



Les véhicules électriques sont rechargés en branchant le véhicule sur une source d'alimentation électrique. Photo reproduite avec l'aimable autorisation de Forth.

Les Fondamentaux des Véhicules Électriques

Les véhicules électriques (VE) utilisent l'électricité comme source d'énergie principale ou pour améliorer l'efficacité des véhicules conventionnels. Les VE comprennent les véhicules entièrement électriques, également appelés véhicules électriques à batterie (VEB), et les véhicules électriques hybrides rechargeables (VEHR). Dans le langage courant, ces véhicules sont appelés voitures électriques, ou simplement VE, même si certains d'entre eux utilisent toujours des carburants liquides en plus de l'électricité. Les VE sont connus pour fournir un couple instantané et une expérience de conduite silencieuse.

D'autres types de véhicules à entraînement électrique non couverts ici incluent les véhicules hybrides électriques, qui sont alimentés par un moteur conventionnel et un moteur électrique utilisant l'énergie stockée dans une batterie, qui est chargée par le freinage régénératif, sans nécessiter de branchement. Il y a aussi les véhicules électriques à pile à combustible, qui utilisent un système de propulsion similaire à celui des véhicules électriques, où l'énergie stockée sous forme d'hydrogène est convertie en électricité par la pile à combustible.

Véhicules Entièrement Électriques

Les véhicules 100% électriques n'ont pas de moteurs conventionnels, mais sont exclusivement propulsés par un ou plusieurs moteurs électriques, alimentés par l'énergie stockée dans des batteries. Les batteries sont rechargées en branchant le véhicule à une source d'alimentation électrique et peuvent également être rechargées grâce au freinage régénératif. Les véhicules électriques entièrement électriques ne produisent aucune émission de gaz d'échappement, bien que des émissions du « cycle de vie » soient associées à la production d'électricité.

En règle générale, ces véhicules ont des autonomies de conduite plus courtes par charge que les véhicules conventionnels ont par plein d'essence. La plupart des nouveaux VEB sont conçus pour parcourir entre 110 et plus de 300 miles avec une batterie entièrement

chargée, en fonction du modèle. Pour donner du contexte, 90% de tous les trajets domestiques aux États-Unis couvrent moins de 100 miles.¹ L'autonomie d'un véhicule entièrement électrique varie en fonction des conditions de conduite et des habitudes de conduite. Les températures extrêmes ont tendance à réduire l'autonomie, car l'énergie de la batterie alimente les systèmes de climatisation en plus du moteur. La vitesse, une conduite agressive, et des charges lourdes peuvent également réduire l'autonomie.

Freinage Régénératif

Le freinage régénératif permet aux VE de capturer l'énergie normalement perdue pendant le freinage en utilisant le moteur électrique comme génératrice et en stockant cette énergie capturée dans la batterie.

¹ National Highway Travel Survey, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 2008, [fhwa.dot.gov/policyinformation/pubs/pl08021/fig4_5.cfm](https://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/pubs/pl08021/fig4_5.cfm).

Véhicules Électriques Hybrides Rechargeables (VEHR)

Les VEHR utilisent des batteries pour alimenter un moteur électrique et utilisent un autre carburant, tel que l'essence, pour alimenter un moteur conventionnel. Les batteries sont généralement rechargées en branchant le VEHR sur une source d'alimentation électrique, bien qu'elles puissent également être rechargées par le moteur conventionnel et grâce au freinage régénératif. Les VEHR ont une autonomie entièrement électrique d'environ 15 à 60+ miles, en fonction du modèle. Tant que la batterie est chargée, un VEHR peut puiser la plupart de sa puissance de l'électricité pour une conduite quotidienne typique. Le moteur s'allumera alors lorsque la batterie sera presque épuisée, pendant l'accélération rapide, à grande vitesse, ou lorsque la climatisation ou le chauffage intensif seront nécessaires. Bien qu'ils fonctionnent uniquement avec la puissance de la batterie, les VEHR ne produisent aucune émission de gaz d'échappement. Même lorsque le moteur conventionnel fonctionne, les VEHR consomment généralement moins d'essence et produisent moins d'émissions que des véhicules conventionnels similaires.



Commencer avec un VE est facile grâce au « cordon » de charge qui livré avec la plupart des VE. Photo de Erik Nelsen, NREL 64277.

Comment Ces Véhicules se « Rechargent-ils » ?

L'équipement de rechargement fournit de l'électricité pour recharger les batteries des VE. L'unité de chargement communique avec le véhicule pour garantir qu'elle fournit un flux d'électricité adéquat et sûr.

Il existe plus de 140 000 bornes de recharge disponibles au public, et ce chiffre continue d'augmenter dans tout le pays. La plupart des VEB légers actuellement disponibles ont une autonomie comprise entre 110 et plus de 300 miles. Les progrès technologiques tels que des batteries de plus grande capacité et une plus grande accessibilité au chargement répondent de plus en plus à « l'angoisse de l'autonomie » ou la peur de tomber en panne de charge. En savoir plus sur les tendances en matière de VE infrastructure de recharge (<https://afdc.energy.gov/fuels/electricity-infrastructure-trends>).



Plus de fabricants de véhicules lourds proposent désormais des modèles enfichables pour Flottes. Photo de Dennis Schroeder, NREL 46574.

Il peut prendre aussi peu que 30 minutes pour recharger complètement la batterie d'un VE, mais les temps de recharge varient en fonction du type ou du niveau de charge, du type de batterie, de sa capacité et de son état de décharge, ainsi que de la capacité du chargeur interne du véhicule (voir le tableau des **Options de Charge**).

Les bornes de recharge peuvent être installées dans des environnements résidentiels, de flotte, de travail et publics. La plupart des VE sont livrés avec un cordon « niveau 1 » de 110 volts qui peut être branché sur une prise électrique standard. Pour une recharge plus rapide, les propriétaires peuvent installer une unité « niveau 2 » de 240 volts sur un circuit électrique dédié. Cela peut souvent être fait avec peu ou pas de mises à niveau électriques requises, car la plupart des maisons disposent d'un service de 240 volts pour des appareils tels que les sècheuses et les cuisinières électriques. Une unité « niveau 2 » peut être portable ou « connectée » à un bâtiment et peut être achetée pour aussi peu que 200 \$. Pour plus d'informations sur l'installation de l'équipement de recharge, voir la page sur l'approvisionnement et l'installation de l'infrastructure de charge sur l'AFDC (afdc.energy.gov/fuels/electricity_infrastructure_development.html).

LES VE EN UN COUP D'ŒIL



Les VE fonctionnent uniquement à l'électricité. Ils sont alimentés par un ou plusieurs moteurs électriques et une batterie. La batterie est rechargée en branchant le véhicule sur une source d'alimentation électrique et grâce au freinage régénératif.



Les VEHR peuvent parcourir des distances modérées uniquement à l'électricité. La batterie peut être chargée en se branchant sur une source d'énergie, par le freinage régénératif, et par le moteur.

Il n'est pas nécessaire de brancher les VEHR avant de conduire. Ils peuvent également être alimentés uniquement avec du carburant conventionnel. Cependant, ils n'atteindront pas une économie de carburant maximale ou ne profiteront pas pleinement de leurs capacités entièrement électriques sans vous brancher.

Quels Modèles de VE Sont Disponibles?

Presque tous les grands fabricants de véhicules ont des modèles de VE disponibles, et certains se sont engagés à passer à la vente exclusive de VE d'ici 2030. Des options pour les véhicules moyens et lourds sont également disponibles pour les applications de flotte. Consultez les considérations spécifiques aux flottes en envisageant un VE. Pour obtenir des informations à jour sur les modèles disponibles, utilisez l'outil de recherche de véhicules du Centre de données sur les carburants de remplacement (AFDC) (afdc.energy.gov/tools) ou l'outil « Trouver une voiture » sur FuelEconomy.gov (afdc.energy.gov/fuels/electricity_infrastructure_trends.html).

Pour rendre les voyages longue distance plus accessibles, l'Administration fédérale des autoroutes établit un réseau d'infrastructures de ravitaillement en carburants de remplacement et de recharge le long des autoroutes. Des couloirs de VE désignés² soutenus par des stations de charge rapide CC sont en cours de développement à l'échelle nationale. Pour trouver des stations publiques, utilisez le Localisateur de stations de carburant de remplacement (afdc.energy.gov/stations), pour iPhone et Android.

La recharge simplifiée

La plupart des propriétaires de VE rechargent à la maison ou au travail car la charge est plus pratique et économique que l'utilisation de stations publiques. Cependant, les équipements publics sont également faciles à utiliser. En fonction de la station, les conducteurs peuvent utiliser une carte de réseau, une carte de crédit, un téléphone, de l'argent ou même simplement entrer un numéro de compte. Il existe également des chargeurs gratuits où les utilisateurs peuvent simplement brancher leur véhicule.

Un avantage supplémentaire de passer à l'électrique est que les prix de l'électricité sont moins volatils que ceux de l'essence et du diesel, ce qui permet aux conducteurs de mieux prévoir leurs dépenses en carburant. Consultez une comparaison de tous les prix du carburant au fil du temps sur la page des prix du carburant de l'AFDC (afdc.energy.gov/fuels/prices.html).

Types d'Équipements et Coûts

Les bornes de recharge sont classées en fonction du taux auquel elles rechargent les batteries. Deux types, le niveau 1 et le niveau 2, fournissent de l'énergie alternative au véhicule, le convertissant en courant continu pour recharger les batteries. L'autre type, la charge rapide en courant continu (DCFC), fournit directement du courant continu.

L'équipement de charge sans fil ou "inductif" utilise un champ électromagnétique pour transférer de l'électricité à un VE sans cordon. À l'heure actuelle, cette technologie est principalement utilisée à des niveaux de puissance plus élevés dans des applications de gamme lourdes comme les bus de transport en commun.

Options de charge

	Temps de Chargement Typique	Coûts de l'Équipement, de l'Installation et du Site*
Niveau 1	2 à 5 miles d'autonomie par heure de charge	De 0 \$ à 1 800 \$
Niveau 2**	10 à 30 miles d'autonomie par heure de charge	De 800 \$ à 33 000 \$
Charge Rapide en Courant Continu**	10 à 30 miles d'autonomie par heure de charge	De 30 000 \$ à plus de 120 000 \$

*Les coûts n'incluent pas le prix de l'exploitation (frais de réseau, électricité, frais de demande de services publics). Les variables qui influent sur le prix incluent l'équipement (équipement de charge, alimentation électrique), l'installation électrique

(mise à niveau ou ajout de service électrique, mise à niveau du panneau électrique, conduits et tranchées), les améliorations du site (ajout de revêtement), l'activation d'un réseau, la collecte de paiements, la main-d'œuvre, les permis et les taxes.

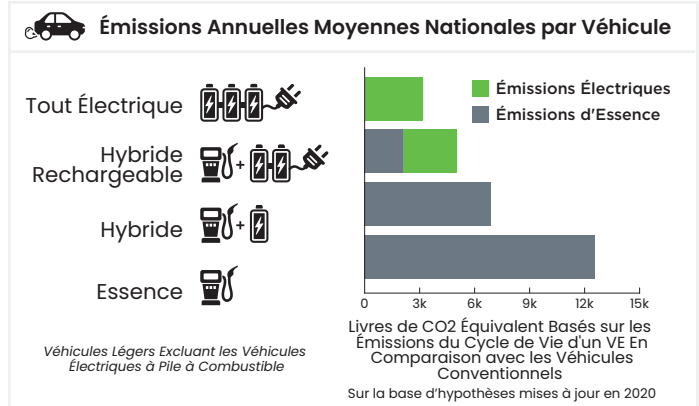
**Le coût de l'unité de charge (Niveau 2 et DCFC) est proportionnel à la puissance de l'unité. Le plus sa puissance est élevée, le plus le coût est élevé. Une unité de Niveau 2 peut avoir une puissance de sortie de 6,6 à 19,2 kW. Une unité DCFC peut avoir une puissance de 25 à 350 kW. La charge varie en fonction de la puissance de l'unité de charge, du véhicule et de l'état de charge de la batterie.

Certains États et services publics offrent des aides financières pour les stations de charge ; consultez la page Lois et Incitations de l'AFDC pour plus d'informations (afdc.energy.gov/laws).

Combien coûtent les Coût des véhicules ?

Les VE sont généralement plus chers que leurs homologues conventionnels. Cependant, les coûts de charge et d'entretien plus bas peuvent en faire une option compétitive. Par exemple, les groupes motopropulseurs électriques sont plus efficaces, ce qui rend les VEB (et les VEHR fonctionnant en mode électrique) plus de trois fois plus efficaces. L'électricité est également moins chère que l'essence ou le diesel sur une base équivalente en énergie. Les conducteurs de VEB peuvent économiser jusqu'à 14 500 \$ en coûts de carburant sur 15 ans (voir le tableau : Avantages des Véhicules à Entraînement Électrique). Des crédits d'impôt fédéraux et d'État, ainsi que des remises privées et des incitations des services publics, peuvent également être disponibles pour aider à compenser le coût des VE.

Des crédits d'impôt fédéraux et d'État, ainsi que des remises privées et des incitations des services publics, peuvent également être disponibles pour aider à compenser le coût des VE. Pour des informations sur les aides financières pour les véhicules disponibles, consultez la page Lois et Incitations de l'AFDC (afdc.energy.gov/laws).



Comparaison de leurs Émissions avec Celles des Véhicules Conventionnels

Les VE produisent généralement moins d'émissions que les véhicules conventionnels. Les véhicules entièrement électriques ne produisent aucune émission de gaz d'échappement, et les VEHR ne produisent pas d'émissions de gaz d'échappement en mode électrique.

Les émissions du cycle de vie sont générées lors de la production de carburant ou d'électricité, ainsi que pendant la fabrication du véhicule lui-même. Les émissions du cycle de vie d'un VE dépendent largement de la manière dont l'électricité est produite (et de la fréquence d'utilisation du moteur d'un VEHR), et cela varie en fonction de la région. En général, les véhicules entièrement électriques et les VEHR produisent un tiers à la moitié des émissions des véhicules conventionnels, respectivement, en tenant compte à la fois des polluants atmosphériques et des gaz à effet de serre. Les régions où l'énergie renouvelable est largement utilisée verront des avantages plus importants en termes d'émissions. Consultez une comparaison des émissions par État en utilisant l'outil des émissions de l'AFDC à l'adresse afdc.energy.gov/ev-emissions.html.

Qu'en est-il de la Sécurité et de l'Entretien?

Tous les VE sont soumis aux mêmes tests de sécurité rigoureux que les véhicules conventionnels vendus aux États-Unis et doivent respecter les normes fédérales de sécurité des véhicules automobiles (y compris celles relatives aux batteries). Pour des informations de sécurité supplémentaires, consultez la page Maintenance et Sécurité des Véhicules Hybrides et Électriques Enchâssables de l'AFDC (afdc.energy.gov/vehicles/electric_maintenance.html).

Étant donné que les VEHR ont des moteurs conventionnels, leurs besoins en entretien sont similaires à ceux des véhicules conventionnels.

Pour tous les VE, le système électrique (batterie, moteur et électronique associée) nécessite un entretien planifié minimal. La garantie du fabricant d'une batterie couvre généralement 8 ans ou 100,000 miles, et la durée de vie prévue de la batterie est de 12 à 15 ans dans des conditions de fonctionnement normales et dans des climats modérés. Consultez votre fabricant au sujet des garanties du véhicule et de la batterie. Les systèmes de freinage de ces véhicules durent généralement plus longtemps que ceux des véhicules conventionnels, car le freinage régénératif réduit l'usure des freins.

Les véhicules entièrement électriques ne sont pas dotés de moteurs conventionnels et présentent beaucoup moins de pièces mobiles et de fluides à remplacer, de sorte qu'ils nécessitent généralement moins d'entretien que les véhicules conventionnels ou même que les VEHR.

Envisager une Flotte de VE

Les gestionnaires de flottes doivent tenir compte de plusieurs aspects, notamment:

- Organiser une formation de base pour les techniciens et les conducteurs.
- Effectuer une planification sur le site pour les bornes de recharges, y compris les dégagements, les emplacements des services électriques, les besoins potentiels en mises à niveau de service et les futures mises à niveau.
- Déterminer quand et comment les véhicules se rechargeront (y compris en travaillant avec les services publics pour comprendre les tarifs en

fonction de l'heure et les frais de demande), ainsi que la charge gérée.

- Explorer les incitations privées ou des services publics pour l'installation d'équipement ou l'utilisation de l'électricité.
- Évaluer les fournisseurs d'équipements et envisager les besoins/options tels que la charge intelligente, la communication en nuage, le paiement du fournisseur et la propriété et l'entretien de l'équipement.
- Planifier l'achat et l'installation des unités de charge en fonction de la livraison des véhicules (ce processus peut être particulièrement lent et compliqué pour les organisations municipales).

Pour les véhicules moyens et lourds, il existe des considérations supplémentaires:

- Examiner les charges auxiliaires (par exemple, chauffage/refroidissement, éclairage, utilisation de la prise de force/hydraulique) et les unités d'alimentation auxiliaires ou de chauffage, ventilation et climatisation alimentées par du diesel ou un autre carburant.
- Déterminer les impacts de la consommation accrue d'électricité, en particulier lorsque plusieurs véhicules doivent être rechargés simultanément à des taux de charge élevés.
- Comprendre l'entretien du véhicule du fabricant d'équipement d'origine et le support en cas de problèmes.

Trouvez des informations supplémentaires sur les VE sur l'AFDC à l'adresse afdc.energy.gov/vehicles/electric.html.

Avantages de VE <i>comparaison des véhicules aux véhicules conventionnels</i>		VEHR	VEB
Économie de Carburant 	La plupart atteignent un combustible combiné cotes économiques supérieures à 90 mpgge.*	La plupart atteignent des cotes d'économie de carburant supérieur à 100 mpgge.*	
Émissions Réductions 	Ne produisent aucune émission d'échappement en mode électrique uniquement. En général, ils produisent moins de la moitié des émissions.	Ne produit pas de tuyau d'échappement émissions. En général, ils produisent un tiers les émissions.	
Coût du Carburant Épargne** 	En mode électrique uniquement, VEHR les coûts de l'électricité varient environ 3 c à 10 c par mille. Pour l'essence seulement, les coûts de carburant sont de environ 4 c à 36 c par mille.	Des VEB fonctionnant au électricité uniquement. Les coûts de l'électricité sont 2 c à 6 c par mille.	
Alimente Flexibilité 	Peut faire le plein dans les stations-services. Can Peut charger à: • domicile • bornes de recharge publiques • certaines lieux de travail	Peut charger à: • domicile • bornes de recharge publiques • certaines lieux de travail	

L'électricité est produite à partir de sources domestiques variées :

Sources: AFDC (afdc.energy.gov), FuelEconomy.gov

* Les véhicules électriques ne sont pas évalués en miles par gallon (mpg) mais en miles par gallon d'essence équivalent (mpge). Semblable à mpg, mpge représente le nombre de kilomètres que le véhicule peut se déplacer en utilisant une quantité de combustible (ou d'électricité) ayant le même contenu énergétique qu'un gallon d'essence.

**Comparer à 10 c à 15 c par mille pour les berlines conventionnelles à essence ou diesel

U.S. DEPARTMENT OF **ENERGY** | Office of ENERGY EFFICIENCY & RENEWABLE ENERGY

Pour plus d'informations, visitez:
www.energy.gov/eere

DOE/GO-102025-6318 • January 2025



Clean Cities and Communities