

Plein d'essence versus recharge électrique

Consommation d'énergie et émissions - Transports et déplacements

Ce texte est conçu comme un document compagnon du livre « L'électricité, au cœur de notre futur bas-carbone ». Il n'est pas conçu comme un document indépendant. Il complète le chapitre mentionné ci-dessus.

Introduction

La comparaison proposée concerne une même voiture avec deux motorisations différentes, l'une à essence et l'autre électrique. La voiture à essence a un réservoir de 50 l d'essence et la voiture électrique une batterie de 36 kWh, supposés l'un plein l'autre pleinement chargée en début de voyage. Dans les deux cas, on utilise les données de performance basées sur WLTP.

Deux trajets sont étudiés: 200 et 520 km.

Pour les deux véhicules, on retient une vitesse moyenne de 60 km/h. Le temps de conduite est donc 3,33 h soit 3h20 pour le trajet court et 8,67 h soit 8h40 pour l'autre.

Voiture à essence

Consommant 5l/100 km sur un trajet mixte à la vitesse moyenne de 60 km/h, elle consommerait 10 litres pour le voyage court, 26 pour le long. La voiture n'aurait pas besoin de faire le plein d'essence.

Puisque la densité d'énergie de l'essence est 9 kWh/l, l'énergie consommée durant le voyage court serait de: $10 \cdot 9 = 90$ kWh versus 234 kWh pour le voyage long.

La combustion de l'essence produisant 250 gCO₂/kWh, les émissions pour le voyage court seraient de 22,5 kgCO₂ et 58,5 kgCO₂ pour le long.

Refaire le plein après ces voyages prendrait moins d'une minute car une pompe à essence a typiquement un débit de 40 l/mn. L'énergie transmise par la pompe en une minute est égale à: $40 \text{ l} \cdot 9 \text{ kWh/l} = 360 \text{ kWh}$, soit $21\,600 \text{ kWh} = 21,6 \text{ MWh}$ en une heure. La puissance transmise par la pompe est donc égale à 21,6 MW, confirmant le contenu énergétique de l'essence (ou du diesel) !

Voiture électrique

Dans les mêmes conditions que la voiture à essence, la voiture électrique consomme en moyenne 15,5 kWh/100 km, soit 1/3 de la consommation de la voiture à essence¹. Les spécifications de la voiture indiquent qu'avec un chargeur rapide, la batterie peut être rechargée à 80 % de sa capacité en 30 mn. Supposant que pour prolonger sa durée de vie, on recharge la batterie lorsque sa charge descend à 10 %, c'est-à-dire à 3,6 kWh, le premier arrêt pour charge devrait intervenir après $(36 - 3,6) / (15,5/100) = 209$ km. Supposant que la décharge suivant un chargement de 30 mn sera réalisée à 10 % de la charge, soit 3,6 kWh, la recharge suivante interviendra après $(28,8 - 3,6) / (15,5/100) = 160$ km soit après 2h40 à une vitesse moyenne de 60 km/h.

Il en résulte que la voiture pourrait faire le voyage court sans arrêt intermédiaire pour recharge. Ceci est tout à fait adéquat dans nombre de cas, notamment en situation urbaine. Le voyage plus long de 520 km nécessiterait deux arrêts intermédiaires de 30 mn pour charge (520 km = 200 + 160 + 160) s'ajoutant aux 8h40 de conduite. Ceci étant, un arrêt de 30 mn après 2h40 de conduite est souvent recommandé !

Réaliser cette recharge en 30 mn nécessitera une puissance moyenne de charge égale à: $25,2 \text{ kWh}/0,5 \text{ h} = 50,4 \text{ kW}$, puissance qui est disponible dans un nombre croissant de stations de recharge, sur les autoroutes notamment. Recharger 10 voitures simultanément demande une puissance installée de 504 kW, donc une infrastructure de distribution adaptée.

¹ 5l/100 km · 9 kWh/l = 45 kWh

Utilisant à la maison un chargeur dédié de 7,2 kWh, une recharge complète à l'issue du voyage de 200 km prendrait environ $(36 \text{ kWh} - 3,6 \text{ kWh}) / 7,2 \text{ kW}$, soit 4h30.

À technologies données de batterie et de puissance de charge, accroître la capacité de la batterie accroît l'autonomie de la voiture mais aussi son poids, donc la consommation et le temps de recharge en route. Le dimensionnement de la batterie résulte d'un compromis entre paramètres contradictoires : le meilleur dépend des usages dominants de la voiture.

Comparaison des consommations et des émissions

La consommation de la voiture électrique pour le voyage court serait $200 \cdot 15,5 / 100 = 31 \text{ kWh}$ à comparer aux 90 kWh nécessaires à la voiture à essence, et pour le voyage long 80,6 kWh à comparer à 234 kWh.

Si les émissions induites à bord de la voiture électrique sont nulles, celles associées aux 80,6 kWh du voyage de 520 km dépendent du mix électrique local. Si celui-ci correspond à des émissions de 600 g/kWh, les émissions associées à la voiture électrique pour le voyage de 520 km sont égales à 48,3 kgCO₂ contre 58,5 pour la voiture à essence. La grande majorité des systèmes électriques ont un contenu carbone inférieur à 600 g/kWh ce qui plaide encore plus pour la voiture électrique.