

Prototyper trois technologies nouvelles pour accélérer la décarbonation du véhicule individuel

FERNANDEZ, Guillermo^a, GARCIN, François^{a,*}, TARTAYRE, Guillaume^a

^aAssociation Vadzaih Expéditions. 124 chemin de la croix de cisel, 06530 Cabris.

Abstract

Dans un contexte où les solutions de mobilité doivent évoluer vers des options durables, polyvalentes et efficaces, le projet présenté met en oeuvre et documente trois technologies innovantes pour déverrouiller les architectures des véhicules individuels. Ces innovations s'appuient sur des matériaux et des technologies issus d'autres industries: la construction, l'industrie nautique et le vol libre. Elles ont été choisies à la lumière d'une analyse fonctionnelle extensive des véhicules individuels, d'une analyse des impacts de l'ensemble du cycle de vie sur l'environnement et d'un objectif de relocalisation de la production. Le projet, lauréat de l'eXtrême Défi ADEME, est à but non lucratif. Il est porté par une association d'intérêt général, financé à 70% par le plan France 2030 et les livrables documentaires seront distribués sous licence libre dans le domaine public.

Keywords: mobilité, technologies, innovation, prototypage, open source

1. Trois technologies novatrices

1.1 Carénage Souple Auto-gonflable

Inspirée du parapente, cette technologie repose sur l'utilisation de textiles légers et résistants et la conception d'un profil aérodynamique possédant une ouverture sur l'avant (où la pression est maximale) pour le rendre **auto-gonflable**. Ce concept présente de multiples avantages pour un véhicule routier:

- Il offre une **protection efficace** contre les intempéries et le froid, tout en affichant une **masse extrêmement réduite**, de l'ordre de quelques centaines de grammes.
- Sa souplesse et le **coût réduit** du procédé de fabrication donne une grande liberté pour le choix des formes: un avantage considérable sur le plan **aérodynamique** tout en conservant un format **compact à l'arrêt** et une **habitabilité maximale** grâce à ses extrémités repliées.
- Il agit à l'avant et à l'arrière comme un **airbag passif** en cas de collision, améliorant la protection des occupants. Une avancée prometteuse en matière de sécurité pour les véhicules légers.



Figure 1: a) Prototypes des carenages avant et arrière à l'arrêt, b) Prototypes des carenages avant et arrière gonflés.

Le procédé de fabrication repose sur une technique de couture simplifiée, réduisant le besoin en pièces sur mesure et éliminant la nécessité de moyens industriels spécifiques. Cette approche favorise une **production locale et rationalisée**.

1.2 Transmissions Mécaniques Ultra Légères à Haut Rendement

Comparée à un câble en acier de même diamètre, une corde en Dyneema offre une résistance à la traction supérieure, une masse divisée par 7 et un allongement à la rupture inférieur à 1%. Ces performances ainsi que sa souplesse, sa fiabilité, son coefficient de frottement réduit et son coût raisonnable ont rendu le Dyneema incontournable dans les domaines de la voile et de l'industrie.



Figure 2: Maquette de démonstration du système suspension inclinable intégrée par poulie sans friction et courroie en Dyneema

Les prototypes GFG101 et GFG201 embarquent des systèmes de transmission mécanique conçus spécialement pour tirer parti de ces propriétés:

- Un **système de suspension inclinable**, basé sur une solution poulie-courroie en Dyneema, dont nous pensons qu'il sera **plus léger, plus compact** et pouvant être fabriqué localement à un **coût réduit**. Adoptés sur le Piaggio MP3, des quadricycles et certain VÉLIs, les systèmes de suspension inclinables permettent d'envisager des **véhicules moins larges** avec un **comportement routier sécurisant**.
- Une **transmission de direction mécanique par dyneema et cabestan** permet une plus grande liberté dans l'architecture et l'agencement du véhicule sans recourir à une direction "by wire" moins sécurisante.

La transmission par cabestan, un système séculaire, associé aux propriétés inédites du Dyneema nous permet également d'envisager

*Contact de référence:

Email address: francois.garcin@gmail.com (GARCIN, François)

une **transmission de puissance mécanique plus légère, plus durable avec un rendement amélioré** pour de futures applications.

1.3 Grâce à la CAO paramétrique et générative: Vers un châssis léger ultra-rigide

La maîtrise par l'équipe projet d'outils de CAO paramétriques Open Sources et les moyens de prototypage à notre disposition nous permettent de concevoir un châssis innovant pour chacun des deux prototypes.

Deux couples de matériaux sont explorés: une association tubes carbone et Dyneema pour la version haute performance GFG201, et une association bois et câbles en acier pour la version GFG101 plus écologique et économique.

Ces deux châssis sont basés sur une structure en treillis avec un **excellent rapport résistance/masse**, contrainte en tension pour accroître sa rigidité et ainsi **améliorer le comportement routier**. Les systèmes d'**assemblage sans soudure ni moulage composite** sont produits en utilisant les moyens de transformation disponibles localement.

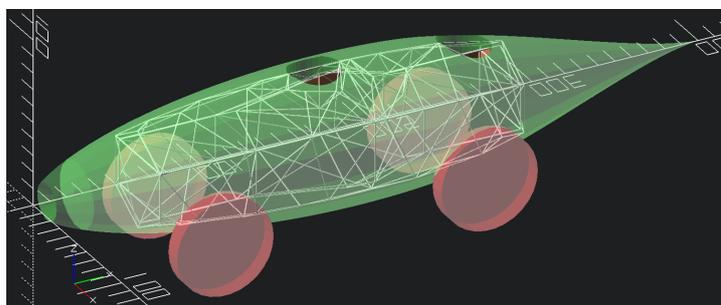


Figure 3: Modèle 3D du cadre en structure tubulaire en treillis-tension

2. Deux prototypes lauréats de l'eXtrême Défi ADEME

Le projet présenté a pour objectif de mettre en oeuvre ces innovations identifiées pour accroître **les fonctionnalités et la désirabilité** des dispositifs de micromobilité actuels.

Dans cette perspective, il prévoit la conception et le prototypage de deux modèles de véhicules légers intermédiaires, situés à mi-chemin entre le vélo et la voiture. Le modèle GFG101 est conçu pour une fabrication collaborative par des amateurs, tandis que le modèle GFG201, plus performant, est destiné à une production distribuée par des entreprises locales. Travailler en parallèle sur deux véhicules distincts aux cahiers des charges complémentaires permet de catalyser la **sérendipité** dans le processus créatif.

Ces véhicules compacts à quatre roues (dimensions : 230 x 70 cm) et inclinables sont optimisés pour le transport individuel et restent polyvalents en permettant le transport de charges supplémentaires : un passager adulte, deux enfants ou des marchandises. Par ailleurs, ils sont conçus pour pallier les limitations des véhicules à deux roues: notamment en termes de **confort**, de **sécurité**, d'**aptitude à transporter des charges** et de **protection contre les intempéries**. Les prototypes intègrent une motorisation adaptée aux contraintes topographiques des Préalpes, où les pentes peuvent atteindre 25 %. La chaîne de puissance est dimensionnée pour une vitesse maximale de 45 km/h, une autonomie de 50 km, et une capacité de charge utile de 160 kg.

Dans un contexte où chaque voiture individuelle transporte en moyenne 1,2 passager, et sachant que les véhicules particuliers sont à l'origine de plus de la moitié des émissions de gaz à effet de serre du secteur des transports en France, les VELIs (ou véhicules légers intermédiaires) se présentent comme une alternative capable

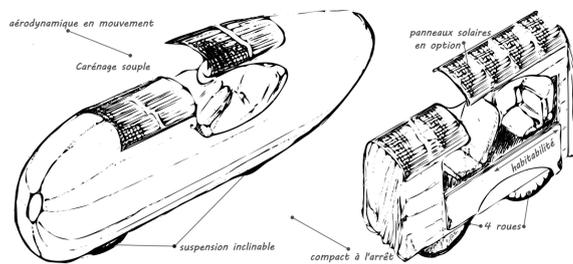


Figure 4: Concept d'un véhicule intermédiaire durable, pratique et confortable

de soutenir largement l'objectif du Pacte vert européen : **réduire de 90 % les émissions de GES provenant des transports** d'ici à 2050. Leur développement est soutenu par le plan France 2030 à hauteur de 15 millions.

Le programme eXtrême Défi Mobilité de l'ADEME, conçu comme un **parcours d'innovation extrême en coopération** accompagne le prototypage, l'expérimentation et l'industrialisation de ces nouveaux véhicules sobres. Le projet présenté en est lauréat. Il bénéficie ainsi d'un financement à 70% pour budget total de 114'000 €

La finalisation des deux prototypes est prévue pour **juin 2025**.

3. La mission, la structure, l'équipe

Porté par une organisation à but non lucratif reconnue d'intérêt général : l'association Vadzaih Expéditions, le projet présenté bénéficie d'une **liberté stratégique** qui permet à l'équipe de privilégier la mise en oeuvre d'**innovations de rupture**, indépendamment des impératifs de rentabilité économique et de gestion des risques qui contraignent généralement les entreprises du secteur.

L'ensemble du processus créatif repose sur une démarche scientifique et technique, soutenue par une équipe de **trois ingénieurs pluridisciplinaires**.

- Guillermo FERNANDEZ : Docteur-Ingénieur en génie civil et moniteur de parapente. Responsable calculs, documentation technique et carénage souple auto-gonflable.
- François GARCIN : Ingénieur Arts et Métier et inventeur. Responsable prototypage, structure et transmissions mécaniques.
- Guillaume TARTAYRE : Ingénieur en sciences de l'information et chef d'entreprise. Responsable communication, chaîne de puissance et contrôle-commande.

Dans le cadre de l'eXtrême Défi Mobilité de l'ADEME, l'équipe bénéficie, en plus du financement, du support et de l'expérience d'un **large écosystème de constructeurs, d'institutions et d'associations** acteurs de la transition énergétique du secteur des transports. Ce cadre collaboratif favorise encore l'innovation et la sérendipité, et élargit les perspectives pour des applications futures.

4. Liens utiles

- <https://forum.fabmob.io/t/carenage-souple-auto-gonflable/1574/30>
- <https://xd.ademe.fr/>
- <https://www.youtube.com/watch?v=kuMmDdd7uJg>