

Bart Vannoppen – Conseiller en technologie

Version: 09/2025

Recharge bidirectionnelle (V2G) appliquée dans une habitation privée

La recharge bidirectionnelle (souvent appelée *vehicle-to-grid* ou *V2G*), dans laquelle les véhicules électriques (VE) ne se contentent pas de consommer de l'électricité mais peuvent également en fournir, est un sujet très en vogue. Volta, le centre de compétence du secteur électrotechnique, a donc décidé de tester cette technologie dans la pratique, à la résidence même de l'un de ses collaborateurs. La première étape a été de déterminer s'il fallait opter pour une borne de recharge AC (courant alternatif) ou DC (courant continu). Finalement, ils ont opté pour une recharge DC, utilisant un onduleur photovoltaïque hybride de 10 kVA, où le module de charge DC est connecté à la place d'une batterie domestique.

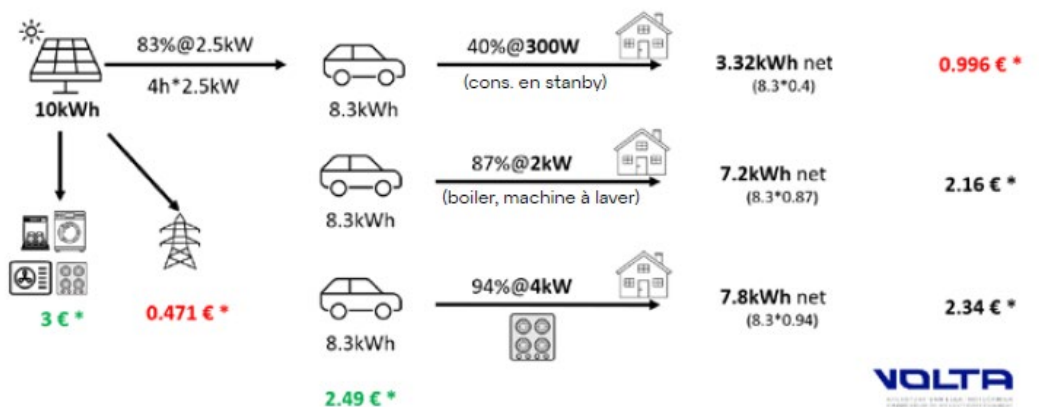
« Une voiture comme batterie domestique ? »

Dans le cadre de la recharge bidirectionnelle, de nombreux acteurs emploient le slogan « la voiture devient la batterie domestique ». Cela crée chez les particuliers des attentes similaires à celles d'une batterie classique, c'est-à-dire pouvoir couvrir les pics de consommation du soir et la consommation résiduelle nocturne afin de réduire les prélèvements sur le réseau à zéro. Volta a voulu vérifier si cela était effectivement réalisable dans la pratique.

Il est bien connu que le rendement de l'électronique de puissance diminue fortement à faible charge (par rapport à la puissance nominale P_n). Pour évaluer les pertes réelles et le rendement global de l'onduleur et du module de charge, des mesures ont été effectuées côté AC de l'onduleur, ainsi que côté DC vers la voiture. L'onduleur et le module de charge ont tous deux une puissance nominale $P_n = 10$ kVA. Des tests ont été réalisés allant de 10 kW (en charge) à -10 kW (en décharge).

- Entre 5 et 10 kW (soit 50 à 100 % de P_n), le rendement est toujours supérieur à 90 %.
- Entre 2 et 5 kW (20 à 50 % de P_n), il tombe à 80 %.
- En dessous de 2 kW (< 20 % de P_n), le rendement chute drastiquement et les pertes augmentent considérablement.

Round trip efficiency



Sur le graphique (non fourni ici), on peut voir l'impact qu'ont les charges et décharges à différents niveaux de puissance sur le rendement aller-retour (charge suivie de décharge), selon les mesures.

Prenons un exemple : les panneaux solaires produisent un surplus de 2,5 kW pendant 4 heures, soit 10 kWh. Normalement, ce surplus serait injecté dans le réseau, mais ici, il est stocké dans la voiture grâce au système de gestion d'énergie (EMS). À 2,5 kW, l'onduleur 10 kVA affiche un rendement de 83 %. Donc, sur les 10 kWh produits, 8,3 kWh sont réellement stockés dans la batterie de la voiture.

Selon la stratégie de l'EMS, la décharge peut s'effectuer à différentes puissances, et donc à différents rendements:

- Si la voiture décharge pour couvrir la consommation résiduelle de nuit (300 W avec $\eta = 40\%$), 3,32 kWh seront livrés à la maison.
- Si l'EMS décharge uniquement lors de consommations importantes (ex. : machine à laver activant une résistance de 2 kW avec $\eta = 87\%$), 7,2 kWh sont restitués.
- Si la voiture est utilisée pour couvrir le pic de consommation du soir (typiquement 4 kW pour un ménage moyen, avec $\eta = 94\%$), 7,8 kWh sont restitués.

Conclusion : la décharge à faible puissance n'est pas rentable avec un onduleur de 10 kVA, que ce soit pour une borne de recharge ou une batterie domestique.

Aspect financier

Voyons maintenant cela d'un point de vue financier. On se base sur les tarifs moyens de la CREG en Flandre pour 2024, 0,30 € pour la consommation et 4,71 c€ pour l'injection.

En reprenant notre exemple de 10 kWh produits, voici les économies réalisées selon les usages des 8,3 kWh stockés :

- 0,996 € pour couvrir la consommation résiduelle (3,32 kWh nets)
- 2,16 € pour couvrir les gros consommateurs (7,2 kWh nets)
- 2,34 € pour couvrir les pics de consommation > 4 kW (7,8 kWh nets)

On voit clairement que décharger à faible puissance est peu intéressant. On peut même s'interroger sur la pertinence de décharger la batterie du véhicule. Si les 8,3 kWh stockés sont utilisés pour la mobilité (trajets), cela équivaut à une valeur de 2,49 € – plus rentable, car sans pertes à la décharge.

Allons plus loin : si la production solaire peut directement alimenter les appareils (sans passer par la batterie), la valeur de ces 10 kWh grimpe à 3 €, car on évite totalement l'achat d'énergie du réseau. En comparaison, si on injectait ces 10 kWh, on recevrait 0,471 €. Il faut donc soustraire cette somme des montants ci-dessus pour obtenir le gain net.

Impact du V2G sur la transition énergétique

La batterie d'un VE est bien plus grande (60 à 100 kWh) qu'une batterie domestique (3 à 10 kWh). Elle représente donc un potentiel de stockage immense pour valoriser les énergies renouvelables.

Actuellement, des parcs solaires ou éoliens sont parfois déconnectés du réseau les jours très ensoleillés ou venteux pour éviter la surcharge du réseau – un phénomène qui ira en s'intensifiant.

Avec le V2G, les voitures pourraient stocker cette énergie et la restituer plus tard, réduisant la pression sur le réseau aux heures de pointe – et être rémunérées pour cela.

Mais pour que cela devienne réalité, législateurs et autorités fiscales devront clarifier le cadre, afin que les fabricants de voitures et de systèmes EMS puissent faire évoluer leurs produits.

L'EMS de demain

Pour exploiter tout le potentiel des batteries de VE, les systèmes de gestion d'énergie (EMS) auront un rôle crucial à jouer. Voici les points à prendre en compte :

- Taille de l'onduleur de la borne de recharge (valable aussi pour une batterie domestique) : éviter de charger/décharger à faible puissance (<20 % de P_n) pour maintenir un bon rendement.
- Il est toujours préférable d'alimenter directement les appareils avec les excédents solaires avant de charger la voiture (ou batterie domestique).

- Intégration avec des agrégateurs pour fournir des services au réseau et permettre une rémunération à l'utilisateur final.
- Tarifs dynamiques : l'EMS devra tenir compte non seulement des prix horaires, mais aussi des frais de réseau lors des charges et des pics de quart d'heure.

L'information dans cet article est exacte au moment de la publication et est basée sur les lois et l'état de la technologie à ce moment-là.
