



DOSSIER 2 : VEHICULE

Une nouvelle manière de se déplacer léger : MOB 4.0

Ce dossier fait le focus sur notre véhicule de cœur de gamme MOB 4.0, un **vélo à 4 roues** assisté électriquement jusqu'à **45km/h**, avec **châssis étroit inclinable**, et **carrosserie ultralégère modulaire**. Le véhicule ressemble à une **microvoiture décapotable 1 place**, tout en se comportant de manière **agile comme un 2 roues** (inclinable en virage). **Catégorie : L6e**.

	VELO, VAE	VAE 25km/h optimisé	VAE 45km/h optimisé	Quadricycles 45km/h et +	VOITURE
Vitesse / autonomie	+	+	++	+++	++++
Confort / sécurité	+	++	++	+++	++++
Bilan ACV	++++	+++	+++	+++	+



USV Ultra Small Vehicle

Caractéristiques :

L*H*P 160*60*80 cm, poids 75 Kg batterie incluse.
 Vitesse 40 km/h autonomie 80/100 km.
 Propulsion 2 moteurs de 1 kW.
 Batterie de traction Li-ion 48 volts 40 Ah
 4 roues de 16 pouces, pneumatiques renforcés,
 Suspensions réglables 2 amortisseurs DT Suisse,
 4 freins à disque hydrauliques double circuit.
 Recharge secteur 220 volts en 4/5 heures,
 Consommation 25 Wh/km.
 Emprise au sol 1 m².
 Coût en énergie : 0.30 ct/€ / 100 km...

contact@ev4-france.fr
 Patrick Tonnelier EV4 France. 06 80 92 01 88

Nous devons changer la façon de nous déplacer
 Nous avons imaginé une autre mobilité.

Quadricycle électrique étroit inclinable autostable
 Carrosserie textile modulaire décapotable®.
 Solution de mobilité personnelle, alternative à la voiture,
 Engin low tech, sobre, efficient, hors code.
 Confort, sécurité et protection intégrale contre les
 intempéries.
 Masse et vitesse réduite pour un bilan carbone
 soutenable.

Moins impacter les ressources de la
 planète.

L'objectif est de réduire notre empreinte
 environnementale

Bientôt un nouveau
 véhicule urbain basé
 sur ce prototype !



Suivez-nous !
 Follow us !



Un projet qui roule !

Le châssis, dit « pendulaire », de cet engin est utilisé et amélioré par l'équipe EV4 au quotidien depuis 7 ans (1^{er} proto 2015). A ce jour, plusieurs dizaines de milliers de km de roulage ont été cumulés, dans des situations allant de l'ultra-urbain (Paris), jusqu'à la montagne (Mont Ventoux gravi en 2016, Avoriaz-Morzine entre autres).

Notre expérience condensée dans ce verbatim de P. Tonnelier, utilisateur régulier :

« Nous ne partons pas de zéro, le projet possède l'avantage d'être adossé à une gamme « loisir » de LEV commercialisés depuis plusieurs années. Notamment le City Quad EV4 (autre nom du châssis du MOB 4.0) que j'utilise personnellement quotidiennement depuis sept ans avec plus de 20 000 km parcourus, la technologie expérimentée est au point. Ces années d'utilisation confirment que l'usage est comparable aux déplacements à vélo, mais en vélo 'optimisé' bien sûr. Le Mob 4.0 est un 'VELO +' une « Mobylette augmentée », idéal que ce soit pour se rendre au travail ou pour toutes les choses courantes de la vie. Identique sur certains aspects de conception et de philosophie à ce que l'on fait déjà à vélo, mais avec beaucoup plus de confort, rapidité, sécurité, agilité, flexibilité. Son rayon d'action augmenté par rapport au vélo et VAE lui permet de chainer des trajets, et répond à la prise en compte des difficultés rencontrées en extra-urbain et en ruralité. Équipé de porte-bagages pour un emport très dimensionné et d'une attache remorque si nécessaire. Nous avons participé à plusieurs salons, RECO, Val d'Isère, Autonomy, Remoove, et d'autres. Un nombre très conséquent de personnes l'ont testé et apprécié, nous avons un grand retour d'expérience. »

Les innovations techniques clé de MOB 4.0

Deux innovations clé sont à la base du concept MOB 4.0 : **son architecture pendulaire** tout d'abord, et son système de **cabine modulable**.

Première innovation : le châssis alu inclinable à bras longitudinaux

Châssis entièrement réalisé en aluminium riveté qualité aviation. 4 roues, 4 freins à disques hydrauliques, suspensions avant et arrière avec 2 amortisseurs réglables (seulement). Inclinaison mécanique sans aucune assistance électronique, le système pendulaire inédit optimise le centre de gravité, accepte une inclinaison supérieure à 30°, les 4 roues indépendantes fixées sur des bras articulés permettent un débattement de 25 cm. La largeur des voies s'écarte naturellement en courbe, ce qui permet à la verticale abaissée de son centre de gravité de rester à l'intérieur du polygone de sustentation. Autre particularité exceptionnelle, l'empattement varie en courbe, il se réduit sur le côté extérieur du virage et est supérieur sur le côté en appui intérieur du virage, bénéfique pour une tenue de route incomparable. Les sensations sont identiques à la conduite d'un deux-roues. Les 2 bras poussés avant et les 2 bras tirés arrière sont fixés sur une boîte parallélépipédique contenant les batteries et fait office de poutre, ce qui assure une rigidité exemplaire. Boîtier aluminium pour le pack batterie, ce qui permet une parfaite égalisation de la température des cellules.

Le dispositif pendulaire est couplé au système de blocage de l'inclinaison permettant une position verticale stable lors des phases d'arrêts/redémarrages et d'immobilisations. Cette particularité permet au véhicule de bénéficier entre autres d'une marche arrière bien pratique. A l'égale d'une voiture réalisant un créneau. L'étroitesse du gabarit garantit l'agilité. Dans la

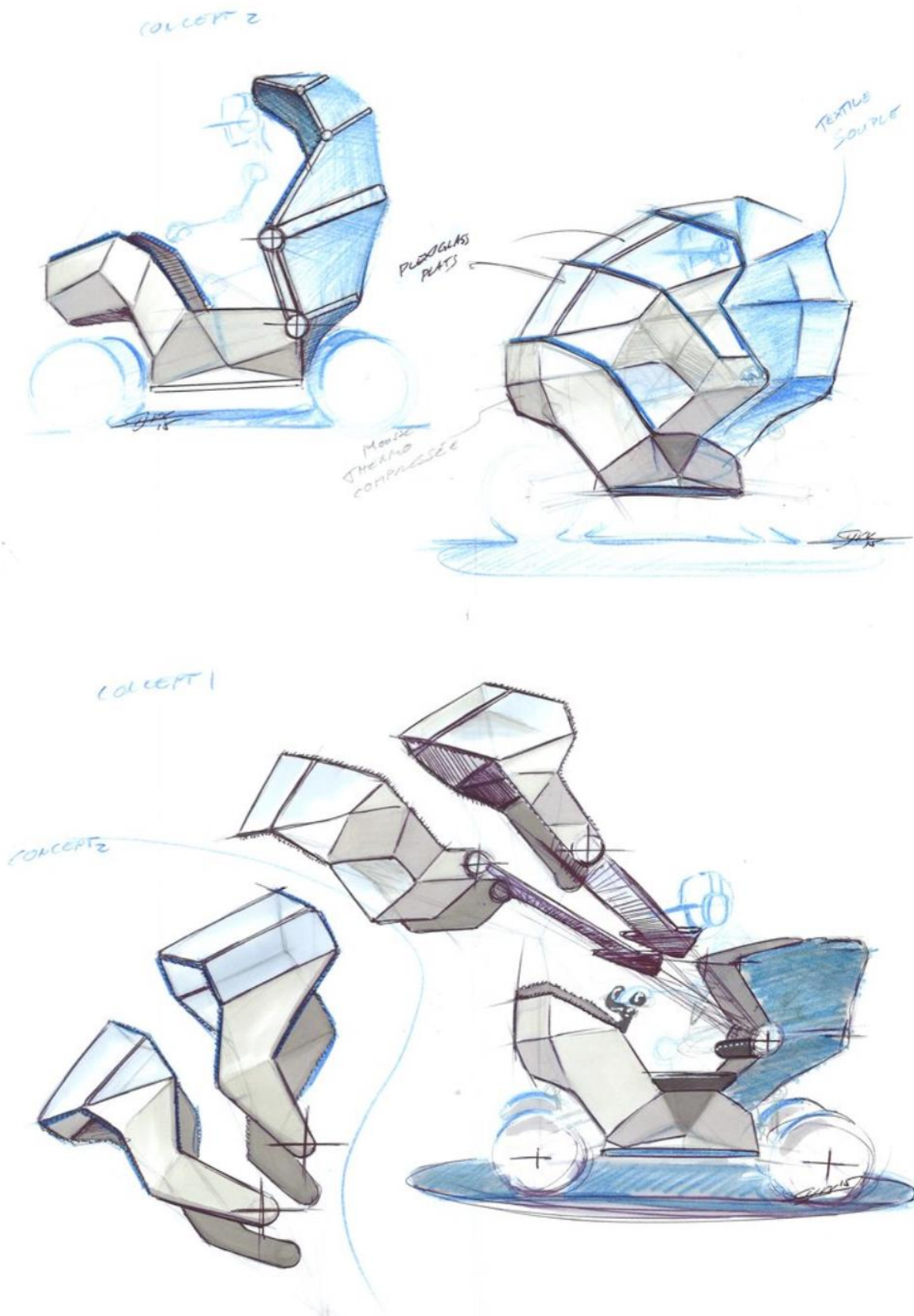
phase de démarrage la stabilisation est bloquée, puis après la mise en mouvement du véhicule, celle-ci est libérée, cette action permet au véhicule de retrouver l'aptitude de se pencher en virage lui permettant à bonne allure de virer en sécurité sans risque et en maîtrisant la force centrifuge, effet que rencontre le véhicule virant à plat responsable de pressions exercées sur les roues engendrant des contraintes néfastes sur les engins légers. Ce véhicule auto-stabilisé ne peut que difficilement se renverser, il offre une sécurité exemplaire même pour un novice n'ayant jamais conduit de vélo ou 2 RM. Sa prise en main est simplissime, instinctive et instantanée (et addictive).



Le châssis pendulaire de MOB 4.0

Deuxième innovation : la protection Rainbow system® brevetée

Sur la base roulante quadricycle, nous développons une carrosserie type cabriolet d'un concept nouveau. Armature protectrice modulable décapotable semi-rigide en matériau composite textile lin, chanvre et mousse thermo compressée. Caractéristiques : L'ensemble est composé d'un bas de carrosserie fixe et un dispositif d'ouvrants rétractables formé à l'avant de deux secteurs de coques en polycarbonate courbes et convexes intégrant un vitrage transparent articulé en pivotement sur un axe latéral. La partie arrière peut être réalisée soit par deux plus petits secteurs de coque ou une capote textile. Les éléments fixes de la carrosserie sont reliés aux secteurs mobiles mécaniquement. L'assemblage permet une protection modulable et intégrale optimum du conducteur contre le froid et les intempéries. De plus, l'accès en zone encombrée (centre-ville) est facilité par l'absence de déport latéral nécessaire à l'ouverture de la protection.



Esquisses de design de la carrosserie légère de MOB 4.0 en « sections », tournant autour d'un axe.

Des choix de conception assumés

Notre approche de l'éco-conception de MOB 4.0 vise à réduire les besoins en matériaux et en énergie dans les 4 grandes phases du cycle de vie : fabrication ; usage ; maintenance (et reconditionnement) ; fin de vie.

L'éco-conception est basée sur 3 piliers :

Une fabrication internalisée au maximum, et facilement reproductible

Notre fabrication est réalisée en interne (échelle régionale : France et Pologne, environ 50% de valeur ajoutée de part et d'autre), par procédé de découpe à plat (CNC et Laser) parfaitement maîtrisé, procès simple et peu onéreux. Les assemblages privilégient le rivetage à la soudure, afin de tirer le maximum des propriétés mécaniques des alliages techniques mis en œuvre sans nécessiter le recours à des traitements complémentaires, coûteux et difficiles à reproduire plus en aval du cycle de vie.

L'aluminium pour la légèreté, la durabilité et la recyclabilité

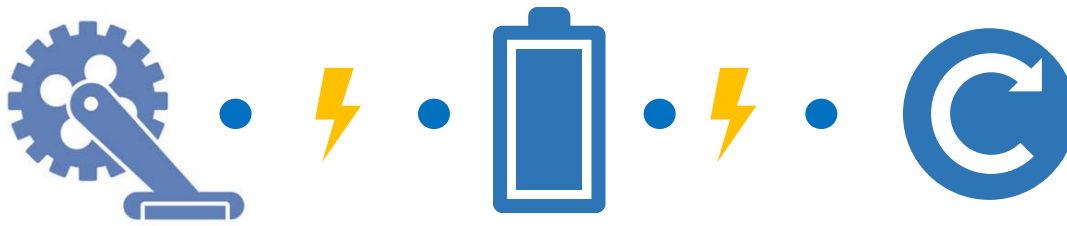
L'architecture est en aluminium qualité aéronautique, aucune corrosion, les assemblages rivetés. Chaque pièces et profilés sont parfaitement reproductibles à tout moment par un quelconque atelier équipé : idéal pour la maintenance. Entièrement réparable a vie, c'est le point fort de ce type de conception. D'inspiration Mécano loin de l'obsolescence, toujours réparable, démontable, modifiable. Visserie inox, rotules, roulements, axes etc. opérables sans outillages spécialisés. L'aluminium se recycle très facilement. Cela est conforme à notre ambition de tendre vers l'économie circulaire.

Actuellement le poids du châssis batteries incluses est d'environ 50 kg, hors cabine modulaire. Nous pouvons extrapoler une masse globale à vide en ordre de marche à moins de 75kg.

Un mode de transmission By Wire, pour plus de fiabilité et flexibilité

La chaîne de propulsion choisie consiste en un système dit « By Wire » ou « hybride série ». Le pédalage de l'utilisateur met en mouvement une génératrice de courant, qui vient ensuite recharger la batterie li-ion. Puis, en fonction du mode de conduite choisi et du couple appliqué par l'utilisateur sur les pédales, les onduleurs délivrent la puissance aux moteurs (un par roue arrière).

Cette architecture, notamment expérimentée dans le cadre du Sun Trip (équipe Tilt Dragon Fly de Bernard CAUQUIL), et aujourd'hui disponible sur étagère (Mando, etc.), présente pour notre produit un équilibre avantages/inconvénients favorable, par rapport à la solution habituelle transmission mécanique + assistance électrique.



Chaîne de traction By Wire (Comparée à un système classique pédalier mécanique + assistance électrique)	
Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • 0 maintenance et 0 usure de transmission mécanique • Ajustement de la fréquence et de l'effort de pédalage plus fin et stable • Facilité de conception et meilleure exploitation des volumes dû à l'absence de volume perdu réservé à la transmission • Absence de différentiel mécanique en cas de 2 roues motrices arrière (différentiel électronique par construction) 	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de rendement (entre 5 et 10%) due aux 4 conversions d'énergie successives : mécanique -> électrique -> chimique -> électrique -> mécanique • Poids supplémentaire embarqué, quelques kg (génératrice en plus, transmission mécanique en moins)

Les gains de fiabilité et simplicité de conception l'emportent pour notre cas : la transmission hybride-série sera l'architecture de notre chaîne de propulsion.

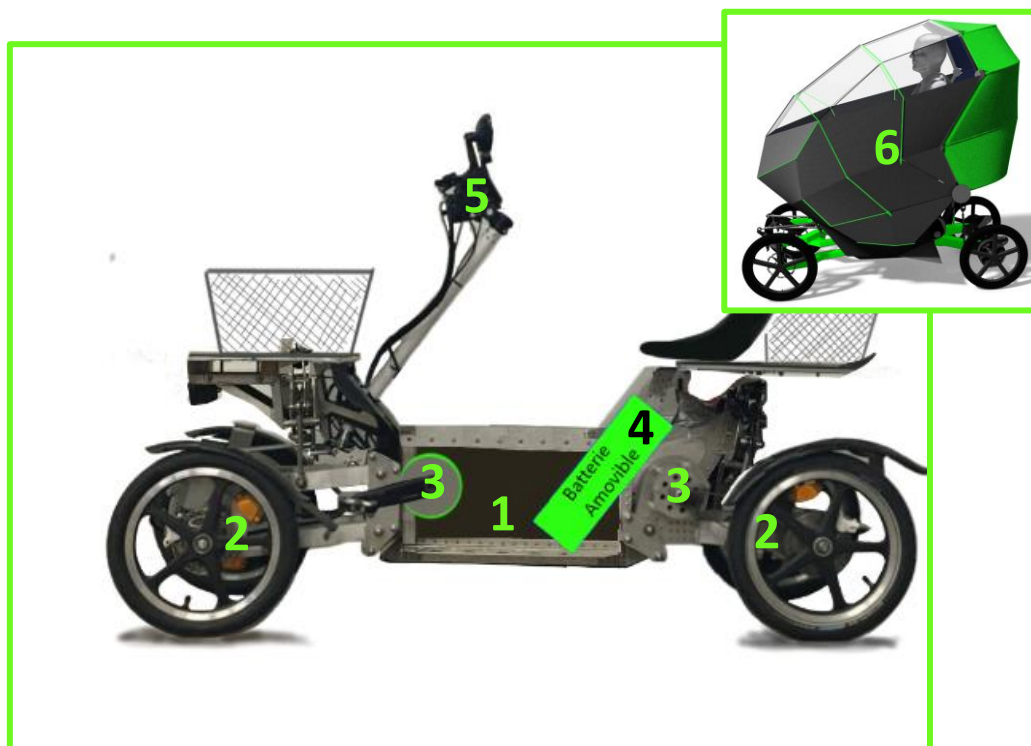
A noter que ce choix peut être plus délicat dans le cas d'un VAE limité à 250W. Dans cette situation, seuls 250W électriques sont autorisés en sortie de moteur. Or, dans un VAE classique, ces 250W s'ajoute la puissance de pédalage mécanique du cycliste : donc environ 350W en tout. Cela peut faire toute la différence dans le rapport poids/puissance. Dans notre catégorie réglementaire, L6e, limitée à 4000W nominaux, ce delta de 100W est anecdotique.

Détails de l'architecture technique

Le hardware de MOB 4.0 est constituée de 6 systèmes, qui sont constitués d'un ou plusieurs sous-systèmes. En voici la liste détaillée « Bill of Materials » ci-après.

Les softwares prévus seront sourcés « sur étagère » (avec les contrôleurs, écran de contrôle, batterie).

Numéro système	Système	Sous-systèmes	Masse (kg)	Matériaux principaux	Statut
1	Châssis	Cadre central	10	Alu	Proto
2	Trains roulants	Bras avant	5	Alu	Validé
		Bras arrière	5	Alu	Validé
		Suspensions avant / arrière	4	Acier	Validé
		Roues	6	Acier / caoutchouc	Validé
		Freinage	1	Acier	Validé
3	Chaînes de propulsion	Moteurs de propulsion	12	Acier	Proto
		Alternateur	2	Acier	Etude
		Boîte de vitesse (rapport fixe)	2	Alu / polymères	Proto
		Contrôleurs/onduleurs	1	Acier / électronique	Proto
4	Stockage d'énergie	Batteries	10	Cellules Li-ion	Proto
5	Commandes	Commandes de guidon & éclairages	0,2	Plastique	Proto
		Ecran de contrôle	0,1	Plastique / électronique	Proto
		Guidon	1	Acier	Proto
6	Habitacle	Structure de canopée dépliant	5	Alu	Etude
		Sellerie	2	Plastique	Proto
		Vitrages de canopée	2	PC	Etude
		Revêtement opaque de canopée	3	PC / Textile	Etude



Voici une liste des fournisseurs principaux identifiés, ainsi que leur localisation. 5 des 6 systèmes sont au moins en partie fabriqués en France. 13 sous-systèmes sur 18 sont fabriqués en Europe.

Système	Sous-systèmes	Fabricants/assembleurs identifiés	Localisation
Châssis	Cadre central	Maison	France
	Bras avant	Maison	Pologne
Trains roulants	Bras arrière	Maison	Pologne
	Suspensions avant / arrière	DNM	Asie
	Roues	Maison	Pologne
	Freinage	Tektro	Asie
	Moteurs de propulsion	MS Systems	France
Chaînes de propulsion	Alternateur	Mando	Asie
	Boîte de vitesse (rapport fixe)	Maison	Pologne
	Contrôleurs/onduleurs	SiliXcon	Rep Tchèque
Stockage d'énergie	Batteries	Batteries Prod	France
Commandes	Commandes de guidon & éclairages	Divers	Asie
	Ecran de contrôle	SiliXcon	Rep Tchèque
	Guidon	Divers	Asie
Habitacle	Structure de canopée dépliant	Maison	France
	Sellerie	Ventisit	Pays Bas
	Vitrages de canopée	Mont Blanc composites	France
	Revêtement opaque de canopée	Knauf industries	France

ANNEXE : Fichier 3D .STEP -version draft en cours d'évolutions- de MOB 4.0