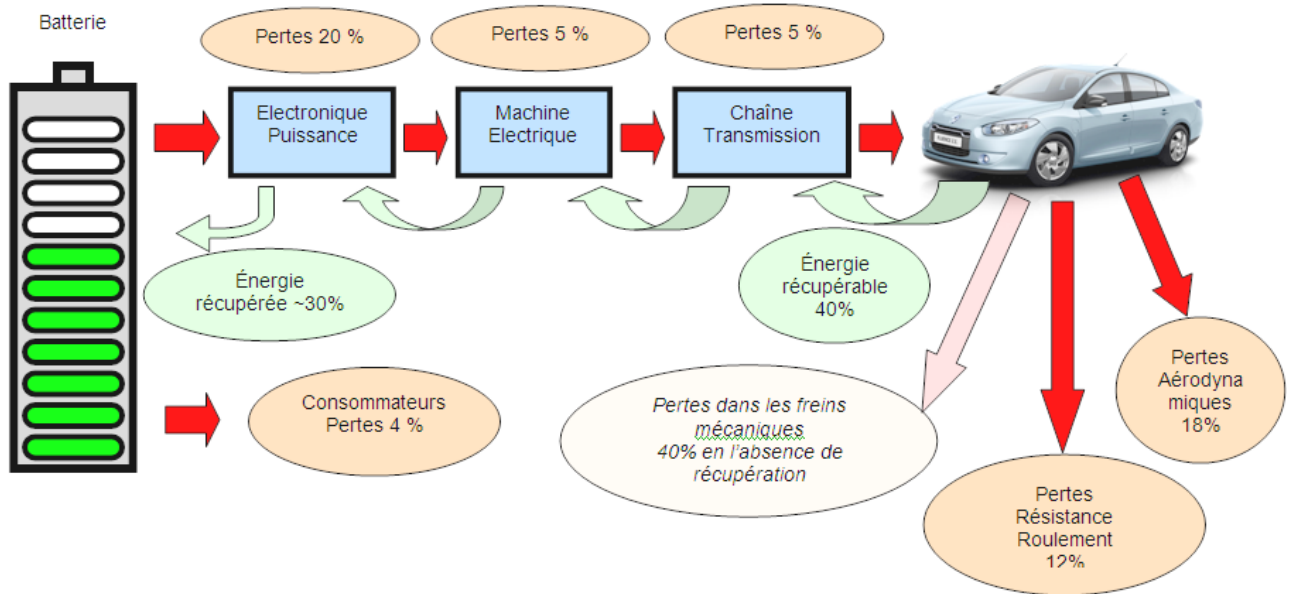


Cinématique : Frein à récupération d'énergie (Centrale MP 12)

Pour réduire l'empreinte carbone du secteur transport des particuliers, plusieurs constructeurs automobiles développent des véhicules électriques avec des systèmes de récupération d'énergie au freinage. Le support utilisé comme illustration de ce principe innovant est la Renault « Fluence Zéro Émission » commercialisée courant 2012 en Europe.



Pour récupérer l'énergie cinétique du véhicule lors des phases de freinage, on exploite la réversibilité de la chaîne d'énergie électrique en faisant fonctionner l'actionneur électrique de la chaîne de transmission en mode générateur.

Le système de récupération d'énergie lors des freinages obéit au cahier des charges suivant :

Fonctions	Énoncé	Critères	Niveaux
FS1	Assurer la décélération du véhicule imposée par le conducteur	Freinage nominal en cycle urbain	Route horizontale
		Vitesse initiale	50 km·h ⁻¹
		Distance d'arrêt	50 m
FS2	Récupérer une quantité optimale d'énergie dans la batterie	Minimum d'énergie économisée par rapport à un véhicule électrique traditionnel sur une <i>séquence urbaine type</i>	25 % d'énergie économisée
FS3	Assurer le confort du conducteur et de ses passagers	Décélération en régime permanent à la levée du pied	2 m·s ⁻²
		Limitation des à-coups	Premier dépassement en décélération inférieur à 50% de la valeur en régime permanent, lors d'un freinage nominal
		Limitation des vibrations	Moins de 5 oscillations en décélération en dehors de la bande ±5% autour de la courbe gabarit
FS4	Arrêter le véhicule en toute sécurité	Mode freinage mécanique privilégié lors d'un freinage d'urgence	Pour une vitesse initiale de 50 km·h ⁻¹ , la distance d'arrêt maximale doit être de 15 m

On appelle *séquence urbaine type*, un trajet entre deux feux tricolores, en ligne droite, sur une route horizontale et composé :

- ✓ D'une phase d'accélération de $0 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ à $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (durée $t_1 - t_0 = t_a$).
- ✓ D'un parcours de 500 m à une vitesse constante de $V_0 = 50 \text{ km/h}$ (durée $t_2 - t_1$).
- ✓ Puis d'une phase de décélération (durée $t_3 - t_2 = t_f$) avec arrêt au feu à l'instant t_3 en respectant la situation de freinage nominal évoquée précédemment.

La décélération commandée par la levée du pied de la pédale d'accélérateur, correspond au « frein moteur » d'un véhicule thermique.

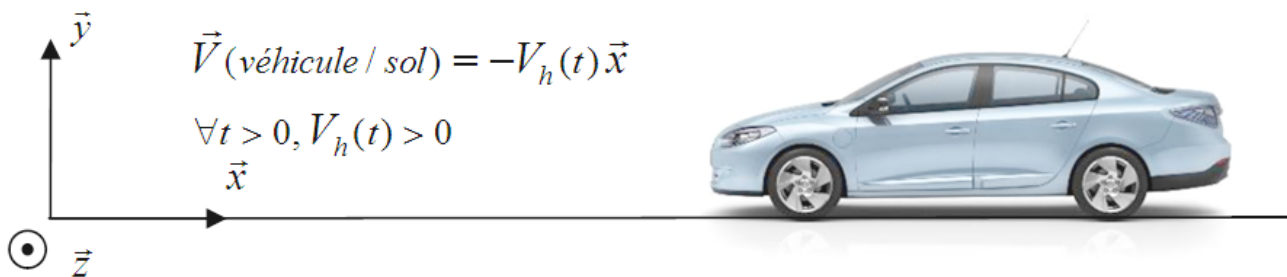
Pour des raisons de confort et d'habitude de conduite, elle est choisie proche de $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Cette valeur est légèrement supérieure à celle obtenue par le frein moteur d'un véhicule thermique. De plus, cette décélération a l'avantage d'être très reproductible, contrairement à celle d'un véhicule thermique qui est fonction notamment de la vitesse engagée.

Q1. Indiquer trois raisons incitant les usagers des véhicules électriques à décélérer sans utiliser la pédale de frein, par rapport aux habitudes de conduite d'un véhicule thermique.

Étude de la séquence urbaine type

On adopte un modèle ramené dans le plan, dans la mesure où l'on considère que le véhicule se déplace en ligne droite horizontale.



- On note :
- $\vec{V}(\text{véhicule} / \text{sol}) = -V_h(t) \vec{x}$ la vitesse du véhicule par rapport au sol.
 - $\vec{\gamma}(\text{véhicule} / \text{sol}) = -\gamma(t) \vec{x}$ l'accélération du véhicule par rapport au sol.

Q2. Dans le cas d'un freinage nominal, $\gamma(t) = \gamma_n = -2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, déterminer la distance parcourue en partant d'une vitesse initiale $V_0 = 50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Conclure au regard des critères du cahier des charges.

Pour simplifier, on considère que la phase d'accélération de 0 à $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ se fait avec l'accélération $\gamma(t) = (-\gamma_n) = 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Q3. Tracer l'évolution temporelle de la vitesse $V_h(t)$ du véhicule par rapport au sol en fonction du temps sur la séquence urbaine type et définir son expression en fonction de γ_n , V_0 et t_2 sur chaque intervalle de temps $[t_0, t_1]$, $[t_1, t_2]$ et $[t_2, t_3]$. Donner les valeurs numériques des durées $t_1 - t_0 = t_a$, $t_2 - t_1$ et $t_3 - t_2 = t_f$.