

# VÉLO À ASSISTANCE ÉLECTRIQUE INTERACTIF

## Dossier Produit

### VAE interactif



## Définition du produit réel

### 1. Présentation générale du produit réel

#### 1.1. Définition

Sans doute ne vous viendrait-il jamais à l'idée d'utiliser un poids lourd pour faire vos courses au supermarché, ou une moissonneuse-batteuse pour tondre votre gazon. Alors pourquoi faire appel, pour vos déplacements de proximité, à un véhicule conçu pour parcourir plusieurs centaines de kilomètres d'une seule traite, à savoir la voiture ?

En repensant notre mobilité et en choisissant les modes de transport les mieux adaptés à nos besoins de déplacements quotidiens. C'est pourquoi, à MATRA, nous avons créé une gamme complète de véhicules (vélos, scooters et quadricycles) entièrement électriques.

#### 1.2. Historique

Après 40 ans d'audace et d'innovation au service de l'automobile, Matra MS s'engage dans le développement, la fabrication et la distribution de véhicules légers innovants à propulsion électrique.

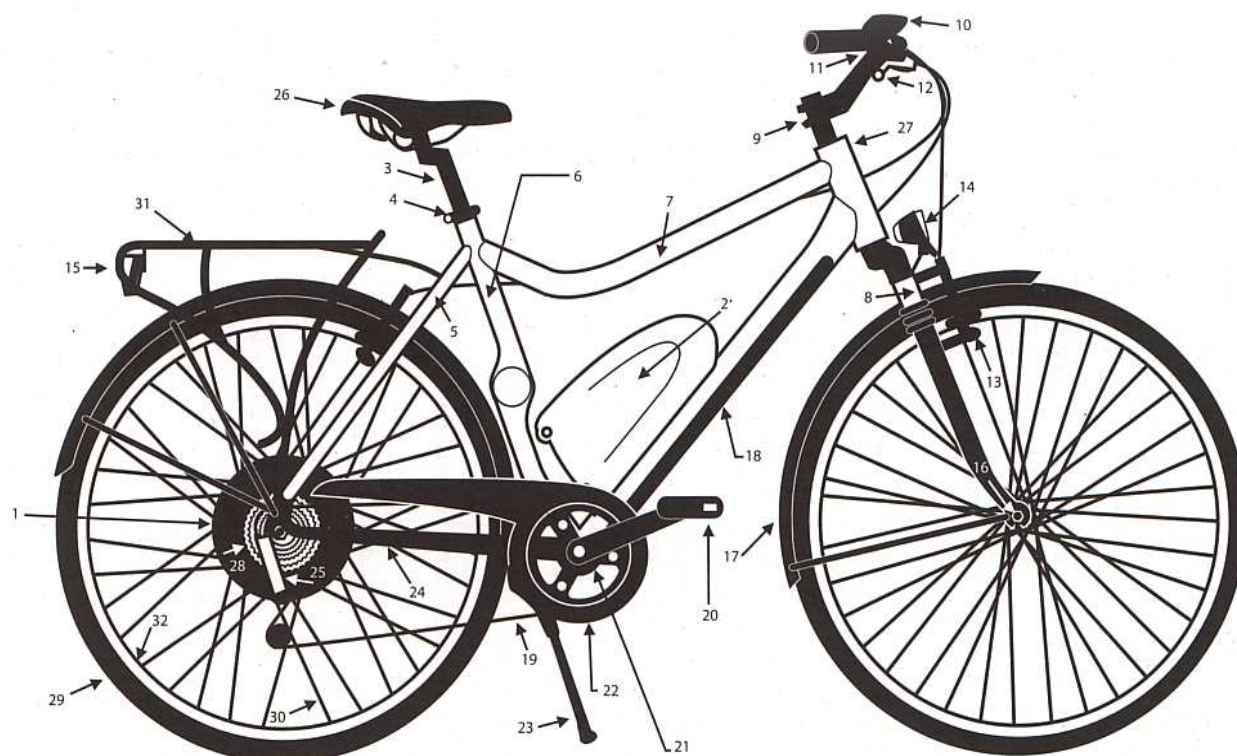
Une gamme de vélos électriques haute performance et de quadricycles électriques marque depuis 2006 l'entrée de Matra MS sur ce nouveau créneau. La gamme s'enrichit continuellement pour constituer une offre complète de véhicules légers électriques destinées aux collectivités locales, administrations, entreprises et particuliers.

#### 1.3. Gamme de produits E-BIKE



# VÉLO À ASSISTANCE ÉLECTRIQUE INTERACTIF

## 1.4. Présentation technique, commerciale, environnementale



# VÉLO

## À ASSISTANCE ÉLECTRIQUE INTERACTIF

### MATRA SPORTS i-STEP CITY

<b>Cadre</b>	New Blanc Satiné ou Aluminium Brossé - Aluminium 7005 T4 T6 S M L XL - unisexe - conçu et développé en France
<b>Composants</b>	Fourche aluminium 9 vitesses Shimano Deore Potence réglable à déclenchement rapide V-Brakes Shimano Deore LX Selle gel Royal Nuvola Lookin Pneus renforcés 700c Continental Contact 37 mm
<b>Equipements</b>	Garde-boue SKS Porte-bagages Pletscher Eclairage Trelock halogène (AV) / LED (AR) Antivol de cadre et chaîne plug-in 1,40m Couvre-chaîne Béquille Housse batterie, sacoche de potence
<b>Système électrique</b>	Moteur brushless Matra Sports powered by BionX dans la roue AR
<b>Batterie</b>	LiMn 26V 260Wh / Option LiMn 37 V 370 Wh Amovible avec antivol
<b>Temps de recharge batterie</b>	3h (80%) - 6 h (100%)
<b>Puissance</b>	250 W - 25 N.m
<b>Nombre de programmes moteur</b>	4 en assistance / 4 en régénération
<b>Principe d'assistance et de régénération</b>	Proportionnel à l'effort de pédalage
<b>Console</b>	Ordinateur de bord LCD Indicateur de charge batterie Antivol électronique à code PIN
<b>Vitesse de coupure de l'assistance</b>	25 km/h
<b>Autonomie</b>	30 - 80 km
<b>Poids total avec batterie</b>	23,5 kg
<b>Garantie</b>	2 ans - batterie 1 an
<b>Homologation</b>	Norme européenne EN15194 (EPAC)

\*Les caractéristiques techniques peuvent varier en fonction des pays.

### 1.5. Législation / Sécurité

La réglementation qui encadre l'utilisation du vélo à assistance électrique en France existe depuis plusieurs années déjà. Cette réglementation diffère d'un pays à un autre, même au sein de l'union Européenne. C'est toujours la législation dans laquelle le produit a été vendu qui est prioritaire, donc la France dans notre cas.

Le **vélo à assistance électrique** est considéré légalement comme une **bicyclette classique**.

**La Directive européenne 92/61/EEC indique qu'un VAE doit notamment respecter les caractéristiques suivantes :**

- La mise en route du moteur est conditionnée uniquement par le pédalage et doit se couper dès que l'on arrête de pédaler. Il faut donc obligatoirement un capteur de pédalage.
- L'assistance doit se couper à 25 km/h.
- La puissance nominale du moteur doit être de 250 watts maximum.
- Pas de poignée d'accélération, d'interrupteur, de bouton ou autre dispositif qui permette au vélo d'avancer tout seul (Un réglage d'assistance (25%, 50% etc...) est cependant possible).

Il faut donc bien être en présence d'une ASSISTANCE et non d'une PROPULSION.

À noter que la présence de "capteurs de freinage" coupant automatiquement l'assistance au moindre coup de frein n'est pas obligatoire.

# VÉLO À ASSISTANCE ÉLECTRIQUE INTERACTIF






Tout moyen présent sur le vélo qui permettrait à celui-ci d'avancer sans pédalage (poignée d'accélération, gâchette, ...) ferait sortir le vélo de la catégorie des vélos à assistance électrique.

**Si votre VAE ne respecte pas une seule ou plus des quatre conditions ci-dessus, vous serez assimilé à un cyclomoteur et vous aurez donc nécessairement trois obligations supplémentaires :**

- Assurance obligatoire véhicule 2 roues motorisées
- Port du casque.
- Immatriculation du véhicule en préfecture.

## 1.6. Les principaux fabricants

### Exemples de différents produits de vélos

Marque	Modèle		Autonomie	Batterie	Tension (Volts)	Capacité (A.h)	Puissance moteur (W)	Temps de charge (h)	position moteur	Poids total (kg)
Gitane	NOCAR E-bike H 2011		90 km	Lithium- ion	26	10	250	5	Pédalier	19,2
Cybien	Cybien sport		150km	Lithium-polymère	25,6	16	250	10	Jante du pneu arrière	18,6
Zéphyr	Zéphyr SAP2		100km	Lithium-polymère	36	10	250	4-6	Moyeu de la roue arrière	22,8
GIANT	TWIST EXPRESS		65 km	Lithium- ion	26	9	250	4-6	Moyeu de la roue avant	21,6
MATRA	I-STEP RUNNER		80km	Lithium- ion manganèse	26	10	250	6	Moyeu de la roue arrière	20,5

## 2. Expression fonctionnelle du produit réel

### 2.1. Expression fonctionnelle du besoin

#### 2.1.1. Analyse du besoin

Selon l'Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité (Inrets), 80 % des déplacements quotidiens des Français s'effectuent dans un rayon de 5 km autour de leur domicile et, parmi eux, 40 % dans un rayon de 2 km.

Dans ce cadre, l'automobile n'est pas le meilleur moyen économique, écologique pour se déplacer.

L'idéal ne serait-il pas de repenser notre mobilité en choisissant d'autres modes de transport pour nos besoins de déplacements quotidiens tout en respectant l'environnement ?

# VÉLO À ASSISTANCE ÉLECTRIQUE INTERACTIF

## 2.1.2. Problématique

Le vélo est un bon moyen de transport pour les déplacements quotidiens tout en respectant l'environnement. Pour être adopté par le plus grand nombre de personnes de 12 à 80 ans, il devra permettre d'assister les utilisateurs aux efforts de pédalage.

## 2.1.3. Expression du besoin

Point de vue retenu :

Contexte	Constructeur
Produit	Vélo à assistance électrique interactif
Spécification selon un point de vue	Utilisateur
Expression du besoin	Point de vue de l'utilisateur

À qui rend-il service ?

À des cyclistes  
voulant se déplacer  
avec un effort limité

Sur quoi agit-il ?

Sur la dépense  
énergétique

Vélo à  
assistance  
électrique

Dans quel but ?

Limiter la dépense énergétique d'un cycliste

## 2.1.4. Validation du besoin

Pourquoi le besoin existe-t-il ?

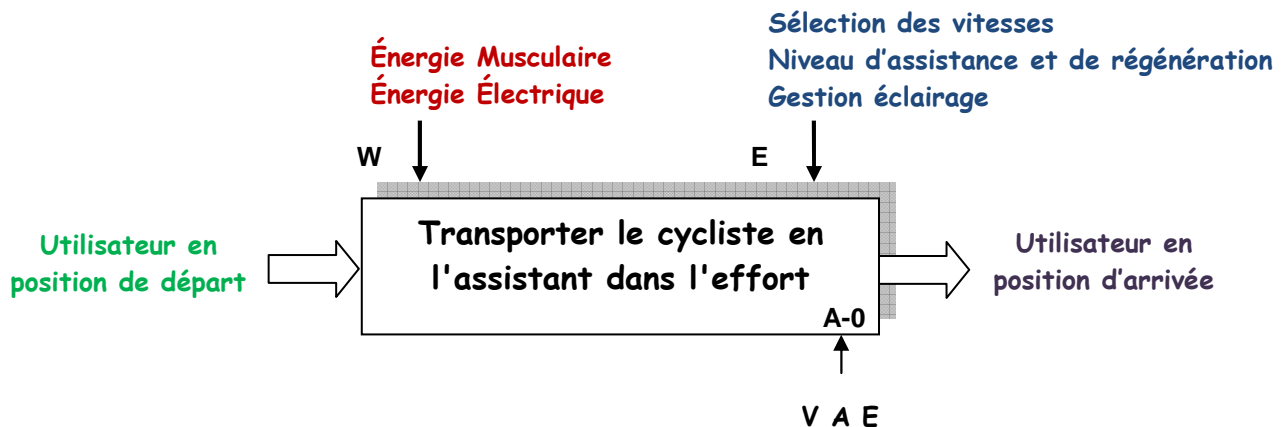
Il permet au plus grand nombre de personnes à utiliser un vélo pour se déplacer.

Comment pourrait-il disparaître ?	Comment pourrait-il évoluer ?
Par une modification dans le mauvais sens de la législation actuelle très avantageuse.	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Par l'augmentation de l'autonomie.</li> <li>❖ Par un durcissement de la législation contre les véhicules polluants.</li> <li>❖ Par un allègement des différents composants pour se rapprocher d'un vélo classique.</li> </ul>



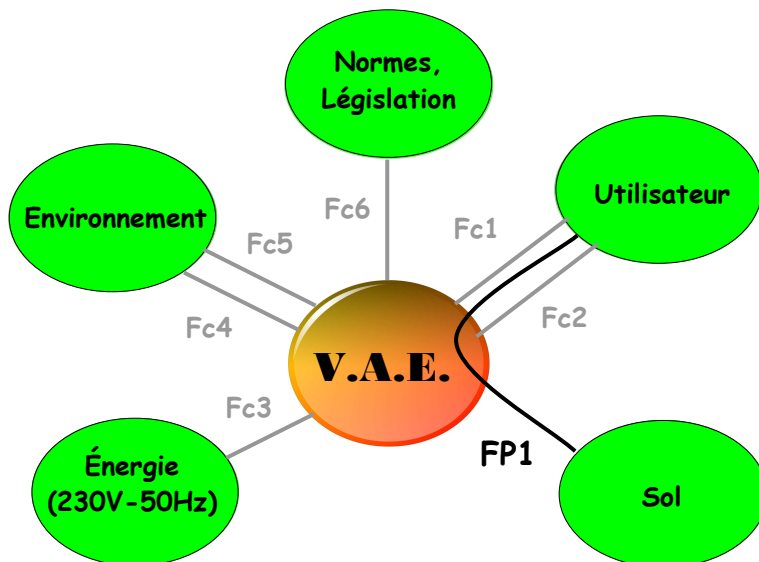
# VÉLO À ASSISTANCE ÉLECTRIQUE INTERACTIF

## 2.1.5. Analyse fonctionnelle du besoin



## 2.1.6. Le diagramme des inter acteurs

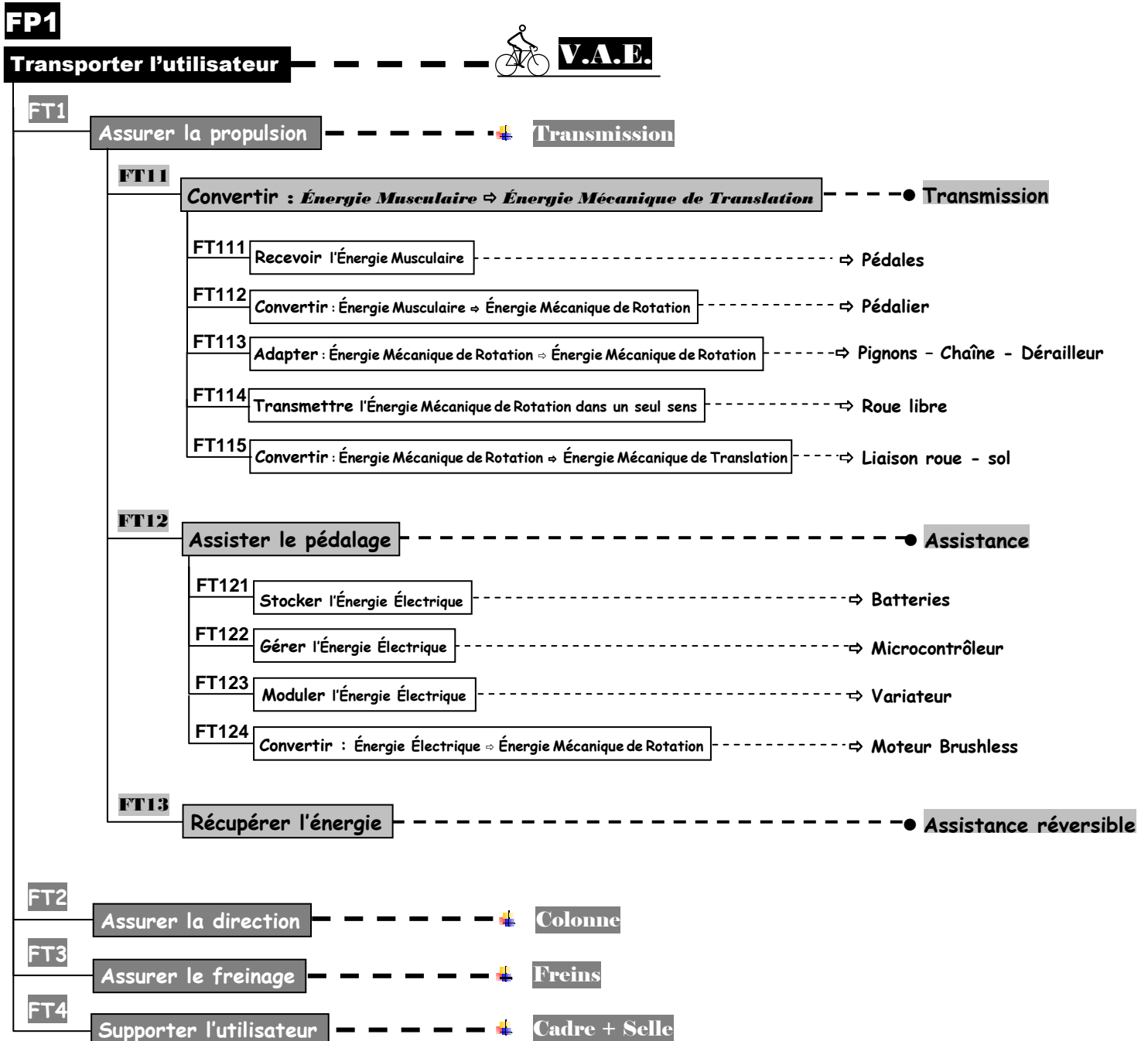
Fonction de service : Assister un cycliste au pédalage



Identification des fonctions de service	
<b>FP1</b>	<b>Transporter l'utilisateur</b>
<b>FC1</b>	Faciliter la maintenance
<b>FC2</b>	Faciliter le transport/le stockage
<b>FC3</b>	S'adapter au réseau EDF
<b>FC4</b>	Respecter l'environnement
<b>FC5</b>	Résister à l'environnement
<b>FC6</b>	Respecter les normes en vigueur

# VÉLO À ASSISTANCE ÉLECTRIQUE INTERACTIF

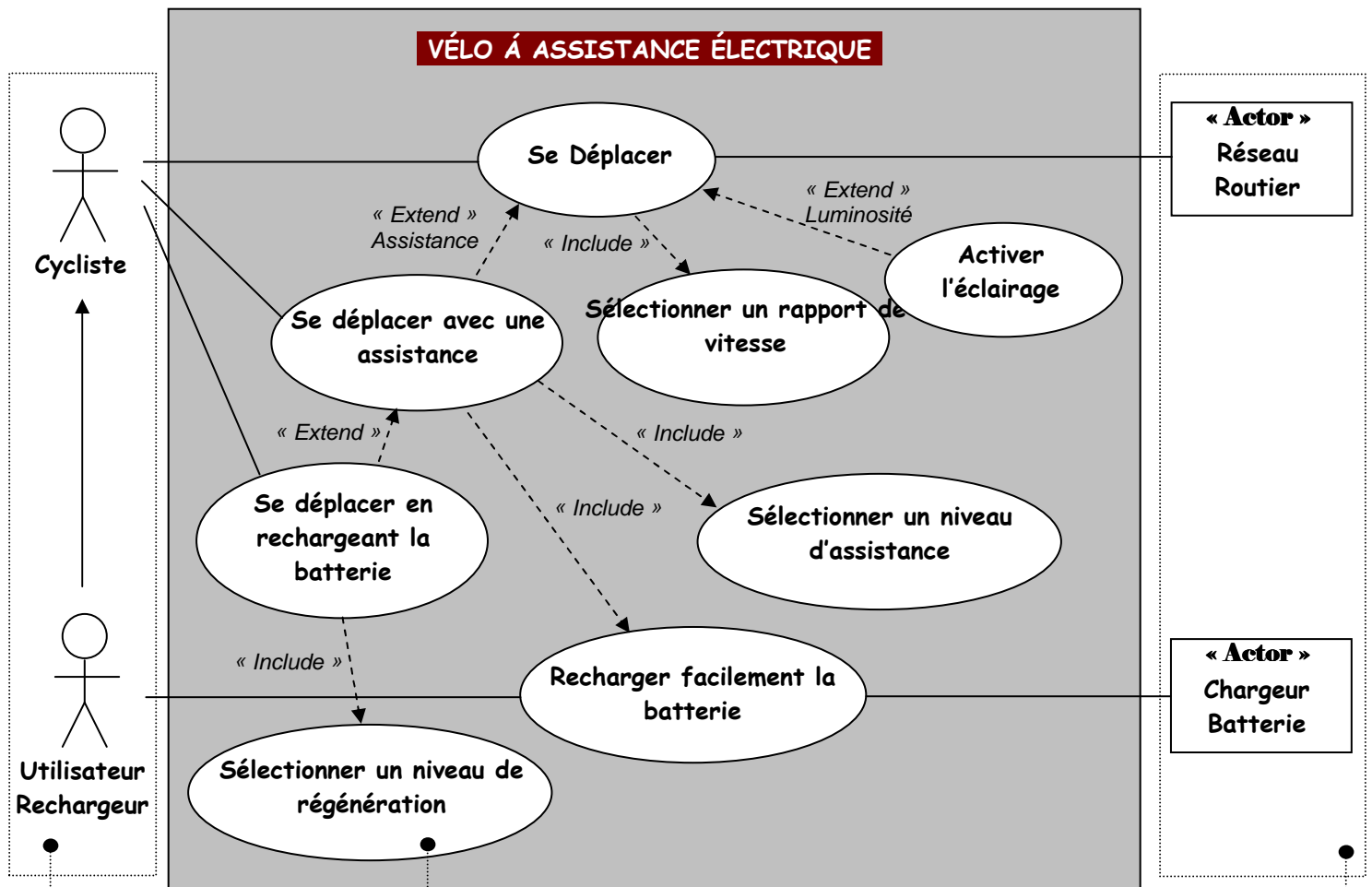
## 2.2 Le diagramme FAST simplifié



# VÉLO À ASSISTANCE ÉLECTRIQUE INTERACTIF

## 3. Diagrammes SysML

### DESCRIPTION COMPORTEMENTALE : Diagramme de cas D'utilisation



**Acteurs Principaux :** le cas d'utilisation leur rend service

**Service (ou Action) :** précédé par un verbe à l'infinitif, exprime le service (ou action) rendu à un acteur principal

**Acteurs Secondaires :** le cas d'utilisation a besoin de ces acteurs pour réaliser le service (ou action)

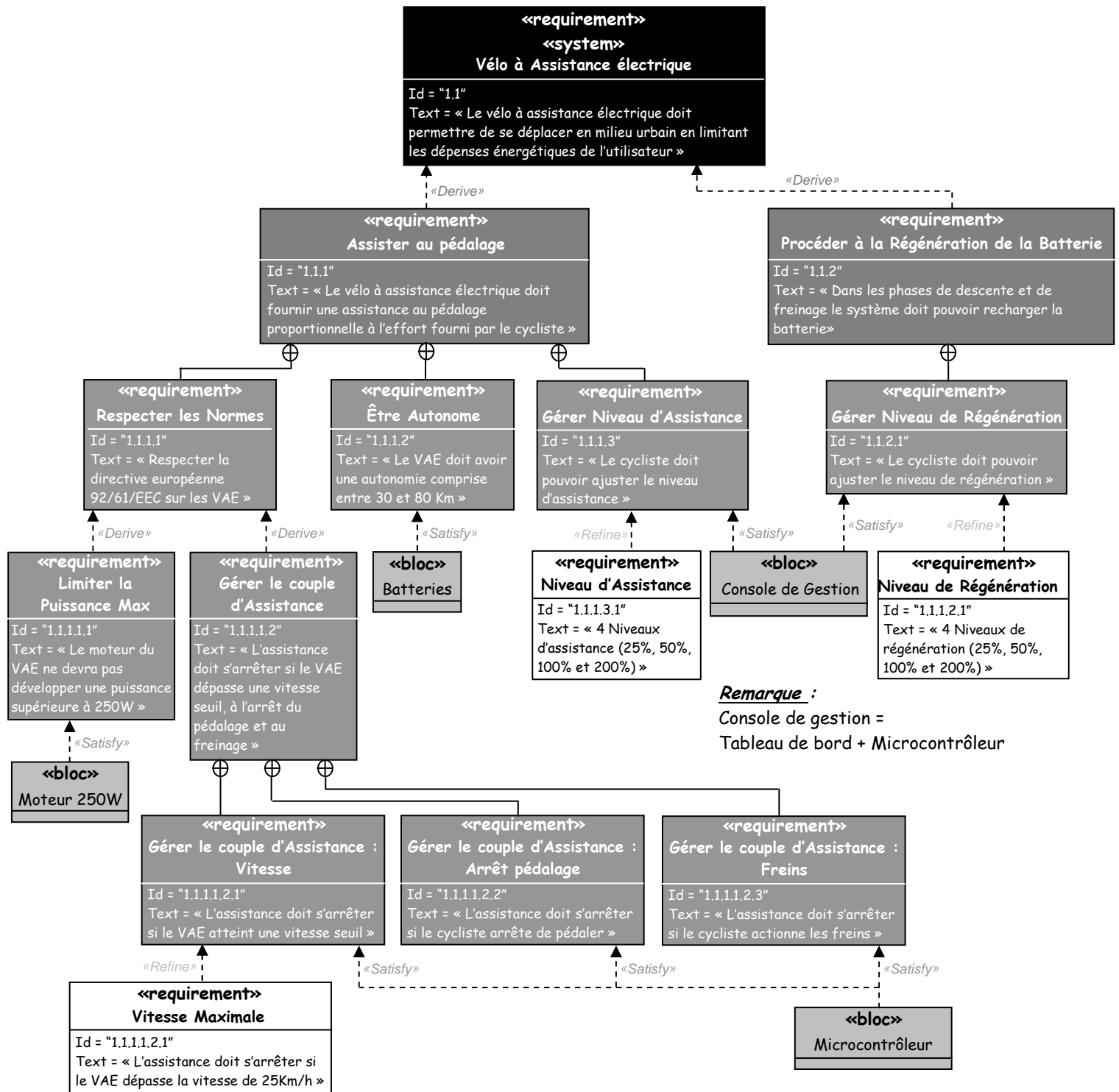
« **Include** » : décomposition soit pour un sous service commun à deux services, soit pour faire apparaître des sous cas plus simples

« **Extend** » : action ou service rendu optionnel. Le sous-cas d'utilisation est parfois utilisé sous certaine condition.

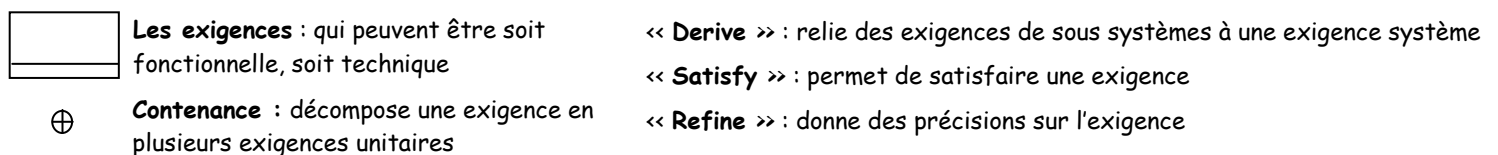


# VÉLO À ASSISTANCE ÉLECTRIQUE INTERACTIF

## DESCRIPTION FONCTIONNELLE : Description d'exigences du Mode Assistance du VAE

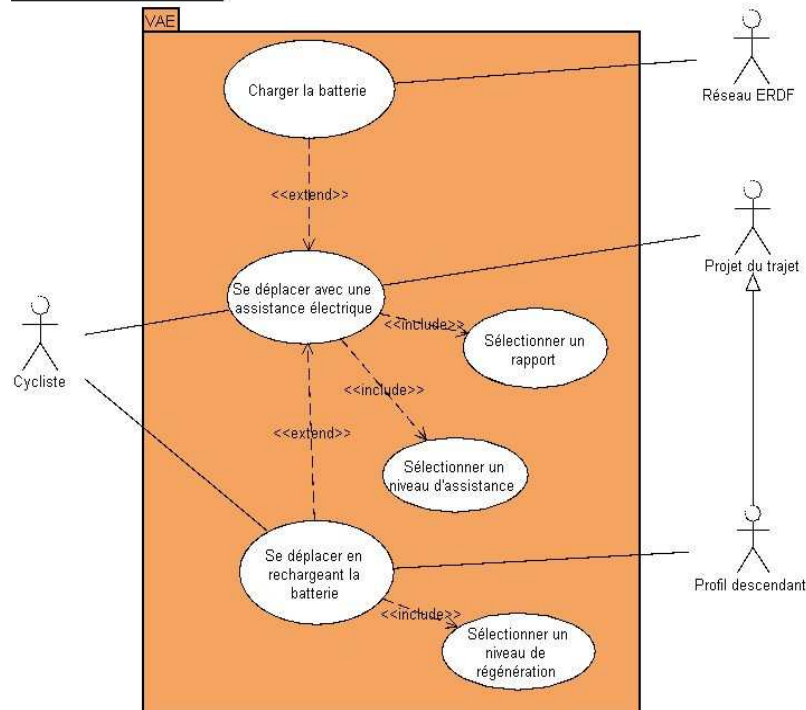


Remarque :  
Console de gestion =  
Tableau de bord + Microcontrôleur

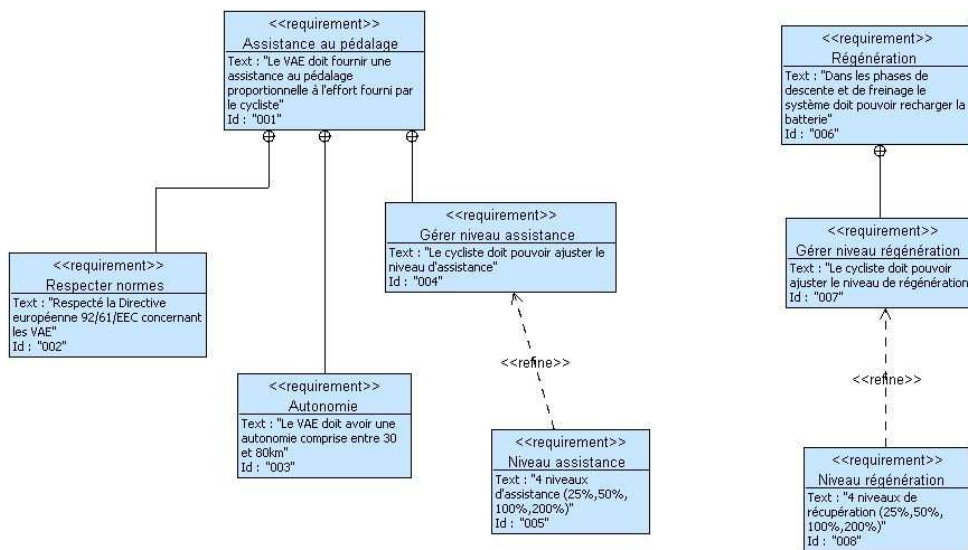


# VÉLO À ASSISTANCE ÉLECTRIQUE INTERACTIF

Diagramme de cas d'utilisation



req [package] VAE [Diagramme des exigences]



## VÉLO À ASSISTANCE ÉLECTRIQUE INTERACTIF

### 4. Définition des solutions en réponses aux fonctions techniques : Présentation structurelle

#### 4.1. Le Moteur

Le moteur permettant l'assistance au pédalage, conçu par la société BionX, est situé sur l'axe de la roue arrière. Ce moteur, sans engrenage en prise directe est un moteur de dernière génération est de type synchrone sans balais (Brushless), permet d'obtenir un couple important dès les régimes les plus bas.



À l'intérieur du moteur, nous retrouvons les aimants solidaires de la roue qui assurent la motricité, alors que les éléments plus délicats tels que bobines et électronique d'asservissement restent fixes. Aucun entretien n'est requis, ce moteur est conçu pour durer de nombreuses années.



Ce moteur comporte **22 aimants** et **24 bobines** de manière à ce qu'une bobine soit toujours décalée par rapport à un aimant.

## VÉLO À ASSISTANCE ÉLECTRIQUE INTERACTIF

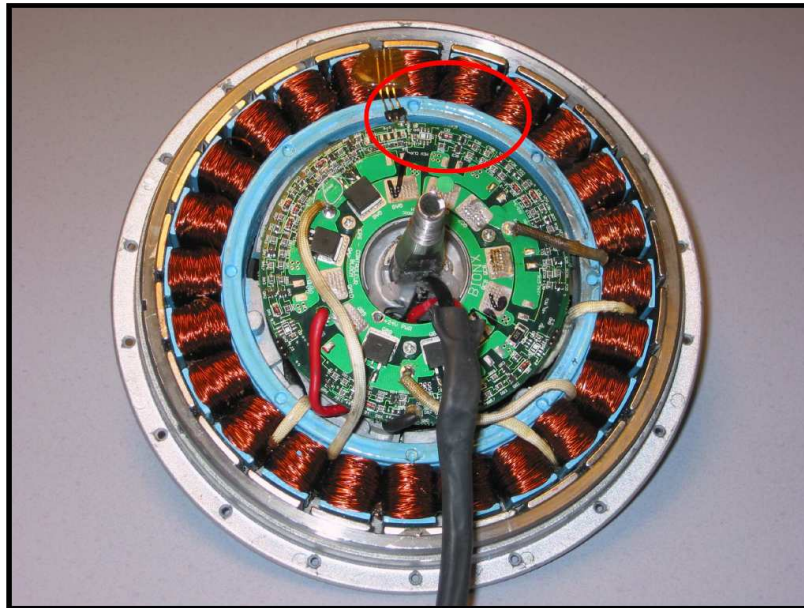
En **mode assistance**, un courant piloté par le contrôleur électronique traverse les différentes bobines. Ce courant induit la naissance d'un champ magnétique. Le rotor est ainsi poussé par un aimant de polarité identique et attiré par une polarité opposée. Il y a donc déplacement du rotor à l'intérieur du stator. *L'intensité maximum du moteur peut s'élever à 30 A.*

En **mode régénération**, le passage des bobinages au travers d'un champ magnétique variable induit la naissance d'un courant utilisé à la recharge de la batterie (loi de Lenz).

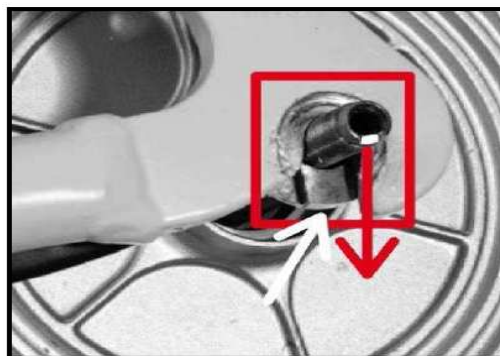
*Ce moteur piloté par un contrôleur électronique comporte, entre autres, les éléments suivants :*

- 3 Capteurs à effet Hall (1 par phase) : fonction de donner la position et la vitesse du moteur

Capteur à effet Hall  
(1 des 3) du moteur  
d'assistance



- Une sonde de température sur la platine électronique pour la protection thermique de l'ensemble (coupure à 50°C),
- Une jauge de contrainte faisant office de capteur de force, montée sur l'axe du moteur, qui envoie une information à la console par le "BUS" de communication. La résistance électrique de ce composant varie en fonction de l'effort qui lui est appliqué. Pour que l'information soit pertinente, le capteur doit être placé dans la direction de l'effort de la chaîne. Par conséquent, il est placé vers l'avant de l'axe du moteur et se contrôle après montage par la position à 6 heures de l'encoche de l'axe du moteur.





## VÉLO À ASSISTANCE ÉLECTRIQUE INTERACTIF

### CARACTÉRISTIQUES DU MOTEUR 250W

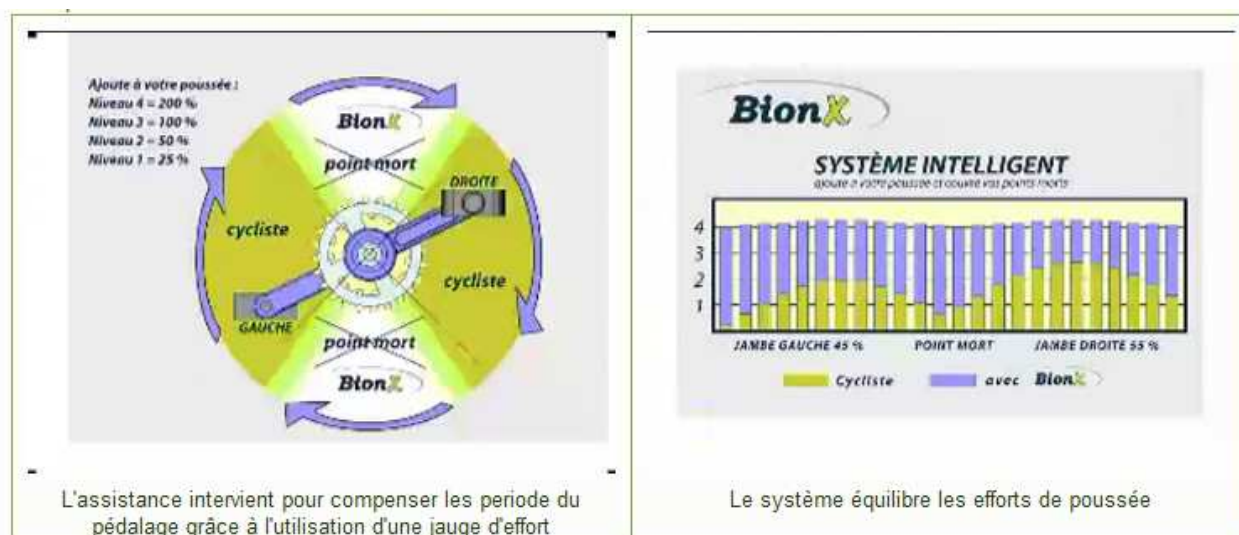
Puissance	250 W Nominal et 450 W Pointe
Couple nominal	7 N.m
Couple maximum	25 N.m
Poids	4.1 kg
Garantie	2 ans



### Les différents Kits du constructeur BIONX :

Système	Détails du moteur	Poids du moteur	Couple
PL-250Light	250W	4.1 kg	7 / 25 Nm
PL-250	250W	4.1 kg	7 / 25 Nm
PL-250 HT	250W	4.7 kg	9 / 35 Nm
PL-250 HT RR60	250W	4.7 kg	9 / 35 Nm
PL-350	350W	4.7 kg	9 / 35 Nm
PL-500 HS	500W	4.7 kg	9 / 25 Nm

### Principe de l'assistance du moteur BionX :



## VÉLO À ASSISTANCE ÉLECTRIQUE INTERACTIF

### 4.2. La Batterie

CARACTÉRISTIQUES : BATTERIE LITHIUM-MANGANÈSE	
Tension	25,9 V
Capacité (Ah)	9.6 Ah Li-Mn
Capacité (Wh)	248 Watts/heures
Poids	2.8 Kg
Durée de vie	> 500 cycles complets
Garantie	1 an
Autonomie moyenne	65 km pour un cycliste de 70 kg, sans bagage, sur terrain plat et sans vent



🔧 Tableau indiquant la puissance de chacune des batteries disponibles sur les différents kits BionX :

Système	Détails de la batterie	Poids de la batterie
PL-250Light	LiMn – 22.2V / 6.4Ah / 142Wh	1.4 kg
PL-250	LiMn – 25.9V / 9.6Ah / 268Wh	2.8 kg
PL-250 HT	LiMn – 37V / 9.6Ah / 355Wh	4.0 kg
PL-250 HT RR60	LiMn – 37V / 9.6Ah / 355Wh	4.2 kg
PL-350	LiMn – 37V / 9.6Ah / 355Wh	4.0 kg
PL-500 HS	LiMn – 37V / 9.6Ah / 355Wh	4.0 kg

### 🔧 Le chargeur de batterie :

Les chargeurs de batterie représentent le seul moyen externe de recharge de la batterie. Une fois connecté, la LED du chargeur clignote "rouge" pendant quelques secondes avant de rester "rouge" fixe. La charge a alors commencé. La charge est complète quand la LED du chargeur est "verte".



**ATTENTION :** Le chargeur, devant être homologué et fourni avec l'i-step, doit être branché avant la batterie et la batterie débranchée avant le chargeur.

Dans des conditions extrêmes (température ambiante élevée et recharge immédiate après utilisation), il arrive que le chargeur ne démarre pas la charge car la batterie est trop chaude. La LED rouge reste clignotante. Dans ce cas, déconnecter le chargeur, laisser refroidir la batterie au minimum 30 min et effectuer si possible la charge dans un endroit où la température est proche de 20° C.



## VÉLO À ASSISTANCE ÉLECTRIQUE INTERACTIF

### 4.3. La console de pilotage de l'assistance électrique

La console de commande et d'affichage est l'interface permettant au cycliste de gérer le fonctionnement du cycle et de lire certaines informations.

BionX - Niveau d'assistance

Système	Niveau d'assistance	Distance
PL-250Light	25, 50, 100, 200%	35km
PL-250	25, 50, 100, 200%	65km
PL-250 HT	35, 75, 150, 300%	80km
PL-250 HT RR60	35, 75, 150, 300%	80km
PL-350	35, 75, 150, 300%	80km
PL-500 HS	25, 50, 100, 200%	65km



La console de pilotage (tableau de bord) permet de :

<b>De lire l'état de charge de la batterie</b>
<b>D'afficher la version du logiciel de la console</b>
<b>De commander la variation du contraste de la console :</b> La variation du contraste de la console s'obtient en appuyant simultanément sur les boutons « Trip » et « + » ou « Trip » et « - ».
<b>De lire les informations relatives aux distances, temps et vitesse :</b> Un appui successif sur le bouton « Trip » alterne l'affichage de la distance partielle parcourue, de la distance totale, du temps déroulage, de la vitesse moyenne et de l'heure. Le maintien du bouton « Trip » pendant 2 secondes réinitialise les valeurs temporaires
<b>De commander l'éclairage :</b> L'allumage et l'extinction des feux par un appui de 3 secondes sur le bouton « Mode »
<b>De piloter l'assistance et la génération de courant :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Sans action sur le bouton « + » ou « - » l'i-step se comporte comme un cycle classique.</li> <li>❖ Par un appui sur le bouton « + », l'i-step® assiste le cycliste pendant le pédalage : 4 niveaux d'assistance.</li> <li>❖ Par un appui sur le bouton « - », l'i-step® régénère sa batterie et ralenti le cycle : 4 niveaux de génération.</li> </ul>
<b>De créer un code PIN :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Appuyer simultanément sur « + » et « - », 0000 apparaît alors sur la console.</li> <li>❖ Choisir un chiffre à l'aide des boutons « + » et « - » et valider à chaque fois par le bouton "Mode".</li> <li>❖ Le code PIN par défaut est 0000.</li> </ul>
<b>De mettre en action l'antivol électronique :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Un appui simultané sur le bouton « Mode » et « + » active l'antivol électronique. Un symbole en forme de cadenas apparaît alors sur la console. Le déplacement du cycle déclenche un « bip » dont la fréquence augmente en fonction de la vitesse de déplacement.</li> <li>❖ Pour désactiver l'antivol électronique, appuyer sur une touche quelconque et entrer le code PIN.</li> <li>❖ L'antivol électronique ne doit pas être utilisé pour une durée supérieure à 24 heures.</li> </ul>
<b>De régler les paramètres suivants :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ La mise en action et l'arrêt de l'assistance lors du commencement ou de l'arrêt du pédalage.</li> <li>❖ Affichage en Miles ou Kilomètres.</li> <li>❖ La puissance du frein génératif</li> <li>❖ L'heure.</li> </ul>
<b>D'activer le mode diagnostic permettant de contrôler :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ La tension de batterie.</li> <li>❖ Le fonctionnement du capteur de force.</li> <li>❖ La commande du taux d'assistance du moteur.</li> <li>❖ De lire des codes défaut pendant ou après un essai routier.</li> <li>❖ De calibrer la jauge de charge de la batterie.</li> </ul>

**ATTENTION :** La console de commande et d'affichage n'est pas démontable, doit être remplacée en totalité.

## VÉLO À ASSISTANCE ÉLECTRIQUE INTERACTIF

### 4.4. Le faisceau du bus de communication

Le moteur, la batterie et la console de commande et d'affichage : reliés entre eux par un "BUS CAN".

*Lors de la mise en marche de la console*, un signal est envoyé au moteur et à la batterie.

- Ce signal "réveille" les contrôleurs des différents composants du système.

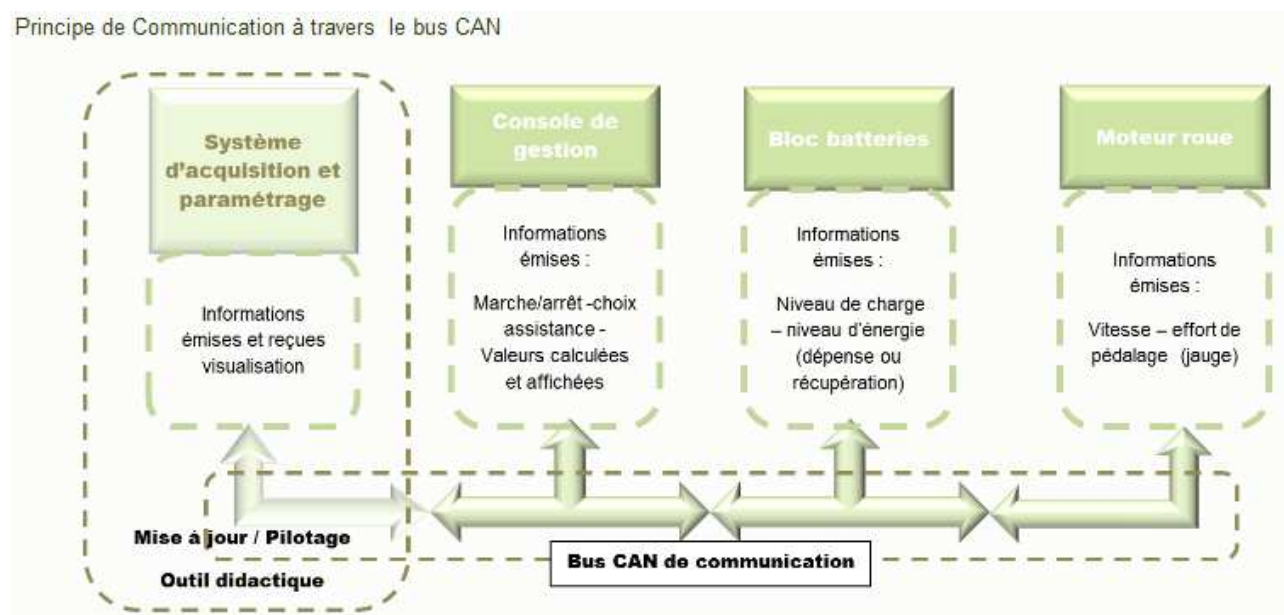
Pour valider le fonctionnement : vérifier la décrémentation du kilométrage sur la console lors de la mise sous contact.

Seuls les contrôles visuel et électrique du faisceau sont pertinents. Le contrôle électrique s'exécute de manière analogue à tout autre contrôle de fil électrique (Continuité, isolement).

Les connecteurs du bus CAN sont de type Hirose HR3 :



Principe de Communication à travers le bus CAN



### 4.5. Le faisceau d'éclairage

Une sortie 6 V à l'arrière de la batterie permet d'alimenter le phare et le feu par l'intermédiaire du faisceau de l'éclairage.

# VÉLO À ASSISTANCE ÉLECTRIQUE INTERACTIF

## 5. Article de presse

Les carburants sont hors de prix, les grandes villes saturées de véhicules et la pollution urbaine tue jusqu'à 5 000 personnes par an : voilà trois bonnes raisons de laisser sa voiture au garage et de trouver un autre mode de déplacement. Le train et les transports en commun offrent une alternative intéressante, mais ils ne conviennent pas à tout le monde, souvent faute de souplesse. Quant au co-voiturage et aux cyclomoteurs, ils ne règlent qu'une partie du problème.

Reste les vélos à assistance élec-

trique (VAE), des engins équipés de moteurs silencieux et de batteries rechargeables, qui peuvent rouler à 25 km/h presque sans effort et sans sueur. Méconnu chez nous, ce mode de déplacement est apprécié en Allemagne, en Suisse et en Scandinavie ; et il est très populaire en Chine, où quatre millions de vélos électriques se sont vendus l'an dernier.

■ **De vrais vélos.** La loi européenne considère les VAE comme des vélos dès lors que leur moteur ne dépasse pas 250 watts et n'entraîne pas ces deux roues à

plus 25 km/h (au-delà, il s'agit d'un cyclomoteur). En outre, le cycliste est obligé de pédaler pour déclencher l'assistance électrique.

■ **L'assurance.** Elle n'est pas obligatoire pour les VAE, dont l'usage est couvert par l'assurance responsabilité civile.

■ **Le casque.** Comme sur tout vélo, il n'est pas obligatoire. Simplement recommandé.

■ **Sécurité.** En France, les accidents de vélo causent quelque 200 décès et 1 200 hospitalisations par an. En ville, le risque d'être blessé

ou tué à vélo est 1,5 à 2 fois plus élevé qu'en voiture. Ce risque devient 10 à 35 fois plus élevé pour les cyclomoteuristes et 50 fois pour les motards. Bien sûr, les pistes cyclables réduisent énormément les risques.

■ **Les batteries.** Leur technologie a beaucoup progressé. Les premiers modèles au plomb, analogues à ceux des voitures, étaient très lourds (parfois plus de 10 kg). Plus légères, les batteries Nickel-Cadmium (Ni-Cd) perdaient vite de leur puissance, à cause de « l'effet mémoire ». Désormais, on utilise surtout des batteries au Nickel Métal Hydrure (Ni-Mh) et au Lithium, comme dans les téléphones portables. Chargées en quelques heures, les plus performantes ont plus de 60 km d'autonomie.

■ **Écologie.** Un automobiliste effectuant 30 km par jour cause en moyenne le rejet de 900 à 1 000 kg de gaz carbonique par an, sans compter les autres polluants. Le seul rejet polluant d'un utilisateur de VAE est la batterie, que l'on recycle après 300 à 1 000 recharges.

■ **Trajet.** Faire moins de 15 km en ville, aux heures de pointe, est fréquemment moins long avec un VAE qu'en voiture, surtout si le stationnement de l'auto n'est pas garanti.

■ **Inconvénients.** Tout n'est évidemment pas rose pour qui roule à vélo électrique. Parmi les inconvénients, les intempéries, les automobiles, le manque de pistes cyclables et le prix d'achat (lire ci-contre). Mais les avantages sont aussi nombreux. À chacun de peser le pour et le contre, à l'aide des six tests ci-dessous.

JÉRÔME ARNOUX

➔ **POUR EN SAVOIR PLUS**  
<http://blogs.alsapresse.com>



Il existe aujourd'hui une vingtaine de marques de vélos à assistance électrique. Les tarifs s'échelonnent entre 600 € pour l'entrée de gamme et peuvent grimper jusqu'à 5 000 €.

JÉRÔME ARNOUX