'un flux de 100 kW, le mécanisme de protection s'enclenchera, et il ne faudra pas 2 heures pour charger la batterie, mais bien 5.

# En résumé

Quand on parle de recharge des véhicules lourds, l'aspect le plus important consiste à savoir quelle solution disponible aujourd'hui répondra à vos besoins. Si les temps de maintenance sont courts entre les trajets, la recharge en courant continu est la solution qui s'impose d'emblée, tandis que pour les véhicules garés pendant la nuit, la recharge en courant alternatif peut être suffisante.

Il existe d'autres options intéressantes qui pourraient devenir viables à l'avenir et certaines pourraient s'avérer bien adaptées à des créneaux précis. En travaillant avec un fabricant de véhicules en mesure d'évaluer les besoins de votre parc et de vous aider à mettre en œuvre les technologies de recharge appropriées, vous vous assurez que l'infrastructure est adaptée à vos besoins.



**Vous êtes intéressé à faire le saut vers l'électrique ?**

Découvrez-en davantage sur nos véhicules et services au [www.thelionelectric.com/fr](http://www.thelionelectric.com/fr),  
ou envoyez-nous un courriel à [info@thelionelectric.com](mailto:info@thelionelectric.com)!



[thelionelectric.com](http://thelionelectric.com)