

Gestion des charges dynamiques telles que les véhicules électriques

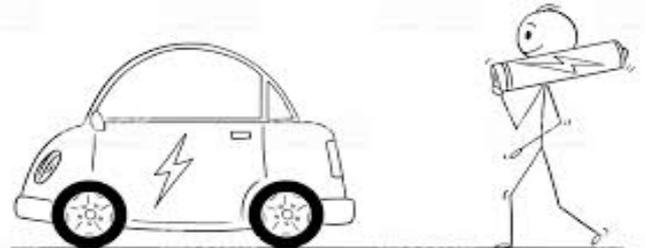


Les véhicules électriques

Introduction:

Les véhicules électriques ne datent pas d'hier. Les toutes premières voitures à propulsion électrique voient le jour dans les années 1830, où le premier véhicule électrique a fait son apparition grâce à un homme d'affaires écossais appelé « Robert ANDERSON » .

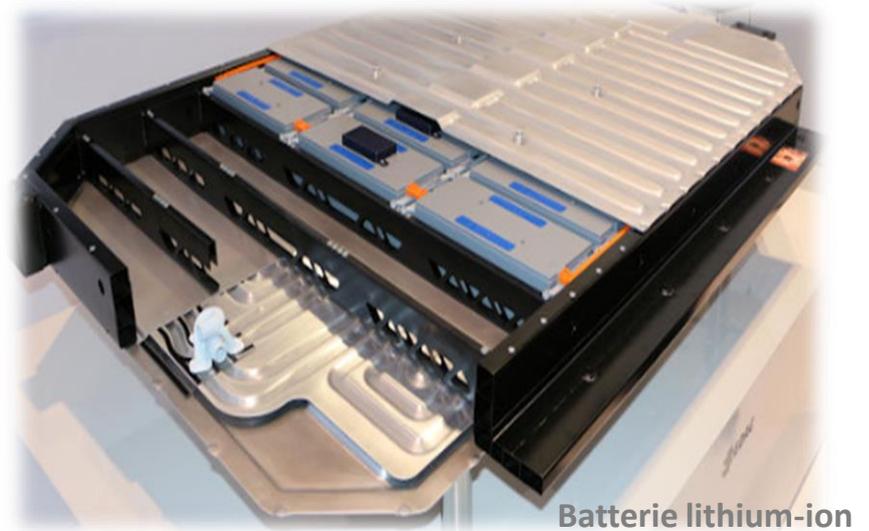
Plus récemment, à la fin du siècle dernier, de grands constructeurs automobiles se sont remis à développer et à commercialiser des voitures électriques. Le succès n'a cependant pas été au rendez-vous. Ce mode de propulsion souffrait toujours du **coût** et du **poids des batteries**, de **l'autonomie limitée** et du **temps de recharge extrêmement long**.



Les véhicules électriques

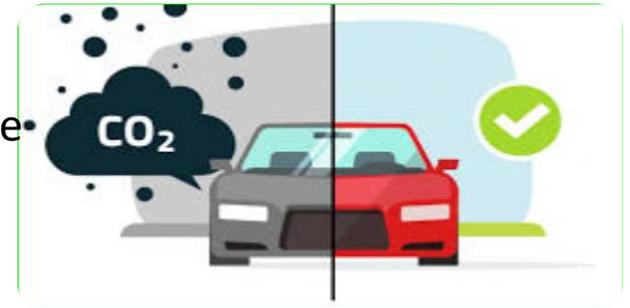
Introduction:

Aujourd'hui le véhicule électrique apparaît alors comme un levier de relance et de modernisation. Enfin, la maturité technologique de la batterie lithium-ion ouvre des perspectives pour le développement à grande échelle du véhicule électrique.



Transition vers les véhicules électriques

Objectif de réduction des émissions de CO₂, politique actuelle mondiale.



Problème de la disponibilité des ressources naturelles (pétrole)



Nouvelles attentes de la part des consommateurs (confort, coût, performance)



Les véhicules électriques

Classification:

Une **voiture électrique** est une automobile actionnée par la force électromotrice d'un ou de plusieurs moteurs électriques, généralement alimentés par une batterie d'accumulateurs, une pile à combustible ou encore un moteur électrique couplé à un générateur électrique pour les voitures hybrides électriques.

Il existe 3 grandes familles de véhicules électriques :

- **Tout électrique** : ils roulent uniquement à l'électricité ;
- **Hybrides classiques**: les moteurs électriques assistent les moteurs à essence ou diesel et peuvent réduire la consommation du véhicule.
- **Hybrides rechargeables** : elles associent deux modes de génération d'énergie : un moteur thermique et une batterie.

Plusieurs technologies existent en matière de véhicule électrique. Actuellement, ce sont les voitures hybrides qui sont les plus présentes sur les routes, même si le 100% électrique est très en vue. L'hybride rechargeable, relativement récent, est un compromis qui pourrait séduire de nombreux automobilistes.

Les véhicules électriques

Architecture interne:

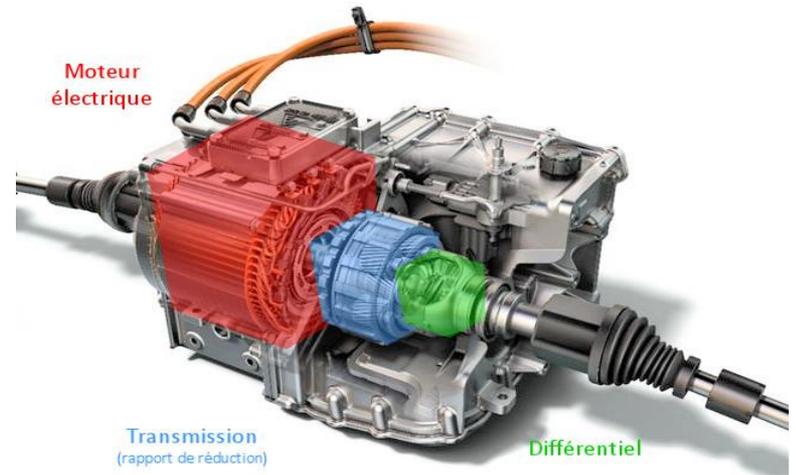
Véhicule électrique



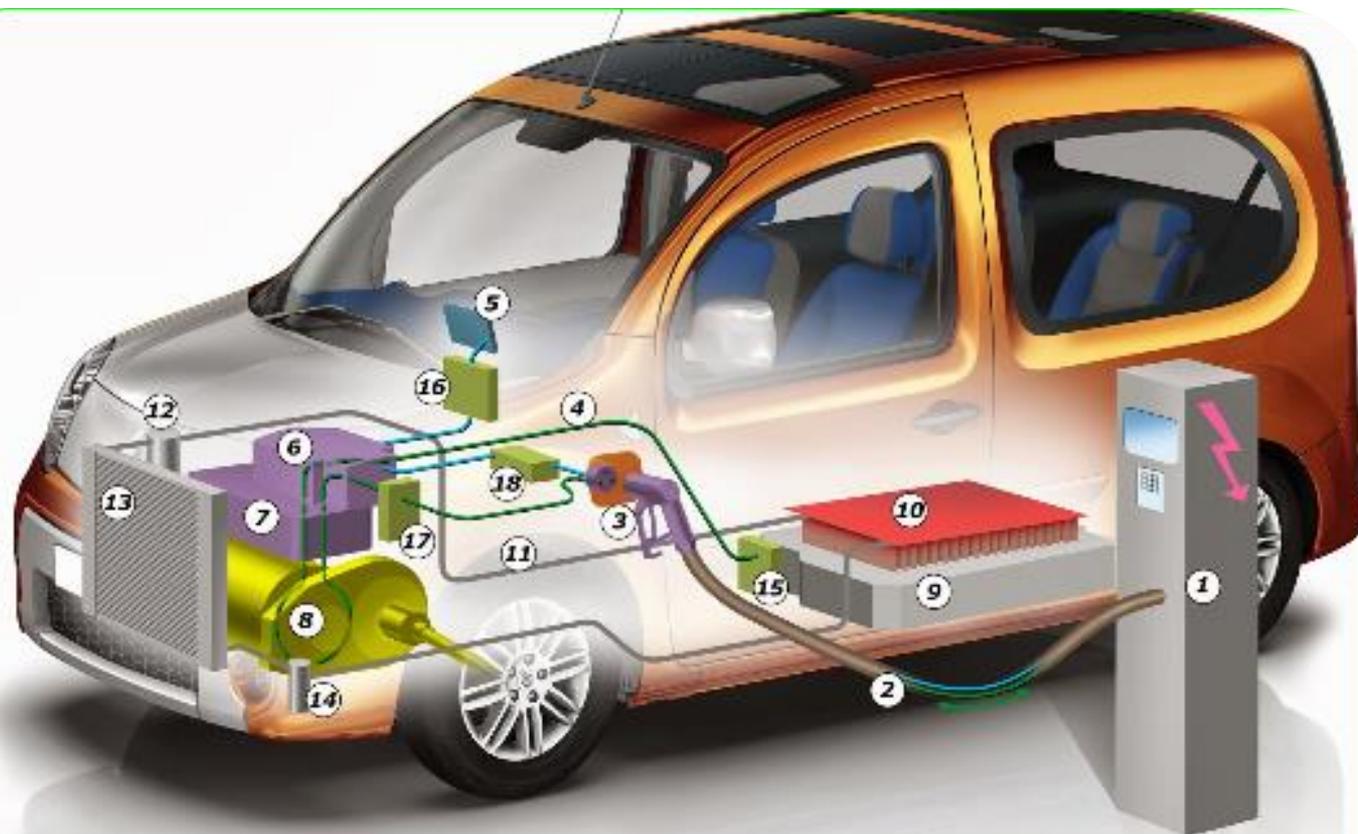
Batterie lithium-ion



<https://youtu.be/HkfB3V8kUoE>



Architecture interne:



- 1 Borne de charge rapide
- 2 Tuyau de charge (courant de charge + connexion internet)
- 3 Prise de charge
- 4 Courant de charge (triphase 400V)
- 5 Connexion internet haut débit
- 6 Boîtier d'interconnexion
- 7 Onduleur avec fonction chargeur intégré
- 8 Moteur électrique et réducteur
- 9 Batterie lithium-ion

- 10 Refroidissement batterie
- 11 Circuit de refroidissement batterie
- 12 Compresseur de climatisation
- 13 Radiateur
- 14 Pompe de circulation
- 15 Calculateur de gestion batterie
- 16 Calculateur de communication
- 17 Calculateur moteur électrique
- 18 Calculateur véhicule électrique

Batterie lithium-ion

8 Moteur électrique et réducteur

1 Onduleur avec fonction chargeur intégré

6 Boîtier d'interconnexion

2 Connexion internet haut débit

4 Courant de charge (triphase 400V)

3 Prise de charge

18 Calculateur véhicule électrique

17 Calculateur moteur électrique

16 Calculateur de communication

15 Calculateur de gestion batterie

14 Pompe de circulation

13 Radiateur

11 Circuit de refroidissement batterie

Infrastructure de recharge

Pour la recharge des véhicules électriques, deux modes s'opposent (se complètent) : le branchement du véhicule à une **borne électrique** permettant une recharge lente ou rapide et **l'échange de la batterie** en station-service.

Dans le contexte actuel d'intense concurrence entre les fabricants de batteries, ce second mode n'est pas retenu comme option prioritaire par les pouvoirs publics français ni par les fabricants d'automobiles. En outre, un tel système présente un défaut majeur par son besoin important d'immobilisation de capital pour le stock de batteries dans les stations de recharge.

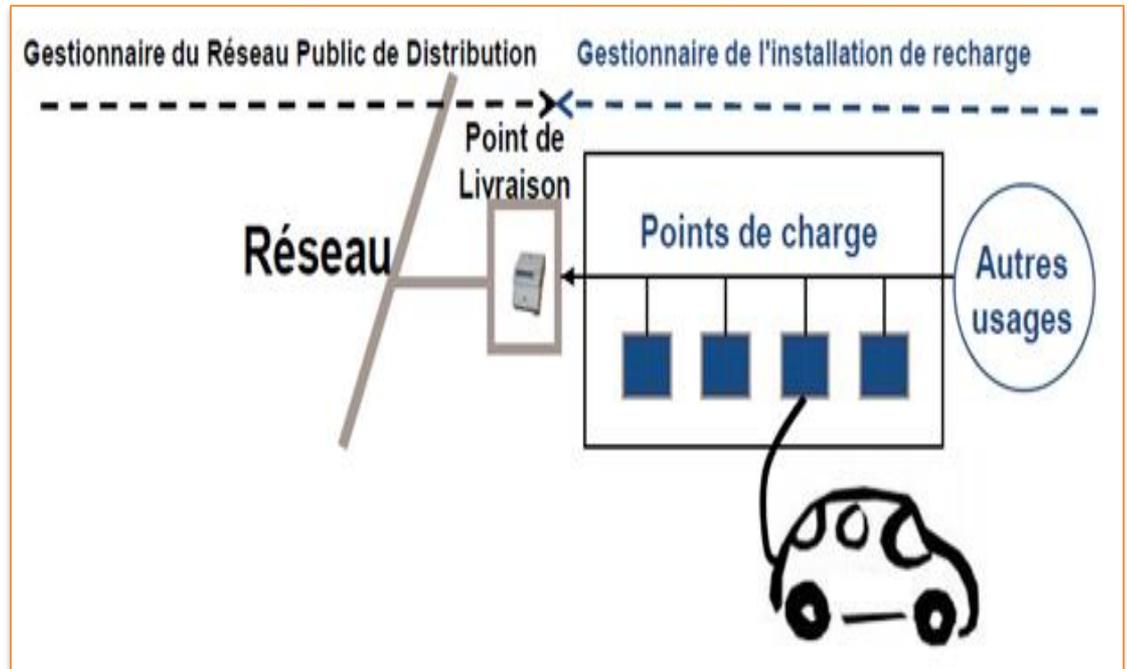


Remplacement de la batterie du véhicule

Infrastructure de recharge

La recharge du véhicule électrique nécessite l'installation de bornes de recharge sur l'ensemble du territoire national, tant en domaine privé que public. Ce parc de bornes est appelé « infrastructure de recharge ».

Il existe 3 types de recharge, la charge **normal**, dont tous les véhicules peuvent bénéficier, la charge **accéléré** et en fin la charge **rapide**. Aussi les véhicules qui fonctionnent avec ces deux derniers types dispose de batteries et d'équipements adaptés. La principale différence entre les trois types réside dans la vitesse de chargement qui-elle dépend d'autres paramètres.



Infrastructure de recharge

1. Recharge Normale :

La recharge normale **prend entre 6 et 8 heures** pour le chargement d'une batterie en entier, selon le modèle de véhicule.

Ce type de charge est accessible à tous les véhicules. Il convient généralement aux longues périodes de pauses comme une nuit à domicile ou une journée de travail.

Pour ce type de recharge (**puissance de 3 kVA**), les véhicules disposent d'un chargeur de batterie intégré. Par ailleurs le branchement sur le réseau électrique pour l'alimenter en courant alternatif 230 volts se fait via un câble.

Infrastructure de recharge

2- Recharge Accélérée :

La charge accélérée est à **22 kVA**, et le chargement prend entre **1 et 2 heures**. ce type de charge se trouve dans les arrêts de type parkings, ou dans un centre commercial...

3- Recharge rapide :

La recharge rapide est une solution de confort qui peut être utile pour doter rapidement un véhicule, d'autonomie nécessaire pour effectuer ou **poursuivre un longs trajet** ou encore lors d'un **usage professionnel comme les taxis**.

Ce type de charge nécessite en moyenne **15 à 20 minutes**.

Les bornes de recharge

Différents modèles de bornes de recharge pour véhicule électrique et hybride rechargeable



Les prises de recharge

Différents prises côté véhicule



Les quatre types de prises comportent des broches « **énergie** » responsables de la connexion et la puissance de recharge, et des broches « **information** », qui permettent de gérer l'aspect contrôle et sécurité durant la phase de recharge.

La prise type 1 : cette prise dédiée au courant alternatif (AC) permet uniquement la recharge normale. Elle se réalise en 230V monophasé jusqu'à 32A maximum.

La prise type 2 : dédiée au courant alternatif (AC), permet les recharges normales, accélérée et rapide. Prévue essentiellement pour le 230/400V triphasé jusqu'à 63A.

La prise type 4 : cette prise est dédiée uniquement à la recharge rapide, elle permet un très fort courant (125A / 500V continu ou 63A / 400V triphasé alternatif).

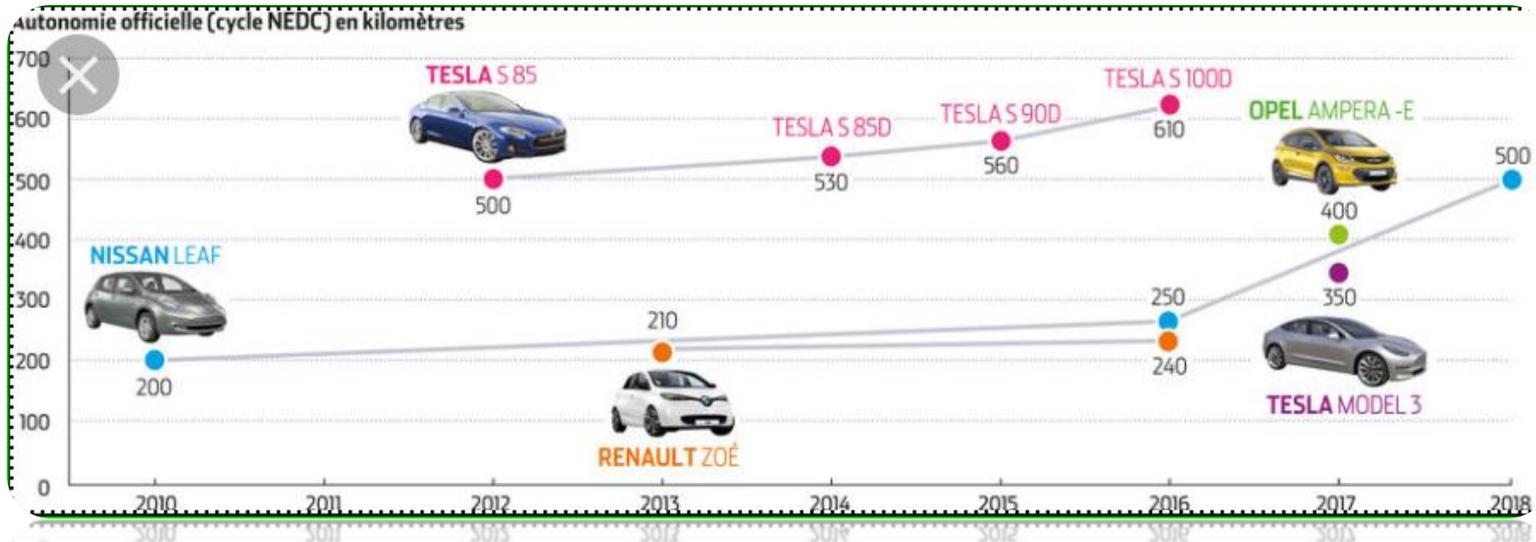
La prise Combo : Cette prise offre la recharge en courant alternatif et en courant continu via le même socle sur le véhicule, ce qui représente son point fort. En 2013, elle a été adoptée par General Motors et BMW.

Autonomie

Plusieurs types des batteries sont utilisées pour le stockage

	Energie massique Wh/kg	Durée de vie en cycles de recharge	Temps de recharge	Recyclage	Prix \$/Wh
Plomb-acide	30/40	600-1200	12h	oui	0.3
Nickel-cadnium	50/65	2000	2h	oui	1
Nickel hydrure métal	55/80	1500	4h	oui	2
Lithium-polymère	150	500	4h	À organiser	2->0.3
Lithium-ion	150	1000	4h	À organiser	2->0.3

Jusqu'à où les batteries des véhicules électriques peuvent nous conduire

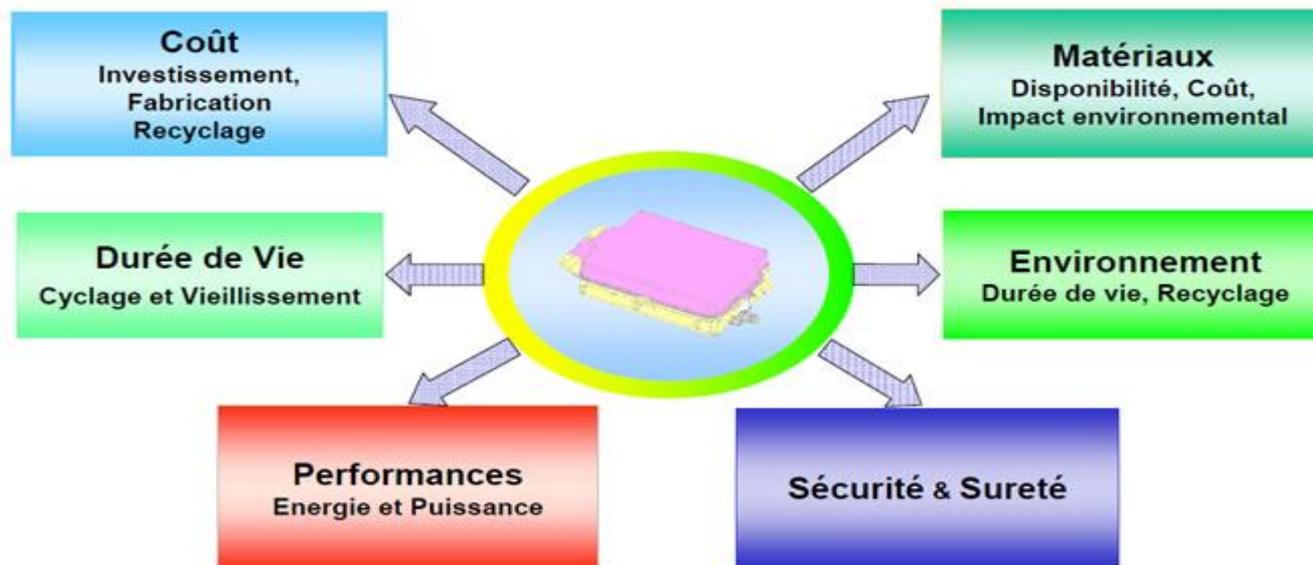


Le développement du marché du véhicule électrique

La batterie représente un enjeu crucial pour l'industrie automobile. En raison de l'abondance du lithium, les batteries lithium-ion équipent la plupart des véhicules électriques.

La durée de vie, facteur essentiel, les batteries ont fortement progressé, permettant de parcourir jusqu'à 200 000 kilomètres et supportent plus de 1000 cycles de charge avant d'être remplacées.

Cependant, avec un prix de 12 000 euros (batterie), le VE a pour conséquence d'afficher des tarifs excessifs. Ce prix devrait décroître proportionnellement aux volumes produits par des usines spécialisées.



La fourniture de l'énergie

La recharge du véhicule électrique produit un triple effet.

- **Pour un foyer moyen**, un véhicule électrique qui parcourt de 15 000 à 20 000 km par an, engendrerait **une consommation d'environ 2 MWh** par an, **soit une hausse d'environ 50 %** de sa consommation d'électricité.
- **Pour le système électrique national**, il s'agit d'un **surcroît de consommation d'environ 2 TWh par an et par million de véhicules** (cela représente environ **1 %** de l'énergie totale soutirée sur les seuls réseaux de distribution en **basse tension (BT)** en France, et environ **0,4 %** de la **production** française d'électricité).
- **Pour les fournisseurs d'énergie électrique**, c'est un **marché supplémentaire**, par transfert « de la pompe à essence à la prise électrique ».



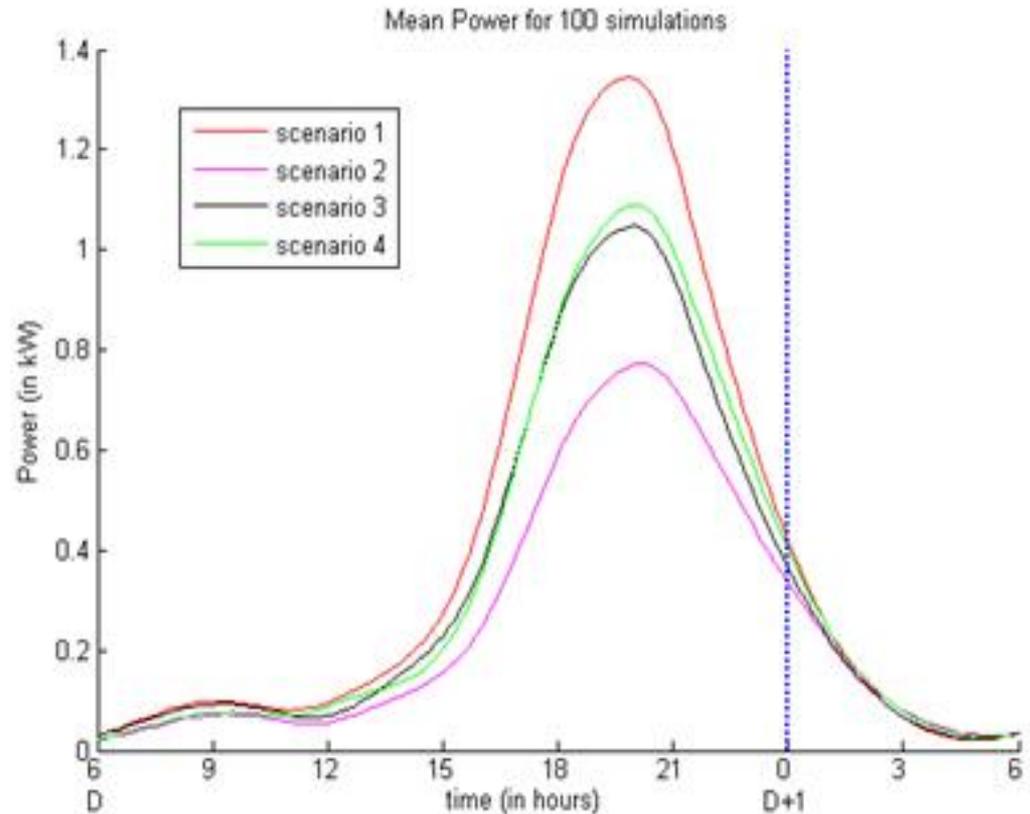
Impact sur les réseaux électriques

Une modélisation de la charge a été réalisée par les gestionnaires de réseaux à partir des statistiques d'usage des véhicules électriques, du type de recharge des batteries (normal, accéléré ou rapide) et des caractéristiques des véhicules (capacité de la batterie, autonomie, technologie hybride versus 100 % électrique).

Cette modélisation permet de définir des courbes de charge « naturelle » des véhicules électriques, sans gestion particulière de la recharge.

Impact sur les réseaux électriques

La modélisation de la charge indique très nettement que le nouvel usage du véhicule électrique vient s'ajouter aux autres usages, souvent pendant les heures de forte consommation, et induit un accroissement notable de la consommation électrique à la pointe.

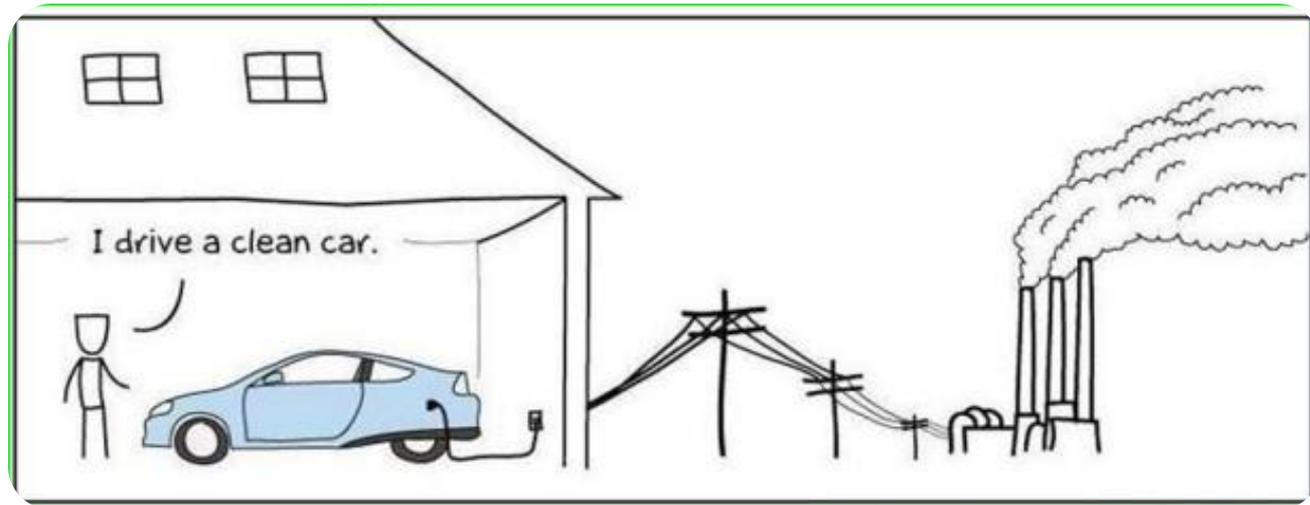


- Il est donc important que l'utilisateur soit sensibilisé à ces contraintes, ce qui suppose notamment qu'il réagisse, directement ou via l'asservissement de ses équipements, aux signaux tarifaires qui lui sont transmis.
- Il s'agit donc de piloter la recharge du véhicule électrique en fonction de la production d'électricité et de l'état des réseaux électriques.

Bilan carbone du véhicule électrique

Le véhicule électrique est présenté comme un véhicule « *propre* » en ce qu'il n'émet ni CO₂ ni particules « *du réservoir à la roue* » (« *from tank to wheel* » – TTW) Contrairement qu'un véhicule thermique (Le bilan carbone moyen est 142 g/km équivalent CO₂) .

Cette « *propreté* » n'est pas forcément la même pour l'énergie électrique qui remplira ses batteries.



Bilan carbone du véhicule électrique

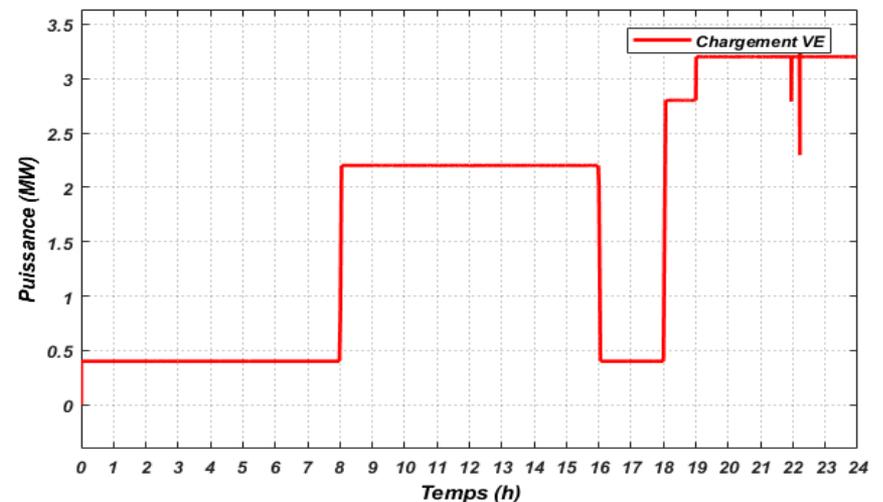
Cette « *propreté* » n'est pas forcément la même pour l'énergie électrique qui remplira ses batteries. C'est pourquoi on calcule, également, les émissions de CO₂ du véhicule électrique « *du puits à la roue* » (« *from well to wheel* » – WTW) en prenant en compte les émissions de CO₂ des centrales de production d'énergie électrique.

Cette mesure peut être faite pour un type de centrales, selon leur énergie primaire et leur technologie. (Le bilan carbone oscille entre 1 g/km et 150 g/km).

Echange d'énergie: réseau au véhicules électriques (G2V)

Les technologies qui permettent le branchement et la recharge du véhicule à partir d'une borne sont dites **Grid-to-vehicule (GtoV ou G2V)** : l'électricité passe du réseau au véhicule (modèle unidirectionnel) et ce dernier est alors considéré comme un **consommateur d'électricité**.

Mais la batterie embarquée du véhicule électrique pourrait aussi permettre de stocker de l'énergie, dans la mesure où un véhicule particulier passe la majorité de son temps en stationnement (selon EDF, 50 % des véhicules stationnent en permanence au domicile et 69 % des actifs restent garés 6 heures par jour en moyenne sur un emplacement réservé).



Echange d'énergie : véhicules électriques au réseau (V2G)

Le réseau pourra puiser dans la batterie l'électricité nécessaire pour répondre aux fortes demandes (lors de la pointe de consommation du début de soirée par exemple) ou pour pallier un manque ponctuel de production (lorsque la météo ne permet pas d'exploiter les énergies renouvelables par exemple).

On parle alors de **Vehicule-to-grid (V2G)** : pendant les périodes où le véhicule sera branché au réseau, il l'alimente en fonction des besoins du système électrique (modèle bidirectionnel) et lui offre un service de flexibilité, qui décrit un système dans lequel des véhicules électriques communiquent avec le réseau électrique pour vendre des services répondant à la demande soit en retournant l'électricité au réseau .

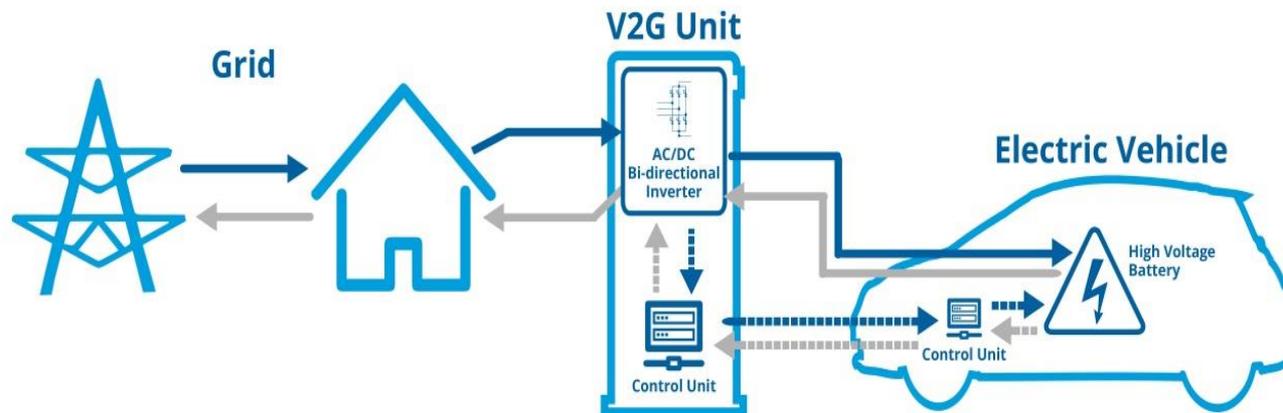
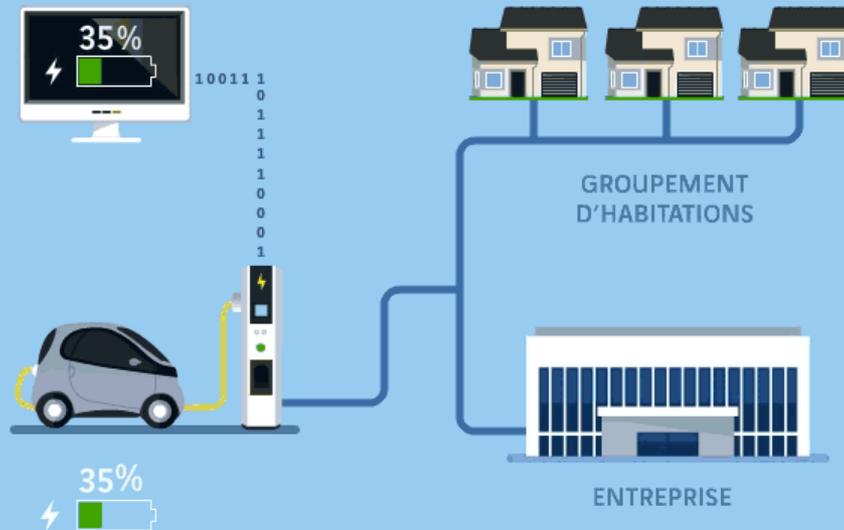


Schéma simplifié du véhicule au réseau (V2G).

STOCKER DE L'ÉNERGIE GRÂCE AU VÉHICULE ÉLECTRIQUE

1. Lorsqu'elle est branchée, la voiture électrique est connectée au réseau intelligent via une borne de recharge, elle-même reliée au smartgrid



THE **AGILITY** EFFECT

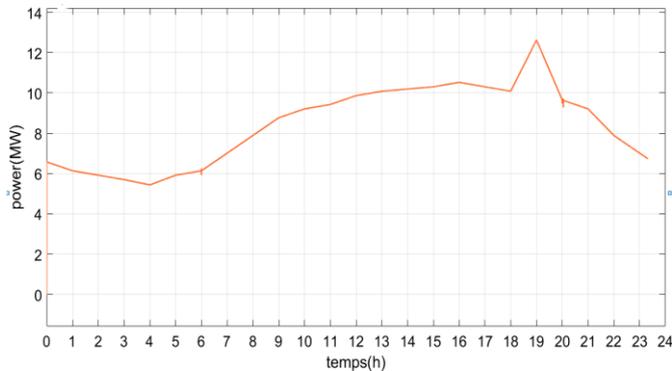
Contribution des VE à la gestion de l'énergie dans un micro grid

Scénario proposé: fonctionnement du Microgrid en présence du (PV – WT –EV)

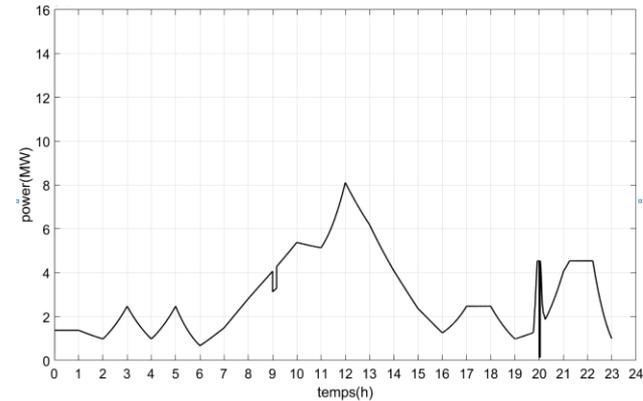
1-Démarrage du site industriel à 6h du matin.

2-fluctuation des EnR (20h pour les éoliennes et 9h pour le PV).

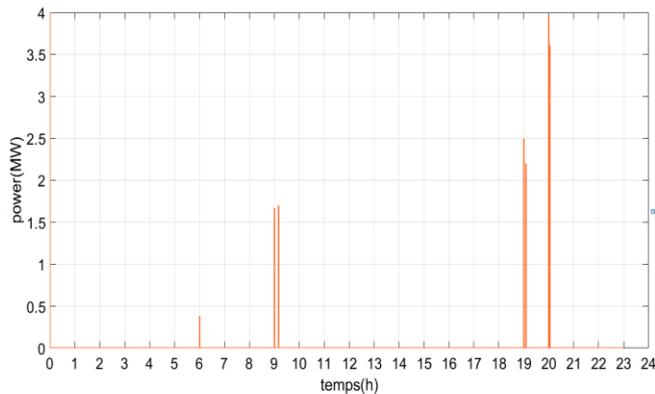
3- Variation de la charge pic à 19h



Variation de la charge résidentielle durant la journée

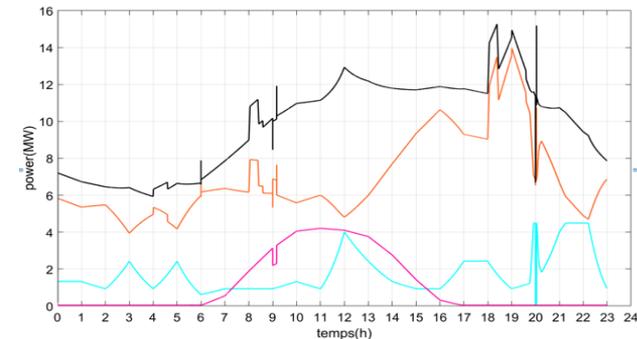


Production renouvelable durant la journée



L'injection de puissance du VE (V2G)

Load (Black) Total Power (Black) Diesel (Orange) Solar (Magenta) Wind Power (Blue)



Variation de la puissance produite et demandée