

Vélo électrique

Banc d'analyse des performances

Proposition

Une voiture consomme environ 100 fois plus de Watt-heure qu'un vélo à assistance électrique.

Il y a un enjeu fort à inciter à l'usage du vélo à pédalage assisté.

La réalité des consommations musculaires et électriques mises en jeu doit être affinée, d'où l'idée d'un banc de test

Le vélo à assistance électrique est un produit soumis à la norme suivante :

- 250W max
- assistance coupée au-delà de 25km/h
- assistance conditionnée par le pédalage

Les produits homologués proposés sur le marché sont très diversifiés, depuis les vélos électriques dessinés et fabriqués spécialement pour assurer cette fonction, jusqu'aux kits d'assistance qui peuvent se monter sur un vélo classique. La plupart des comparatifs sont réalisés par des revendeurs ou par des journalistes à partir d'essais en milieu ouvert. Ces essais ne sauraient refléter objectivement la réalité de l'assistance et donc les efforts musculaires à mettre réellement en jeu en fonction de l'environnement et de l'assistance fournie.

Le banc d'essai proposé ci-dessous permet de simuler le cycliste et l'environnement :

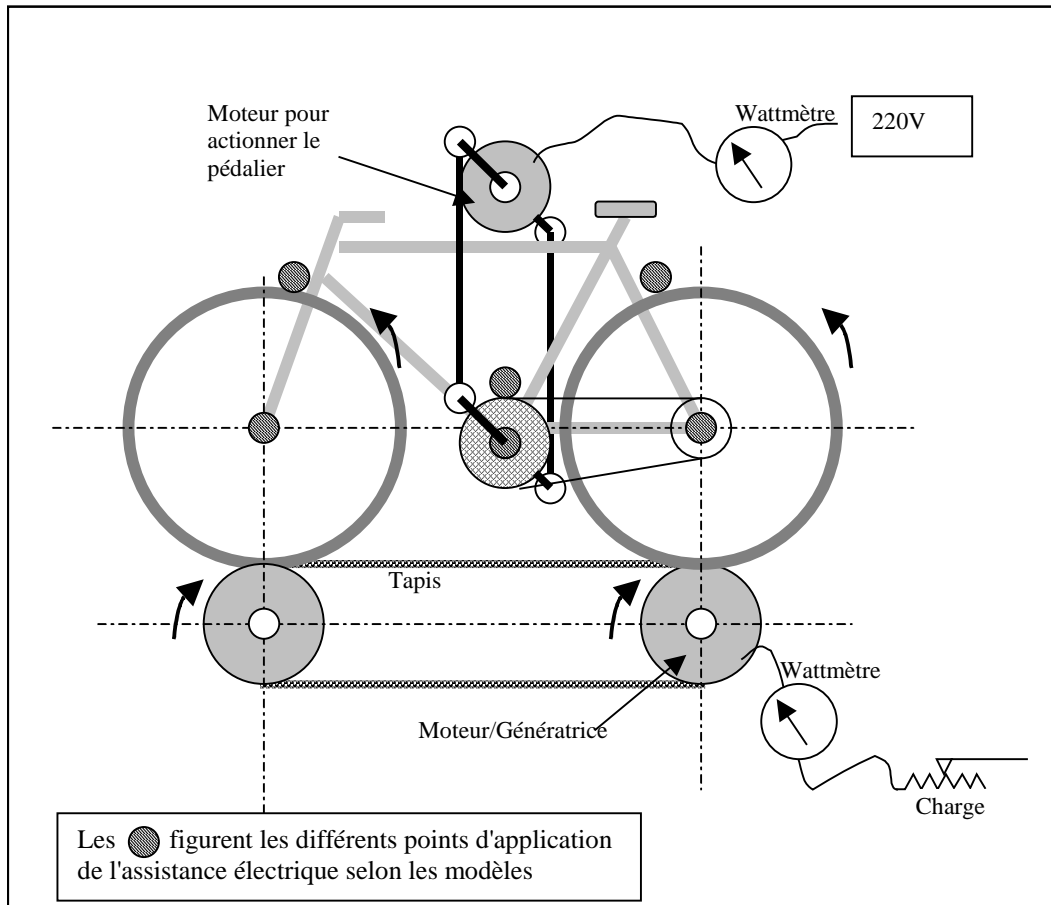
- l'effort musculaire sur les pédales
- la résistance à l'avancement liée à la vitesse du vent relatif
- les frottements
- les rampes
- les descentes

Le banc d'analyse permet de tester les fonctions d'assistance, y compris la commande de l'assistance, en particulier celles qui opèrent à partir de capteurs sur les manivelles du pédalier.

Le vélo électrique est placé en situation. Le banc d'essai calibre l'effort sur les pédale et mesure la résultante de l'effort musculaire et de l'assistance.

Le protocole d'essai a pour but de fournir des éléments sur le rendement de l'assistance électrique sur toute la plage d'utilisation et accessoirement tous les éléments caractéristiques du vélo testé, tels que le freinage, l'éclairage, le bilan des masses,...

1.1. Schéma de principe



Le vélo, lesté de 70kg, pneus à la pression nominale, est monté sur un tapis roulant, de telle façon que ses deux roues soient solidaires du tapis. Le tapis entraîne une génératrice électrique. Le moteur du vélo, qu'il assiste la roue avant ou la roue arrière, doit entraîner l'autre roue par l'intermédiaire du tapis.

La simulation de l'effort musculaire sur les pédales est réalisée par un moteur entraînant une paire de manivelles de même longueur que les manivelles du vélo.

L'ensemble du tapis doit avoir une inertie égale à celle du vélo chargé, de façon à simuler l'énergie des accélérations et des décélérations. Cette inertie varie avec le poids du vélo.

La réaction du tapis doit aussi simuler les rampes et les descentes. Dans les rampes, il doit freiner en proportion de taux de montée et de la masse du vélo chargé. Il faut aussi qu'il simule la résistance de l'air. Dans les descentes, il doit accélérer en tenant compte du taux de descente, de la masse du vélo chargé et du freinage lié à la résistance de l'air.

Le moteur/génératrice couplé au tapis permet de faire varier la résistance du tapis ou de l'accélérer. La commande de ce moteur est déterminée par un algorithme prenant en compte les masses, les taux de montée et de descente (%), le Cx théorique et la vitesse du vélo.

On note ici que le banc de test n'a pas pour objectif d'évaluer le rendement musculaire du cycliste qui est lié à sa taille et à sa position sur le vélo (hauteur de selle, position du guidon par rapport à la selle,...). Ces recherches sont déjà engagées à l'Inseps.

1.2. Protocole

- **Effort "musculaire" seul** : la puissance fournie au moteur d'action du pédalier est égale à la puissance restituée sur la génératrice entraînée par le tapis, diminuée des pertes de rendement des machines tournantes et des pertes dues aux frottements. Cette différence permet de "tarder" la plateforme.

- **Effort musculaire assisté** : l'assistance est engagée selon les différents modes possibles, sur une plage de vitesse 0-40 km/h

- **Autonomie** : la charge est calibrée pour que la puissance du moteur d'action du pédalier consomme 100 W. Le rayon d'action est la distance parcourue (nombre de tours X périmètre de la roue) tant que la puissance fournie sur la génératrice dépasse 200W. Le test est fait pour chacun des modes d'assistance possibles.

- Diagrammes de rendement :

La puissance musculaire est simulée à 10, 50, 100, 200 et 250W.

La rampe est simulée pour -15, -10, -5, 0, 5, 10 et 15%. La pente négative permet de connaître la traînée du moteur ou de mesurer l'énergie restituée

La puissance est mesurée sur toute la montée en vitesse.

La première série d'essais est conduite avec une batterie pleine, par une température de 20° environ.

Rendement avec batterie pleine

Muscle	Rampe	Puissance de traction mesurée										
		2km/h	4km/h	6km/h	8km/h	10km/h	12km/h	15km/h	20km/h	25km/h	30km/h	40km/h
10	-15											
	-10											
	-5											
	0											
	5											
50	10											
	15											
	-15											
	-10											
	-5											
100	0											
	5											
	10											
	15											
	-15											
200	-10											
	-5											
	0											
	5											
	10											
250	15											
	-15											
	-10											
	-5											
	0											

La deuxième série d'essais se fait après recharge de la batterie et après un parcours simulé de 20km en rampe de 3% avec une puissance musculaire simulée de 100W, soit avec une batterie vidée théoriquement de 120Wh¹.

La troisième série d'essais se fait après recharge et parcours de 30km à 3%.

La quatrième série après recharge et 40km à 3%.

¹ Toujours selon <http://www.kreuzotter.de/english/espeed.htm>, une puissance de 200W permet de faire du 16 km/h en rampe de 3% avec un vélo de 30kg et un cycliste de 70kg, soit une consommation d'énergie de 12Wh au km, dont la moitié produite par énergie musculaire.

1.3. Tableau des résultats

Marque du vélo		Déclenchement de l'assistance (capteur de force, capteur de mouvement mécanique, optique, magnétique)	
Modèle du vélo			
Cadre en plusieurs tailles			
Année de sortie du modèle		Réglage de l'assistance (x1%, x2%,...)	
Marque/modèle du Kit			
Photo du Vélo		Indicateur de capacité (précision, fiable, visible, lisible en marche,...)	
		Restitution d'énergie au freinage	
Type de vélo (Ville classique, ville spécifique électrique, route, VTT, pliable, couché, tricycle couché, triporteur, cyclopousse, spécifique)		Diagramme de rendement avec batterie pleine	
Assistance sur (moyeu avant, moyeu arrière, galet avant, galet arrière, moyeu pédalier, moteur central, moteur arrière)		Diagramme de rendement après 20km	
Transmission en cas de moteur central ou arrière			
Diamètre roues AV/AR			
Type et largeur de pneu			
Amortisseurs			
Porte-bagages			
Garde-boues		Diagramme de rendement après 30km	
Carter de chaîne			
Nombre de vitesses			
Eclairage avant			
Eclairage arrière			
Frein avant (sec, humide)			
Frein arrière (sec, humide)		Diagramme de rendement après 40km	
Répartition du poids (très stable à très instable)			
Poids Total			
Poids du moteur et de sa fixation (hors roue si moyeu moteur)			
Poids de la batterie et de sa fixation		Autonomie à 100W d'assistance	
Batterie amovible (non, avec clé, sans clé)		Durée de recharge	
Technologie de batterie (Pb, NiMh, LiPo...)		Câblage (fragile, connecteurs étanches,...)	