

Produit : Kit conversion VAE

1. Problématique

L'essor du vélo, notamment depuis la pandémie de COVID-19, a relancé l'intérêt pour des modes de transport doux, économiques et écologiques particulièrement dans les zones urbaines.

Dans ce contexte, la mobilité dite « douce » telle que le Vélo à Assistance Electrique (VAE) est devenu une alternative sérieuse à la voiture, surtout en milieu urbain. Le VAE est un vélo dont l'assistance électrique permet de pédaler plus facilement et sans s'essouffler.

Cependant :

Les coûts d'achat d'un VAE neuf restent élevés : entre 1 500 € et 3 000 € pour un modèle de bonne qualité.

Beaucoup de cyclistes ont déjà un vélo en bon état, voire un vélo haut de gamme qu'ils apprécient particulièrement.

Les utilisateurs recherchent plus de flexibilité : adapter leur vélo à leurs besoins plutôt que d'en acheter un nouveau tout-en-un.

Plusieurs sociétés ont développé des kits pour transformer les vélos existants en VAE à un prix inférieur à un VAE neuf.

L'objectif second est une mise en œuvre facile pour une installation par l'utilisateur.

De plus, les VAE sont l'objet de vols plus fréquents que les vélos traditionnels, ainsi, choisir un système escamotable rapidement, peu encombrant permet un parking du vélo plus sécurisant.

Le projet impose un cahier des charges, sous forme de diagramme des exigences, précisant les axes techniques à respecter afin de bien cibler les fonctionnalités et performances du système.



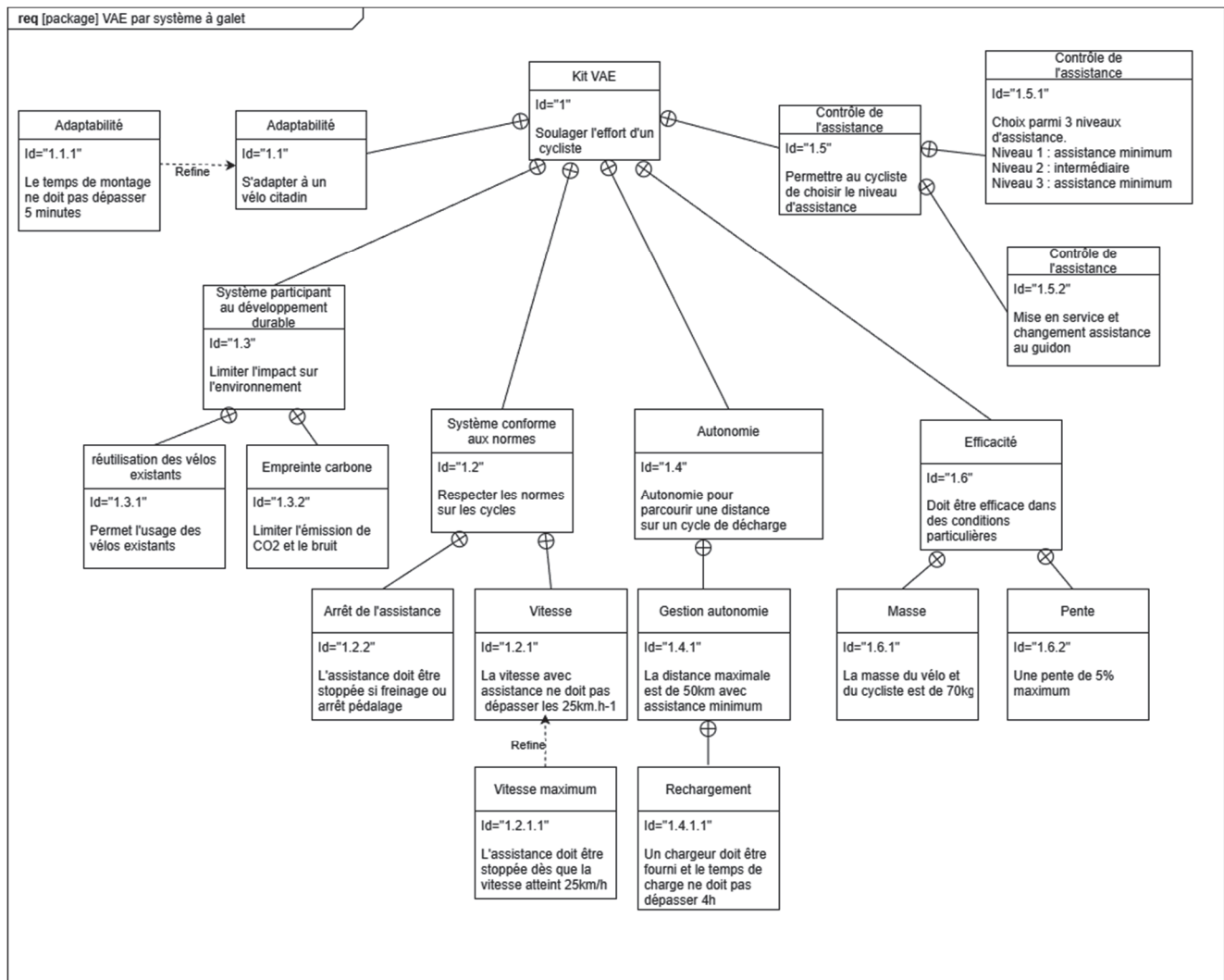


Figure 1 : diagramme d'exigences - SysML

2. Extrait de documentation technique d'un kit de conversion VAE à galet



Figure 2 : éléments du système à galet

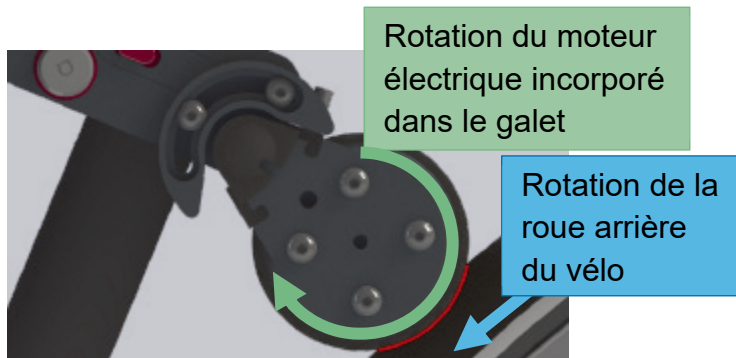


Figure 3 : Principe d'entraînement par friction

MODE DE FONCTIONNEMENT

OFF – Pas d'assistance, seulement disponible à partir de la commande Bluetooth. Le système est allumé, mais ne fournit pas d'assistance.

1 ECO – Assistance minimal, idéal pour les terrains plats et un maximum d'autonomie kilométrique.

2 ACTIVE – Assistance médium, idéal en ville ou environnement urbain, bonne performance de la batterie.

3 TURBO – Assistance maximum, idéal pour les montées et les segments difficiles, consommation élevée de la batterie.

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

La commande à distance permet de sélectionner un mode fonctionnement.

La batterie stocke l'énergie nécessaire à l'alimentation du système.

Le contrôleur permet de commander le {moteur+galet}.

Le galet entraîne par friction la roue arrière du vélo, fournissant ainsi une énergie cinétique en complément du pédalage du cycliste.

Le capteur de cadence de pédalage permet de détecter si le cycliste fournit un effort sur les pédales.

Le capteur de vitesse permet de mesurer la vitesse du vélo en instantanée.



Figure 4 : implantation d'un kit de conversion VAE amovible sur la roue arrière

Index de Performance	Éléments	Spécifications
Dimensions	L x l x h (mm)	225 x 200 x 90
Masse	en kg	2.1
Paramètres principaux	Vitesse max (km.h ⁻¹)	25
	Autonomie kilométrique dans les conditions standards (km)	50
	Pente max (°)	12
	Surfaces adaptées	Ciment, asphalte, sec et humide
	Température d'utilisation (°C)	-20 à 40
	Norme IP	IP65
Batterie	Tension nominale (V)	21.6
	Tension entrante max (V)	25.1
	Capacité nominal (mA.h)	10 000
	Pack incluant un « Battery Management System »	Protection : température, court-circuit, sous/sur tension, charge/décharge
Moteur	Tension nominale (V)	24
	Puissance max (W)	170
	Rotation par minute (rpm)	2500
Chargeur	Courant de charge max (A)	2.5
	Temps de chargement (h)	4

Figure 5 : Spécifications du système

3. Simulation

a. Présentation des conditions de simulation dites « standard »

Le tableau ci-après présente les caractéristiques techniques correspondantes à l'autonomie et au profil d'usage « standard » à simuler.

Profils d'usage	
Masse du système : Vélo+kit VAE+cycliste	70 kg
Autonomie kilométrique cible	50 km
Vitesse moyenne avec assistance électrique cible	25 km.h ⁻¹
Profils de route	A plat (pente 0°)
Vitesse du vent	Nulle
Niveau d'assistance	1 (sur 3)

Figure 6 : profil d'usage standard

b. Protocole de mise en œuvre du logiciel de simulation Matlab Simulink

Ouvrir le logiciel Matlab

Ouvrir le fichier « Modèle_kit_VAE » dans le dossier « Simulation ».

Prise en main du modèle

Double-Cliquer sur les blocs « moteur » et « batterie » afin de **renseigner** les données techniques (fig. 5).

Utiliser les données du tableau « Profil d'usage standard » (fig. 6) pour **paramétrer** les blocs correspondant du modèle Matlab (*Masse & Pente – bloc « couple opposé au mouvement », Nv d'assistance - bloc « variateur contrôle assistance »*).

c. *Profils d'usage « Spécifique »*

Profils d'usage	
Masse du système : Vélo+kit VAE+cycliste	100 kg
Autonomie kilométrique cible	20 km
Vitesse moyenne avec assistance électrique cible	20 km.h ⁻¹
Profils de route	Légère pente : 1°
Vitesse du vent	Nulle
Niveau d'assistance	3 (sur 3)

Figure 8 : profil d'usage Spécifique

4. Conception

Les caractéristiques des différentes technologies de batteries sont disponibles dans le tableau ci-dessous :

Critères	Plomb (AGM)	Lithium LiFePO4
Photographie		
Tension nominal	24V	24V
Taux de décharge utile	50% max	75%
Nombre de cycles	700 cycles	2000 cycles
Durée de vie estimée	4 à 6 ans	5 à 10 ans
Entretien	Non	Non
Tolérance chaleur/froid	Bonne	Bonne
Plage de température d'utilisation	-20°C à +50°C	-10°C à +50°C
Sensibilité au gel	Peut geler (léger risque)	Charge impossible < 0°C sans protection
Rendement énergétique	80%	90%
Poids	Lourd	Moyen
Densité énergétique	50 Wh/kg	110 Wh/kg
Coût d'achat	Faible (€)	Elevé (€€€)
Coût au cycle	Moyen	Moyen
Impact carbone fabrication	Élevé	Modéré (LiFePO4 peu toxique)
Recyclage	à 60%	à 95%
Écologie (usage global)	Moyen	Très bon
Utilisation recommandée	Petits/moyens systèmes réguliers	Installations exigeantes longue durée

Figure 7 : tableau comparatif des batteries au plomb et lithium LiFePO4

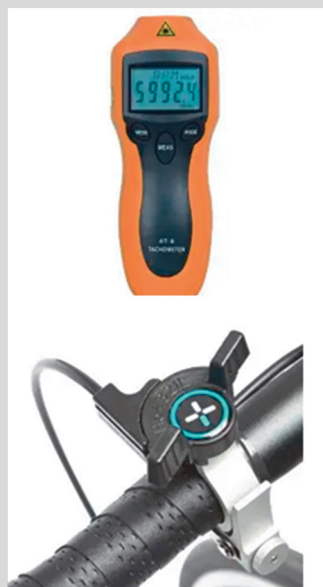
Batterie AGM		Batterie Lithium	
Tension/Capacité	Tarif	Tension/Capacité	Tarif
24V/8Ah	42€	24V/4Ah	80€
24V/14Ah	60€	24V/7Ah	130€
24V/22Ah	141€	24V/11Ah	250€
24V/38Ah	162€	24V/25Ah	462€
24V/60Ah	239€	24V/50Ah	757€
24V/90Ah	300€	24V/100Ah	983€
24V/110Ah	448€	24V/180Ah	1166€
24V/170Ah	556€	24V/200Ah	1980€

Figure 8 : tableaux comparatifs des tarifs en fonction du type de batterie et de la capacité

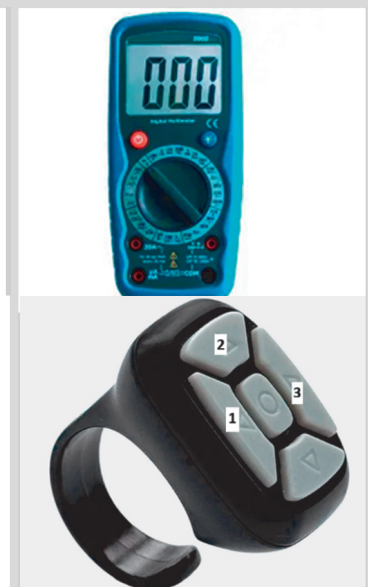
5. Expérimentation

Matériel mis à disposition :

- Un vélo est installé sur un home trainer pour simuler l'usage sur la route. La roue avant est bloquée.
- La roue arrière tourne sur des rouleaux et le système magnétique « freine » la roue arrière pour simuler une pente.
- Le système d'assistance à galet est monté sur la roue arrière.
- Un générateur d'impulsions simule le cadencement du pédalier.
- Tachymètre sans contact.
- Deux multimètres
- Document « Dimensionnement_kit_VAE.xlsx », onglet « Mesures vitesse et électriques »



Manette home trainer



Manette position du VAE

Protocoles de mesure :**De la vitesse maximale :**

Placer le réflecteur du tachymètre sur la roue arrière.

Sur le tachymètre, **appuyer** sur la touche « Mode » autant de fois que nécessaire pour obtenir le calibre en RPM (Nombre de tours par min pour mesure sans contact).

Pour obtenir la vitesse la plus grande possible sur le système, **mettre** le frein du Home trainer en position 0.

De la puissance électrique :

D'après le schéma électrique fig.9 ci-dessous, **Réaliser** le câblage selon le schéma ci-dessous et **régler** le calibre des appareils de mesure.

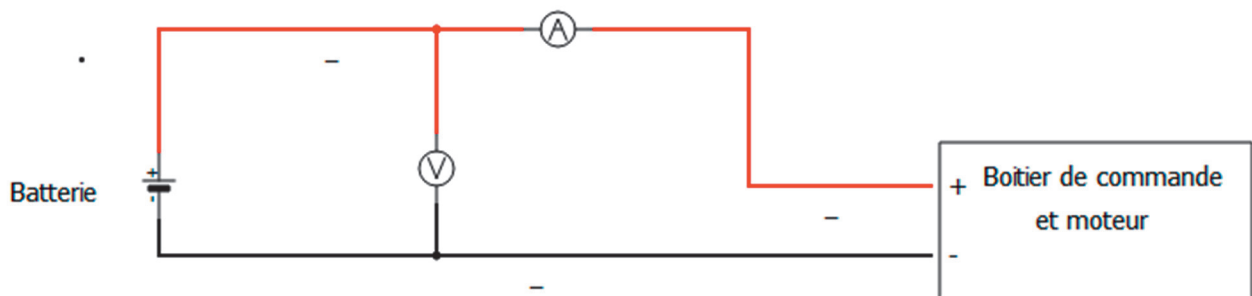


Figure 9 : schéma électrique du système

Comment sont câblés les multimètres ?

Faire vérifier le câblage par l'enseignant ressource puis réaliser le câblage.

Effectuer les mesures dans les conditions de la première série du document ressource.

Première série :

Pour obtenir la vitesse maximale, **mettre** le frein du Home trainer en position 0.

Faire les mesures dans chacune des 3 positions d'assistance du VAE.

Deuxième série :

Tourner la manette du home trainer en position 1.

Garder le niveau de l'assistance du VAE sur 3.