

Axe Carburant – Fiche n° 1 Choix du mode de propulsion SYNTHESE

Description de l'action

Le choix du mode de propulsion s'effectue au moment de l'achat du véhicule. Deux alternatives aux moteurs diesel classiques sont actuellement disponibles, pour une gamme limitée d'usages : la motorisation hybride et la motorisation électrique.

Les moteurs peuvent également être équipés de systèmes Stop & Start.

Domaine de pertinence

Les trois solutions décrites dans cette fiche sont adaptées exclusivement aux usages urbains, avec de fréquents arrêts.

Solutions	Gains CO ₂	Retour sur investissement	Faisabilité	Domaine de pertinence
Stop & Start <small>Choix d'une motorisation intégrant un système Stop & Start</small>	0% à 100% 1% à 5%	Long à Rapide	Difficile à Facile	VTL, PP
Véhicules hybrides <small>Recours à un véhicule hybride pour les livraisons en milieu urbain.</small>	0% à 100% 10% à 15%	Long à Rapide	Difficile à Facile	PP, GP
Véhicules électriques <small>Recours à un véhicule électrique pour effectuer les derniers kilomètres en ville</small>	0% à 100% 94%	Long à Rapide	Difficile à Facile	VTL, PP

Nota Bene : le chapitre introductif du document détaille l'ensemble des hypothèses retenues

Illustrations



Source Mercedes



Source : Renault Trucks



Source : Moddec

Axe Carburant – Fiche n° 1 Choix du mode de propulsion FICHE DETAILLEE

Contexte et réglementation

Plusieurs solutions alternatives aux moteurs diesel existent. Elles sont toutes basées sur la substitution de tout ou partie de la consommation de carburants fossiles par l'utilisation de l'électricité : solution de Stop & Start, motorisation hybride ou motorisation électrique, les deux dernières étant émergentes et ne couvrant pas l'ensemble des véhicules de transport routier de marchandises.

Ces technologies présentent plusieurs points forts d'un point de vue environnemental, notamment par rapport aux émissions de CO₂ et de polluants, mais aussi en terme de bruit. Le recours à des technologies basées sur l'utilisation de l'électricité en remplacement de carburants fossiles permet d'éliminer les émissions directes de polluants (pour la partie basée sur l'utilisation de l'électricité) et de CO₂.

Ce point pourrait devenir primordial à l'avenir du fait des réflexions en cours concernant la possibilité de création de zones d'action prioritaires pour l'air (ZAPA)¹ pour les agglomérations de plus de 100 000 habitants. Ces ZAPA ont été définies dans l'article L228-3 du code de l'environnement (article créé par la loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 - art. 182). Le principe appliqué est celui de l'interdiction de circulation dans la zone concernée, pour certaines catégories de véhicules, en fonction de critères environnementaux préalablement définis. Les modalités d'application de ce principe seront précisées suite aux expérimentations lancées dans certaines villes. De plus, au-delà de la création de ces zones, certaines agglomérations ont déjà mis en place des réglementations visant à inciter à l'achat de véhicules « propres ».

En outre, depuis le 1er janvier 2007, les professionnels du transport livrant dans Paris sont soumis à un règlement tenant compte du principe environnemental, les véhicules « propres » étant les seuls à pouvoir livrer 24h/24. En ce qui concerne la livraison de jour, le règlement² prévoit la réservation du créneau horaire 17h-22h aux seuls véhicules³ propres de livraison électriques, gaz, hybrides et aux véhicules respectant la norme « Euro ».

D'autres modes de propulsion que ceux présentés dans cette fiche font l'objet d'une R&D intensive et pourraient arriver sur le marché dans les années à venir (pile à combustible, propulsion bi- ou tri-mode....). Toutefois, en l'état actuel du marché, il a été choisi de ne présenter que les solutions suivantes : Stop and Start, motorisation hybride et motorisation électrique.

¹ Pour plus d'informations sur les ZAPA, voir la page internet de l'ADEME :

<http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=73612&ref=23980&p1=B>

² Charte des bonnes pratiques des transports et livraisons dans la Ville de Paris.

³ Avec une surface au sol inférieure à 23 m².

Solution 1 : Stop & Start

Comment ça marche ?

La technologie Stop & Start entraîne d'abord la coupure automatique du moteur dès l'immobilisation du véhicule (suite à un arrêt à un feu rouge ou dans un embouteillage par exemple) puis son redémarrage après relâchement de la pédale de frein. Elle correspond au premier niveau d'hybridation⁴. Le système s'actionne à l'aide d'un dispositif électrique alterno-démarrreur.

Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de CO₂

Afin d'estimer l'impact de cette solution, il faut connaître le nombre d'heures annuel pendant lequel le véhicule est à l'arrêt au ralenti (via une estimation ou grâce à l'informatique embarquée). Le tableau ci-dessous présente des gains pour différentes fréquences d'arrêt du véhicule.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à	
			5 arrêts de 10-60 s/h (92 heures par an)	10 arrêts de 10-60 s/h (183 heures par an)
(% de réduction des émissions de CO ₂)				
Véhicule de transport léger	Urbain	≤3,5 t	2,5%	5,0%
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	1,0%	2,0%
Grand porteur	Régional	>12 t	-	-
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	-	-

Sources et hypothèses :

- Petit porteur : consommation moyenne à l'arrêt : 1,1 litres/ h, 50 000 km parcourus annuellement, consommation de 20 litres/100 km. Nombre de jours d'utilisation des véhicules : 220 jours (source CNR)
- Véhicule de transport léger : Donnée constructeur (retours de banc d'essai, sur cycle urbain, base fourgon 125 CV, consommation moyenne au ralenti : 2 litres/ h ; 18 400 km parcourus annuellement, consommation de 10 litres/ 100 km.

Domaine de pertinence

Le Stop & Start est fréquemment utilisé sur les véhicules de transport léger et les petits porteurs, pour les usages nécessitant des arrêts fréquents (arrêts aux feux, embouteillages, livraisons). Le gain de carburant sera d'autant plus important que le trajet comporte de nombreuses phases avec moteur au ralenti. Le gain sera donc plus élevé dans le cas d'une tournée que dans le cas d'une course de point à point. Outre le gain de consommation de carburant, le Stop & Start est très apprécié des chauffeurs du fait du confort de conduite qu'il procure (silence pendant les périodes d'arrêt du véhicule).

A contrario, sur des trajets principalement routiers avec peu d'arrêts, ce système ne présente pas d'intérêt.

Enfin, le système Stop & Start est à proscrire en transport frigorifique urbain avec un véhicule de transport léger ou un porteur équipé d'un groupe non autonome, car il aurait une incidence néfaste sur le fonctionnement des groupes.

Mise en Œuvre

Ce système doit être choisi dès l'achat du véhicule. L'adaptation sur un véhicule existant est trop coûteuse. En outre, elle pose souvent des problèmes liés au fait que l'on modifie la chaîne cinématique (problèmes d'homologation) et que le démarreur doit être renforcé (moteur électrique direct sur le volant moteur).

Le surcoût à l'achat est inférieur à 1000 € pour un poids-lourd et inférieur à 500 € pour un véhicule de transport léger.

⁴ Rapport de l'Assemblée Nationale : Définition et Implications du concept de voiture propre.



A priori, le Stop & Start n'a pas d'impact négatif significatif sur l'usure des démarreurs, qui sont conçus pour des fréquences d'arrêts élevées. En considérant les gains potentiels et les coûts présentés ci-dessus, on peut considérer que le retour sur investissement sera rapide (< 1 an) à partir de 5 arrêts par jour. Cette solution est relativement simple à mettre en œuvre. La faisabilité de cette solution est donc élevée.

Suivi de la solution

Indicateur de suivi de la solution :

- pourcentage de véhicules équipés de la technologie Stop & Start dans le parc (%).

Modalités pratiques de collecte des données :

- exploitation du fichier de suivi de la flotte de véhicules et suivi des temps passés à l'arrêt (moteur au ralenti).

Solution 2 : Véhicules hybrides

Comment ça marche ?

La motorisation hybride consiste à associer en série ou en parallèle une motorisation thermique et une motorisation électrique. Deux fonctions principales sont assurées grâce à la motorisation électrique, le démarrage du véhicule puis l'optimisation de l'utilisation du moteur thermique notamment lors des fortes sollicitations (en réduisant les besoins de puissance par rapport au moteur thermique). La plupart du temps, les batteries du moteur électrique se rechargent en utilisant une partie de la puissance du moteur thermique ou lors des phases de freinage.

L'utilisation de l'électricité comme source d'énergie pour certaines fonctions des véhicules routiers offre de nombreux avantages au niveau environnemental (absence de pollution en milieu urbain, réduction du bruit), énergétique et technique (robustesse et performances énergétiques des moteurs). De plus, contrairement aux véhicules électriques, les véhicules hybrides ne nécessitent pas d'infrastructures d'approvisionnement spécifiques (sauf pour les véhicules hybrides dits « plug-in »).

Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de CO₂

Plus le véhicule hybride sera affecté à un usage urbain avec de nombreux arrêts, plus les gains de consommation seront importants. A contrario, un véhicule hybride affecté principalement à des trajets sur autoroute avec peu d'arrêts ne présentera qu'un gain de consommation très faible puisque la partie électrique du moteur sera très peu sollicitée et le surcoût de l'hybride ne compensera pas le gain issu de la diminution de la consommation de carburant.

L'hybridation pour un moteur diesel permet de diminuer de 10 à 30% la consommation selon la technologie. Des mesures en exploitation réelle montrent que pour des hybrides de type parallèle diesel/électrique, la consommation est réduite de 20 à 30% sur des trajets péri-urbains et de 3% sur autoroute (Source : ADEME). L'hypothèse retenue ici est un gain de l'ordre de 10 à 15% en termes de consommation de carburant lors du remplacement d'un porteur à usage urbain fonctionnant préalablement au gazole par un véhicule hybride de même catégorie (Source : Les poids lourds propres et économes - Les évaluations de l'ADEME (CD-Rom ADEME Opticamion), ADEME, 2006).

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à la solution (% de réduction des émissions de CO ₂)
Véhicule de transport léger	Urbain	≤3,5 t	-
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	10% - 15%
Grand porteur	Régional	>12 t	10% - 15%
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	-

Domaine de pertinence

L'hybride apporte une réponse aux utilisateurs qui font principalement des trajets urbains avec de nombreux arrêts. En outre, contrairement au véhicule électrique, l'hybride n'a pas de contrainte d'autonomie.

L'offre commerciale actuelle de véhicules hybrides est limitée aux véhicules ayant un PTAC entre 3,6 t et 19 t. Il n'existe pas pour l'instant d'offre pour les véhicules de transport léger.

Mise en Œuvre

L'offre commerciale de poids lourds avec une motorisation hybride est en développement et pourra évoluer rapidement dans les prochaines années. Les coûts associés vont aussi évoluer rapidement. Il est conseillé de se rapprocher des fournisseurs de véhicules pour échanger avec eux sur les coûts et bénéfices de leurs véhicules. Il est donc préconisé de réaliser une étude de faisabilité technico-économique avant la mise en place de cette solution, intégrant notamment les contextes d'utilisation de ces véhicules.



Par ailleurs, la faisabilité de cette solution peut être considérée comme moyenne du fait des problèmes de disponibilité de ces véhicules (offre encore restreinte).

Suivi de la solution

Indicateur de suivi de la solution :

- pourcentage de véhicules hybrides dans le parc (%).

Modalités pratiques de collecte des données :

- exploitation du fichier de suivi de la flotte de véhicules.

Solution 3 : Véhicules électriques

Comment ça marche ?

Le principe de fonctionnement d'un véhicule électrique consiste à stocker l'énergie sous forme électrique grâce à l'utilisation d'un système de stockage. L'énergie stockée est transmise au moteur par l'intermédiaire d'un contrôleur qui transforme le courant continu de la batterie en courant alternatif.

La recharge des véhicules électriques peut se faire par branchement au réseau électrique. Le moteur électrique peut également transformer l'énergie cinétique du véhicule en énergie électrique pendant les phases de décélération et de freinage, ce qui permet de recharger la batterie.

Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de CO₂

Bien qu'elle n'engendre aucune consommation directe de carburant fossile, l'utilisation d'un véhicule électrique nécessite une production d'électricité, elle-même à l'origine d'émissions de gaz à effet de serre. Toutefois, compte tenu du « mix énergétique » de la production française d'électricité⁵, on estime que la réduction des émissions de CO₂ par rapport à un véhicule similaire fonctionnant au gazole est proche de 95 %.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à la solution (% de réduction des émissions de CO ₂)
Véhicule de transport léger	Urbain	≤3,5 t	94%
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	94%
Grand porteur	Régional	>12 t	-
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	-

Source : calcul ADEME pour des véhicules de 3,5 t et de 5,5t.

Domaine de pertinence

Du fait de leur autonomie limitée (80 à 100 km en moyenne), les véhicules électriques sont surtout adaptés aux livraisons en ville et aux trajets sur courte distance. L'offre actuelle est restreinte aux véhicules d'un PTAC inférieur à 7 t : petits porteurs, fourgons compacts, fourgons et châssis-cabines.

La pertinence de l'usage des véhicules de transport léger électriques est étroitement liée à la mise en œuvre d'un travail collaboratif avec les collectivités (voir introduction à la fiche action « Orga 6 »). En particulier, la faible disponibilité des prises de recharge dans les centres villes constitue aujourd'hui un problème pour les entreprises.

Mise en Œuvre

Le coût d'achat d'un véhicule électrique est environ le double de celui d'un véhicule diesel de la même catégorie (coût des batteries inclus). A contrario, lors de la phase d'utilisation du véhicule, les coûts sont réduits de 90% (hors coût de renouvellement des batteries). Le coût d'une batterie est d'environ 30 000 € pour un véhicule de 5,5 t, pour une durée de vie de l'ordre de 8 ans. Dans le cas d'un fourgon compact, la batterie, d'une durée de vie de 8 ans, est proposée pour un loyer mensuel fixe de 75 € HT (sur la base de 15 000 km/an). Le surcoût à l'achat constitue aujourd'hui un frein à un retour sur investissement satisfaisant.

L'offre de fourgons compacts électriques est relativement éteffée. Les caractéristiques moyennes de ce type de véhicule sont les suivantes : charge utile : 650 kg, volume utile : 3 à 4,6 m³, autonomie revendiquée par les constructeurs : de l'ordre de 170 km. Le prix d'achat est de 15 000 à 17 000 € HT selon de la taille du véhicule (ce montant prend en compte le bonus fiscal de 7 000 € mais n'inclut pas le prix des batteries). Plutôt que d'acheter un véhicule électrique, les entreprises préfèrent souvent recourir à la location longue durée. Le coût de location est de l'ordre de 850 €/mois, soit le double du coût de location d'un véhicule de transport léger au gazole (450 à 500 €/mois).

Le retour sur investissement pour l'achat d'un fourgon compact électrique se situe autour de 3 à 4 années⁶.

⁵ En considérant les émissions moyennes de CO₂ engendrées par la production d'un kWh en France (incluant les pertes en ligne), soit 53 g de CO₂ éq en 2010. Source : Base Carbone 2012.

⁶ Retours d'expérience d'entreprises exploitant de grandes flottes de véhicules de transport léger.

L'offre des constructeurs de fourgons électriques commence à se développer. Elle est toutefois moins étoffée que celle des fourgons compacts, les constructeurs n'ayant pas encore trouvé le compromis « charge x volume » approprié. En outre, la conception des châssis des fourgons ne permet d'adapter facilement des batteries sur les véhicules.

L'intérêt de la motorisation électrique dans le cas des châssis-cabines est lié au fait que la cabine est légère et que les batteries sont plus faciles à loger que dans un fourgon : PTAC technique de 4,5 t, charge utile jusqu'à 1,9 t, autonomie moyenne jusqu'à 100 km. Ces véhicules sont homologués en France à 4,5 t (3.5 t + 1 t) grâce à la réglementation spécifique liée aux « véhicules propres » (conduite avec le permis B).

Les « maxi porteurs » électriques (quadricycles lourds⁷) offrent un volume utile de 1,8m³ et 600 kg de charge utile, une vitesse maximale de 45 km/h et une autonomie de 75 km/h. Le prix varie de 9000 € d'occasion à environ 17 000€ neuf. Leur usage est encore peu développé.

Les véhicules de transport léger électriques, conçus spécifiquement pour le transport urbain frigorifique, commencent à apparaître sur le marché. Il s'agit de véhicules de 4 à 8m³ de capacité et de 450 kg de charge utile, utilisant la technologie d'apport extérieur de glace carbonique. Ils pourront être utilisés par exemple pour la livraison des points de restauration rapide, pour le e-commerce alimentaire, le portage de repas à domicile ou la distribution de produits de santé.



La disponibilité des infrastructures de recharge des batteries

C'est un point crucial à étudier en détail avant de procéder à l'achat d'un véhicule électrique. Il est en effet souvent difficile aujourd'hui de disposer d'un garage ou d'un dépôt équipé de prises de branchement au réseau. Pour beaucoup d'entreprises de livraison urbaine, le manque de bornes de recharge constitue un obstacle majeur à l'acquisition de véhicules de transport léger électriques. Les demandes effectuées auprès des gestionnaires de parkings ont beaucoup de difficultés à aboutir.

Deux types de solutions sont envisageables pour une entreprise de transport qui souhaite recharger ses véhicules électriques en milieu urbain :

- La solution « privatisée » consistant à acheter une place dans un parking et à l'équiper,
- La solution « location d'un emplacement avec prise de recharge » dans un lieu stratégique (parking public...).

En outre, la charge utile d'un véhicule électrique est parfois inférieure à celle d'un véhicule standard. Ce point peut avoir un impact sur l'organisation du transport en augmentant, dans certains cas, le nombre de trajets à effectuer. Cet aspect doit être considéré par l'utilisateur lors de l'analyse de cette solution.

La nécessité de mettre en place une nouvelle organisation du transport (autonomie limitée et temps de recharge) et la disponibilité limitée de ces véhicules font que cette solution est relativement difficile à mettre en œuvre. Sa faisabilité se situe donc entre moyenne et difficile.

⁷ Règlementairement, un quadricycle lourd est un véhicule à moteur à quatre roues dont la puissance maximale nette du moteur est inférieure ou égale à 15 kilowatts, le poids à vide n'excède pas 550 kilogrammes pour les quadricycles affectés au transport de marchandises, la charge utile n'excède pas 1 000 kilogrammes s'ils sont destinés au transport de marchandises, et qui ne répond pas à la définition des quadricycles légers à moteur (source : Livre 3 - Titre 1er Dispositions techniques (Article L311-1 -1 à L318-4) (Articles R311-1 à R318-8) - Chapitre Ier - Décret R311-1).

Enfin, il est nécessaire de s'assurer, dans le cas des véhicules de transport léger électriques effectuant des livraisons urbaines avec une utilisation intensive du hayon arrière, que la surconsommation électrique induite par le hayon est compatible avec la capacité des batteries du véhicule. Ce point doit être étudié en détail avec le fabricant au moment de l'achat du véhicule.

Suivi de la solution

Indicateurs de suivi de la solution :

- kilométrage parcouru par les véhicules électriques (km) ;
- consommation d'électricité correspondante (en kWh) ;
- pourcentage de véhicules électriques dans le parc (% en nombre).

Modalités pratiques de collecte des données :

- exploitation du fichier de suivi de la flotte de véhicules, suivi de la consommation électrique des véhicules.