

Le Solex électrique : *eSolex*

1.1 CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES



Vitesse maximale : $35 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$

Autonomie : environ 1 h 30 min (soit entre 25 et 40 km selon les conditions d'utilisation)

Masse (sans batterie) : 36 kg

Hauteur de selle : minimum : 82 cm - maximum : 90 cm

Roues de 17 pouces avec jantes en aluminium à rayons et pneus $17 \times 2 \frac{1}{4}$. (diamètre : $d_{\text{roue}} = 0,546 \text{ m}$)

1.2 MOTEUR



Contrairement au cyclomoteur Solex d'origine, le e-Solex est passé à une propulsion électrique d'où son nom « e-Solex ». Le moteur n'est plus placé à l'avant mais dans le moyeu de la roue arrière. Ce moteur électrique est de type brushless, alimenté en triphasé sous 36 V.

1.3 ASSISTANCE AU MOTEUR PAR PÉDALAGE



Le cyclomoteur est équipé d'un pédalier permettant d'assister si nécessaire le moteur. La transmission entre le pédalier et la roue arrière est réalisée par un dispositif de plateau-chaîne-pignon. Cela permet aussi d'utiliser le e-Solex lorsque la batterie est déchargée.

Rendement de la transmission : $\eta_p = 0,9$

Les pédales sont par ailleurs repliables.

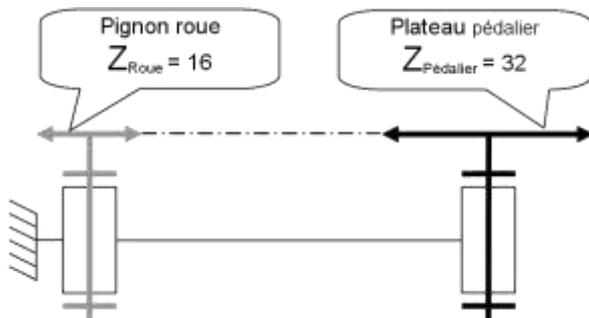


Figure 2

1.4 VALIDATION DE LA PUISSANCE DU MOTEUR ET DE L'ASSISTANCE PAR PÉDALAGE

Le problème majeur de tous véhicules et notamment des véhicules électriques est la consommation d'énergie. Avant d'envisager une augmentation de la puissance du moteur qui aurait nécessairement un impact négatif sur la consommation d'énergie, le comportement du cyclomoteur doit être analysé sur un parcours urbain.

Nous allons étudier le comportement du e-solex lorsqu'il gravit une côte de longueur 400 m avec un dénivelé de 25 m.

Les hypothèses suivantes seront faites :

- l'utilisateur effectue ce parcours à une vitesse stabilisée égale à $22 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$;
- la masse totale à déplacer vaut : $M_t = 115 \text{ kg}$;
- la masse volumique de l'air est égale à $1,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$;
- la surface de traînée ($S \times C_x$) est égale à $0,53 \text{ m}^2$;
- le coefficient de résistance au roulement C_r est égal à $0,005$;
- le couple moteur C_{mot} est constant et vaut 21 Nm .

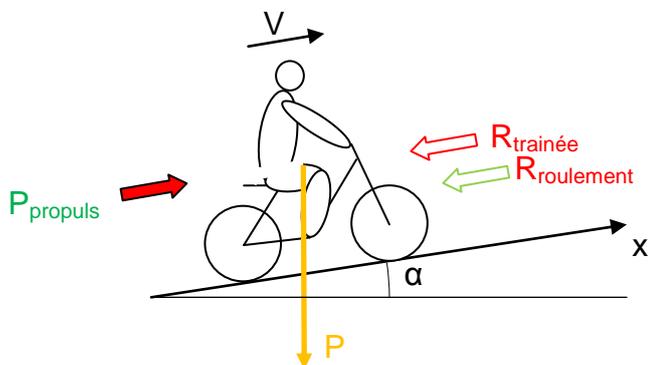
La résistance à l'avancement ou résistance aérodynamique est donnée par la traînée que produisent l'e-Solex et son pilote en mouvement. Elle se calcule grâce à la relation suivante :

$$R_{\text{Traînée}} = \frac{1}{2} \times \rho \times S \times C_x \times V^2$$

$R_{\text{Traînée}}$: résistance à l'avancement en N
 ρ : masse volumique de l'air en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
 S : surface de référence en m^2
 C_x : coefficient aérodynamique
 V : vitesse de déplacement en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

La résistance au roulement est la force qu'opposent au déplacement les pneus du e-Solex. Elle est calculée à partir du coefficient de résistance au roulement C_r donné par le constructeur du pneu. On obtient la valeur de cette résistance au roulement par la relation suivante (m : masse totale en mouvement) :

$$R_{\text{Roulement}} = C_r \times m \times g$$



Question 1 : Calculer la résistance aérodynamique et la puissance correspondante $P_{\text{traînée}}$

$$R_{\text{Traînée}} = \frac{1}{2} \times \rho \times S \times C_x \times V^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 0,53 \cdot 6,11^2 = 11,88 \text{ N}$$

$$P_{\text{Traînée}} = \overrightarrow{R_{\text{Traînée}}} \cdot \vec{V} = R_{\text{Traînée}} \cdot V \cdot \cos(180) = -72,56 \text{ W}$$

Question 2 : Calculer la résistance au roulement et la puissance correspondante $P_{\text{roulement}}$

$$R_{\text{Roulement}} = C_r \times m \times g = 0,005 \cdot 115 \cdot 9,81 = 5,64 \text{ N}$$

$$P_{\text{Roulement}} = \overrightarrow{R_{\text{Roulement}}} \cdot \vec{V} = R_{\text{Roulement}} \cdot V \cdot \cos(180) = -34,46 \text{ W}$$

Question 3 : Calculer la puissance du poids : P_{poids}

$$P_{\text{Poids}} = \overrightarrow{P} \cdot \vec{V} = P \cdot V \cdot \cos(\alpha + 90) = -P \cdot V \cdot \sin(\alpha) = -P \cdot V \cdot \frac{25}{400} = -430,81 \text{ W}$$

A vitesse constante, la somme des valeurs absolues des trois puissances calculées ci-dessus donne la puissance de propulsion.

Question 4 : Calculer la puissance de propulsion : P_{propuls}

$$P_{\text{Propuls}} = |P_{\text{Traînée}}| + |P_{\text{Roulement}}| + |P_{\text{Poids}}| = 537,84 \text{ W}$$

Question 5 : Calculer la vitesse de rotation du moteur permettant d'atteindre la vitesse de 22 km/h : ω_{moteur}

$$\omega_{\text{moteur}} = \frac{V}{R} = \frac{6,11}{0,273} = 22,38 \text{ rad/s}$$

Question 6 : Calculer la puissance du moteur : P_{mot}

$$P_{\text{mot}} = C_{\text{mot}} \cdot \omega_{\text{moteur}} = 21 \cdot 22,38 = 470 \text{ W}$$

Question 7 : La puissance actuelle du moteur permet-elle d'atteindre cette vitesse dans les conditions souhaitées ?

$$P_{\text{mot}} = 470 \text{ W} < 537,84 \text{ W} = P_{\text{Propuls}} \quad \text{donc le moteur ne suffit pas}$$

Une assistance à la motorisation par pédalage est possible, sans réel désagrément pour l'utilisateur du cyclomoteur si :

- la puissance apportée par l'utilisateur n'excède pas 150 W, c'est-à-dire celle d'une marche courante ;

Question 8 : Calculer la puissance que devra apporter l'utilisateur par un pédalage : $P_{\text{pédalage}}$
Cette puissance entraîne-t-elle un réel désagrément ?

$$\eta_p = \frac{P_{\text{Propuls}} - P_{\text{mot}}}{P_{\text{pédalage}}} \quad \text{donc : } P_{\text{pédalage}} = \frac{P_{\text{Propuls}} - P_{\text{mot}}}{\eta_p} = \frac{537,84 - 470}{0,9} = 75,38 \text{ W} < 150 \text{ W}$$

La puissance de pédalage requise n'induit pas de désagrément.