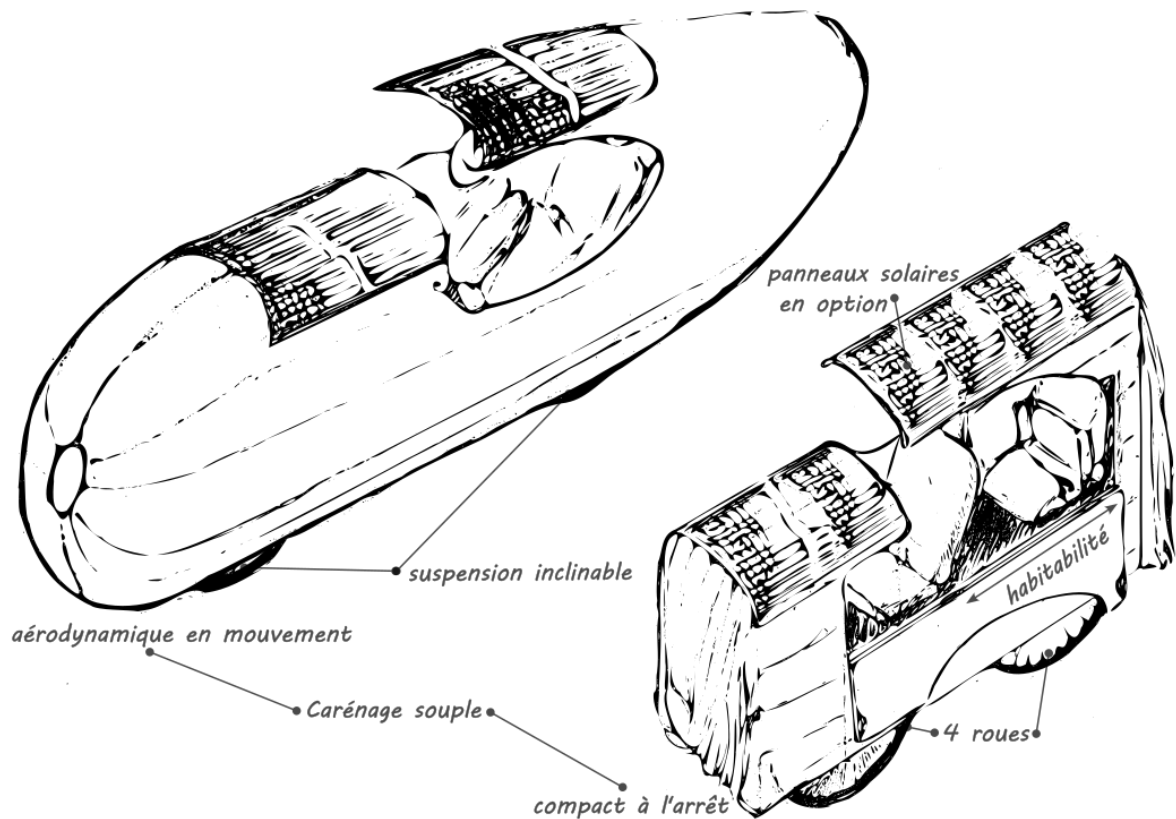


Véhicules GFG101 et GFG201 par Vadzaih



Dossier Technique de Candidature
Prototypes de l'eXtrême Défi



1. Table de matieres

1. Table de matieres.....	2
2. Résumé du projet.....	3
3. Description du projet.....	3
3.1. Résumé en 10 lignes:.....	3
3.2. Nombre de prototype du projet.....	4
3.3. Cibles des prototypes.....	4
3.4. Les usages associés.....	4
3.5. Les choix techniques.....	5
3.5.1. Analyses fonctionnelles.....	5
3.5.2. Choix de conception et innovations techniques proposées.....	6
3.5.2.1. Châssis périphérique.....	6
3.5.2.2. Dimensions contenues.....	6
3.5.2.3. Quatre roues.....	6
3.5.2.4. Suspension inclinable “en corde flottante”.....	6
3.5.2.5. Carénage souple.....	7
3.5.2.6. Commandes et affichages devant le pilote.....	8
3.5.2.7. Direction.....	8
3.5.2.8. Transmission.....	8
3.5.2.9. Choix des composants.....	9
3.6. Les dénivelés et distances réalisables.....	9
3.7. Modèle économique du véhicule.....	9
3.8. Écosystème et lien entre le véhicule et son environnement.....	10
3.9. Partenaires, fournisseurs et équipementiers impliqués.....	10
4. Objectifs et Résultats attendus.....	11
5. Organisation du projet et personnes impliquées.....	11
5.1. L'équipe du projet.....	11
5.2. Mode d'organisation.....	12

2. Résumé du projet

Ce projet a pour objet le prototypage de deux véhicules intermédiaires, qui proposent une solution de mobilité sobre, pratique, confortable et abordable, adaptée aux besoins de déplacements urbains et périurbains dans les Alpes-Maritimes.

Le GFG101 est destiné à une fabrication par et pour des amateurs, tandis que le GFG201, plus performant, est destiné au grand public, fabriqué et distribué par des entreprises locales.

Ces véhicules à 4 roues, inclinables, et compacts (230x60cm), sont optimisés pour le transport individuel (car c'est le déplacement identifié le plus courant). Ils doivent en outre être plus polyvalents que le vélo en permettant de faire des courses et transporter une charge supplémentaire (soit: passager adulte, jusqu'à 2 enfants ou des marchandises). Ils doivent également résoudre les lacunes qui retiennent les gens d'utiliser le vélo électrique pour ces déplacements.

La motorisation sera adaptée aux spécificités topographiques de notre territoire, qui comprend les préalpes et des pentes atteignant 25%.

Le projet, non lucratif, a un caractère associatif et open source. Il est motivé par la fabrique de mobilités de l'ADEME et l'Xtrême Défi.

3. Description du projet

3.1. Résumé en 10 lignes:

Deux véhicules, le GFG101 et le GFG201, sont développés. Le GFG101 est destiné à une fabrication par et pour des amateurs, tandis que le GFG201, plus performant, est destiné au grand public, fabriqué et distribué par des entreprises locales.

Cibles : Les prototypes visent les déplacements urbains et périurbains des particuliers des Alpes-Maritimes, où la voiture est majoritairement utilisée pour des trajets courts, souvent en solo. Les véhicules pourront remplacer la voiture pour des trajets quotidiens.

Usages : Optimisés pour le transport individuel, les véhicules GFG peuvent aussi transporter un ou deux enfants et des marchandises. Ils visent à résoudre les lacunes des vélos électriques, notamment grâce à un carénage souple et une suspension inclinable.

Choix techniques : Un objectif de 500kgeqCO2 pour la fabrication, un châssis périphérique, des dimensions contenues, quatre roues, une suspension inclinable innovante, un carénage aérodynamique souple.

Performances : Conçus pour 45 km/h avec une autonomie de 50 km et une charge utile de 160 kg, ils sont adaptés aux dénivelés et distances typiques des Alpes-Maritimes.

Modèle économique : Basé sur l'open source, VADZAIH collabore avec des associations existantes et propose des kits, formations, et ateliers participatifs pour diffuser les véhicules. Les coûts de fabrication sont à la charge des utilisateurs, avec des subventions pour la conception initiale.

Écosystème : Le projet repose sur des infrastructures locales comme les fablabs et ateliers, le réseau d'institutions et associatif. Les véhicules s'intégreront dans la circulation existante avec des dimensions contenues à 230x60cm et une vitesse limitée.

Partenaires : Des collaborations sont prévues avec des associations locales, ateliers de prototypage, et prestataires externes pour la fabrication et l'équipement des prototypes.

3.2. Nombre de prototype du projet

Le projet prévoit deux prototypes développés en parallèle. Le GFG101 doit être fabricable par des amateurs avec des outils électro portatifs courants et les outils de FAO facilement disponibles en fabLab (fabrication distribuée). Le GFG201, plus léger et plus performant, doit être fabricable par un artisan ou dans un atelier semi-industriel et peut tirer parti d'une structure tubulaire soudée et de matériaux composites.

Les deux prototypes donneront lieu à une documentation entièrement open sourcée.

Cette dualité nous permet non seulement de répondre à deux modèles économiques distincts ("fais-le-toi-même" dans le cas du GFG101 et produit clé en main haut de gamme dans le cas du GFG201), mais surtout d'accélérer le processus heuristique en séparant deux objectifs a priori contradictoires. Chaque prototype amènera des solutions abouties sans compromis, qui pourront éventuellement être transposées par la suite de l'un vers l'autre. Le développement du GFG201, plus raffiné, sera vraisemblablement déphasé par rapport au GFG101 mais devra démarrer bien avant l'aboutissement du GFG101 pour ces apports mutuels.

3.3. Cibles des prototypes

Les véhicules sont conçus pour un usage quotidien, urbain et périurbain par la population des Alpes-Maritimes. Dans ce département, la durée moyenne quotidienne des déplacements est d'une heure. La voiture est le moyen de transport privilégié pour la majorité de la population et 3/4 des déplacements sont effectués par le conducteur seul.

Les déplacements se font principalement à travers un réseau concentré à quelques kilomètres de la côte, et les distances parcourues sont généralement modérées. En effet, 4/5 des trajets en voiture font moins de 10 km. Dans ce contexte, un véhicule roulant à une vitesse de 45 km/h pourrait remplacer la voiture dans la plupart des trajets intercommunaux.

3.4. Les usages associés

Les véhicules GFG sont optimisés pour le transport individuel, car c'est le cas le plus fréquent, tout en offrant une polyvalence pour les courses. Ils doivent être capables de transporter une charge supplémentaire, que ce soit un passager adulte, jusqu'à 2 enfants ou des marchandises.

Ils doivent également résoudre les problèmes qui retiennent les particuliers d'utiliser le vélo électrique pour ces déplacements. Nos véhicules sont des quadricycles à assistance électrique proposant notamment un carénage souple et un système de suspension inclinable pour des dimensions contenues et une fabrication distribuée.

Pour adresser au mieux les usages les plus courants, nous avons mis de côté certains cas d'utilisation lors de notre analyse fonctionnelle (weekend en famille, transport d'outils et matériaux...). Éluider ces cas d'usages risque d'amener les utilisateurs à conserver une voiture. Nous prévoyons donc à moyen terme une

solution modulaire basée sur le véhicule GFG, en offrant la possibilité de coupler deux GFG et/ou annexer une remorque motorisée. Nous nous efforçons donc de garder cela à l'esprit et les contraintes associées lors de nos choix techniques.

3.5. Les choix techniques

3.5.1. Analyses fonctionnelles

À partir de notre étude des besoins en déplacements dans les Alpes Maritimes, et des contraintes liées à la fabrication distribuée, nous avons choisi de développer un véhicule se déplaçant à 45km/h avec une charge utile de 160kg et une autonomie réelle de 50km.

Notre analyse fonctionnelle externe (phase utilisation) est fondée à la fois sur les déplacements péri-urbains et les déplacements urbains compte tenu de l'emprise des grandes agglomérations sur le territoire.

Pour nourrir l'analyse fonctionnelle externe de notre véhicule, nous avons également cherché à recenser les raisons pour lesquelles les usagers préfèrent souvent la voiture au vélo à assistance électrique qui pourtant répond déjà aux besoins en déplacement du plus grand nombre.

Nous avons également élargi nos analyses fonctionnelles aux différentes phases du cycle de vie du véhicule (utilisation, fabrication, démantèlement, conception, etc...)

L'excellent document "Nouvelles architectures et liaisons au sol pour véhicules décarbonés" de Gilles Schaefer, intégré sur le tard, nous a permis de renforcer ces analyses.

Le projet Vhélío qui nous inspire particulièrement, constitue notre benchmark le plus pertinent et ambitieux. Nos deux autres benchmarks sont le scooter Piaggio MP3 pour les dimensions et le comportement routier et le MoskitOS pour la fabricabilité et la mobilité de structure.

Les grandes fonctions qui en découlent sont les suivantes:

- transporter un adulte + un adulte et/ou un enfant ou 80kg de cargo. Charge utile totale de 160kg+,
- donner visibilité et contrôle au pilote,
- assurer la sécurité des personnes et des biens lors du transport,
- stationner le véhicule dans l'espace public,
- assurer le confinement des biens lors du stationnement,
- protéger de la pluie et assurer le confort climatique,
- être fabriqué avec des outils, des techniques et des matériaux accessibles avec des composants standards,
- sommer un bilan énergétique contenu,
- tester à moindre coût la sécurité et l'ergonomie de différentes configurations lorsque que la veille ne nous aura pas permis de trancher (commande d'inclinaison, plancher virtuel, axe de direction...)

Un diagramme plus détaillé et complété au fil de l'eau nous permet de synthétiser ces analyses.

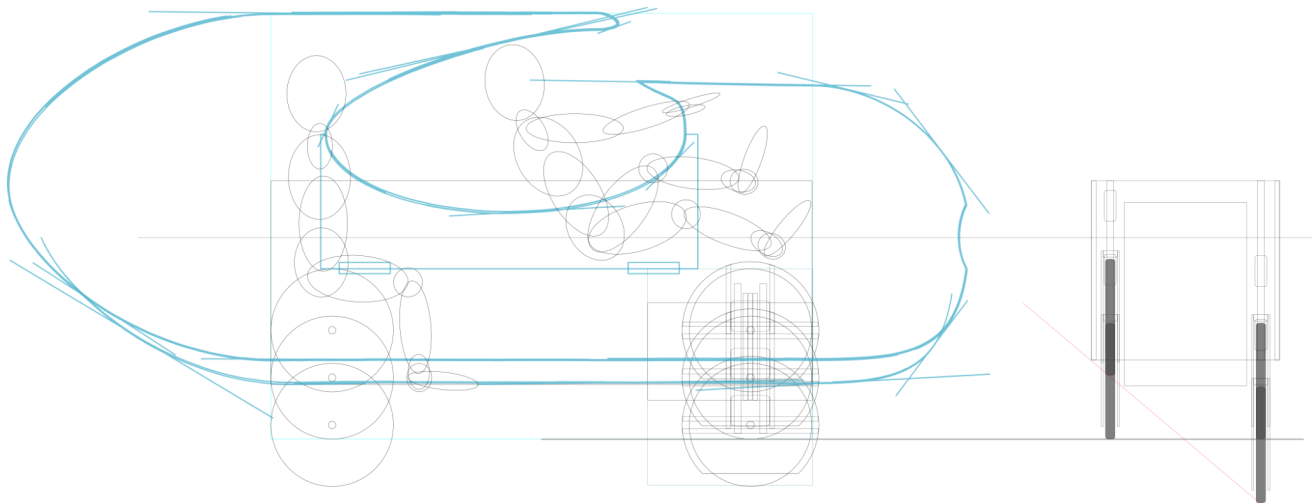


Figure 1 : études ergonomie et habitabilité

3.5.2. Choix de conception et innovations techniques proposées

Ces analyses fonctionnelles, une large veille technique, nos sessions de créativité et de nombreuses discussions passionnées nous ont permis d'arrêter les choix de conception suivants:

3.5.2.1. Châssis périphérique

Pour protéger au mieux les occupants et les biens. En outre, nous pensons que ce choix nous permettra d'une part de réduire la masse en fusionnant châssis et carénage, d'autre part d'augmenter la solidité en déconcentrant les contraintes mécaniques par rapport à un vélo classique.

3.5.2.2. Dimensions contenues

Une largeur de 60cm pour mieux partager la route avec les autres véhicules et 230cm de long, ce qui correspond à la largeur d'un stationnement pour voiture, pour entrer dans un stationnement standard pour moto.

3.5.2.3. Quatre roues

Pour un maximum de stabilité, y compris dans les situations d'urgence, nous développons un véhicule 4W-2f-4T-2d-2s-2p.

3.5.2.4. Suspension inclinable “en corde flottante”

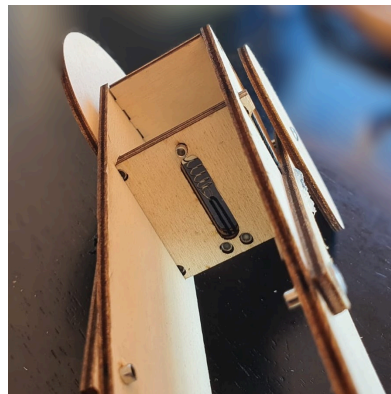
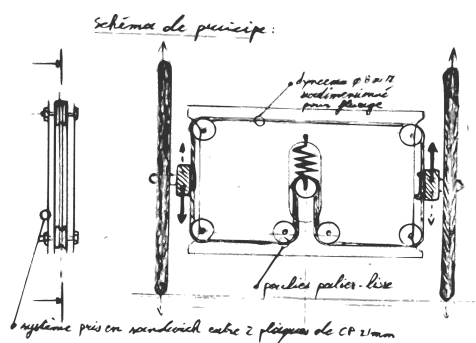


Figure 2 : Schéma de principe et maquette de la suspension inclinable en “corde flottante” (gauche) et prototype fonctionnel en découpe laser (droite)

Une solution technique inventée par François, membre de l'équipe, nous permet d'envisager une suspension inclinable fabricable par un amateur, très peu coûteuse, robuste et maximisant l'habitabilité. Celle-ci utilise des composants standards (œillets en acier et corde en dyneema 12mm) et un essieu fabriqué en panneaux de contreplaqués de 18mm usinés en CNC. Nous avons validé ce principe innovant par une maquette, en revanche la simplicité de cette solution se fait au prix de la variation de la voie lors de l'inclinaison. Nous pensons qu'il sera intéressant de prototyper sur le GFG101 cette solution pour mesurer les conséquences sur l'usure des pneumatiques et sur l'adhérence en virage.

Le GFG201 quant à lui adopte une suspension inclinable articulée en parallélogramme conçue pour minimiser l'impact sur l'habitabilité.

3.5.2.5. Carénage souple

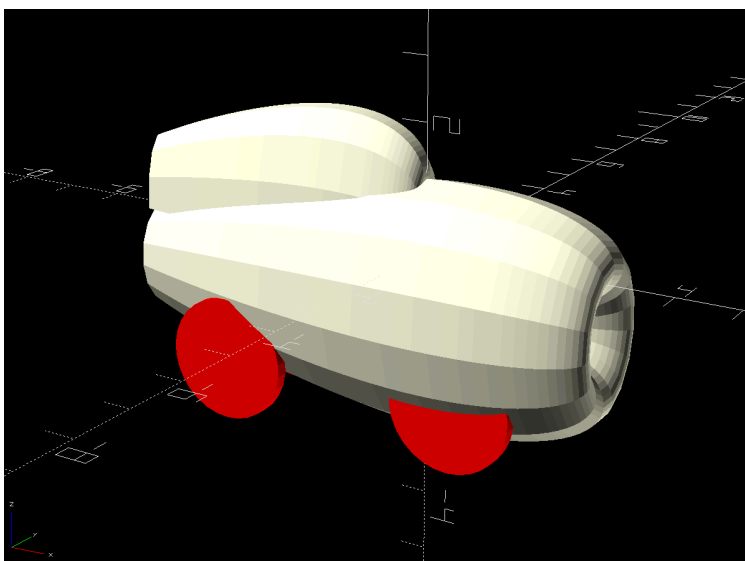


Figure 3 : Étude modèle 3D carénage aérodynamique

Compte tenu de l'importance de la traînée par rapport aux autres forces appliquées au véhicule, et pour minimiser l'impact de la hauteur du véhicule, nous avons choisi d'optimiser au mieux l'aérodynamisme du véhicule avec un carénage complet, roues comprises.

Moniteur de parapente, Guillermo a imaginé un carénage souple (inspiré des sellettes de compétition à faible traînée) qui se déploie lorsque le véhicule est en mouvement. Ce carénage très prometteur a motivé notre participation à l'extrême défi.

En effet, cette solution permet de fabriquer un carénage aérodynamique pour un coût et une masse contenus, tout en préservant des dimensions contenues lors du stationnement, une habitabilité maximum et un centre de gravité le plus bas possible.

3.5.2.6. Commandes et affichages devant le pilote

Pour faciliter le contrôle et la gestion du véhicule par le pilote, et maximiser le sentiment de sécurité, nous avons choisi de placer les commandes et affichages devant le pilote.

Le prototype GFG101, construits en matériaux peu coûteux et rapidement mis en oeuvre (contreplaqué usiné en CNC et assemblages boulonnés) est conçu de façon à permettre le test de plusieurs configurations pour maximiser l'ergonomie et le contrôle:

- comparaison des solutions de commandes d'accélération et de freinage régénératif (par exemple pédalier ou pouce).
- comparaison des solutions pour la commande d'inclinaison (inclinaison libre, assistée ou commandée ou plancher virtuel) en tirant parti des possibilités offertes par le dyneema et les transmissions par cabestan.

3.5.2.7. Direction

À ce stade trois solutions subsistent pour la direction :

- un palier sur chaque roue avant avec système ackermann,
- un palier central sur l'essieu avant.
- un axe virtuel central inspiré du python bike et du moskitOS.

L'encombrement et l'interface mécanique avec le châssis périphérique étant antagonistes à ce stade, et le comportement en virage d'un axe central nous posant question, il nous semble qu'une solution reste à élaborer sur ce point.

Il est également prévu d'expérimenter une commande distincte de l'inclinaison en s'appuyant sur le système de suspension inclinable en corde flottante.

3.5.2.8. Transmission

Notre choix de faire un véhicule hybride série (VHS), c'est à dire de relier le pédalier à une génératrice malgré le faible rendement de cette solution ne répond à aucune fonction d'usage mais nous permet d'éliminer toute transmission mécanique et ainsi nous libérer de contraintes importantes sur l'agencement du véhicule lors de la phase prototypage et ainsi concentrer nos choix sur l'ergonomie et l'habitabilité du

véhicule. Une fois l'agencement déterminé et validé, nous pourrions envisager de concevoir pour les prototypes à venir une solution de transmission mécanique.

3.5.2.9. Choix des composants

La conception des deux prototypes recherche un maximum de flexibilité dans le choix des composants électriques et électroniques pour faciliter la mutualisation de commande avec les autres équipes. Par exemple, le choix d'un moteur thru-axle a été écarté pour élargir les références possibles.

Une ACV est systématiquement effectuée pour chaque matériau et chaque composant.

Designation	Unité	Quantité	Provenance	Durée de vie (année)	Masse unitaire (g)	Eq CO2 unitaire (kg eq.CO2/kg)	Coût unitaire (€)	Masse totale (g)	Eq CO2 total (kg eq.CO2)	Coût total (€)
Total								86080 g	276 kg	7 226 €
Matières premières								39000 g	92 kg	354 €
Acier S235	g	6000	France	30 an(s)	1 g	15 kg	0,05 €	6000 g	92 kg	300 €
Contreplaqué peuplier	m ²	3	Europe		11000 g		18,00 €	33000 g	0 kg	54 €
								0 g	0 kg	0 €
Composants électromécaniques								12900 g	185 kg	3 600 €
Moteur roue Grin Technologies	Pièce	3	Canada	10 an(s)	4100 g	15 kg	700,00 €	12300 g	185 kg	2 100 €
Génératrice pédalage Génér-PI	Pièce	1	France		300 g		1 500,00 €	600 g	0 kg	1 500 €
								0 g	0 kg	0 €
Composants électroniques								21732 g	0 kg	2 370 €
Contrôleur moteur roue Grin Technologies	Pièce	3	Canada	10 an(s)	260 g		370,00 €	780 g	0 kg	1 110 €
Batterie 48V LFP 3000 Wh 48 x EVE C40	Pièce	48	Chine	10 an(s)	374 g		10,00 €	17952 g	0 kg	480 €
Panneau solaire 170W FLEX énergie mobile	Pièce	2	France	10 an(s)	1150 g		350,00 €	2300 g	0 kg	700 €
Chargeur MPPT CTK300-II 300W	Pièce	2	Chine	10 an(s)	350 g		40,00 €	700 g	0 kg	80 €
Composants mécaniques								11948 g	0 kg	742 €
Disque de frein 200mm	Pièce	3	Europe	3 an(s)	220 g		55,00 €	660 g	0 kg	165 €
Etrier de frein AVID BB7 Road	Pièce	3	Europe	10 an(s)	329 g		65,00 €	987 g	0 kg	195 €
Jante 27,5" remerx	Pièce	3		10 an(s)	1877 g		28,00 €	5631 g	0 kg	84 €
Pneu Schwalbe Pick-up 27,5x2,6	Pièce	3	Europe	1 an(s)	1390 g		46,00 €	4170 g	0 kg	138 €
								0 g	0 kg	0 €
Composants accessoires								500 g	0 kg	160 €
Siege type vélo couché	Pièce	1		10 an(s)	500 g		160,00 €	500 g	0 kg	160 €

Figure 4 : Outil de listing de matériaux (à compléter) et analyse du cycle de vie.

3.6. Les dénivelés et distances réalisables

À partir de notre étude des besoins en déplacements dans les Alpes Maritimes nous avons choisi de développer des véhicules se déplaçant à 45km/h avec une charge utile de 160kg et une autonomie réelle de 50km (en prenant compte un dénivelé positif de 500m). La puissance du moteur sera adaptée pour répondre aux spécificités topographiques de notre territoire, qui comprend la présence des préalpes et des pentes atteignant jusqu'à 25%.

3.7. Modèle économique du véhicule

Notre initiative vise à mettre à disposition les ressources informationnelles nécessaires et suffisantes pour permettre la reproduction libre des véhicules GFG101 et GFG201. L'approche de VADZAIH repose ainsi fortement sur le principe de l'open source.

Les activités de l'association VADZAIH sont actuellement financées par les cotisations de ses membres et les dons de ceux qui partagent notre vision et soutiennent nos projets. Pour assurer la pérennité du développement du projet, notre association proposera :

- des formations
- des ateliers participatifs
- des kits de composants pour encourager la diffusion de ces véhicules
- des services pour répondre aux demandes d'amélioration et/ou de personnalisation.

Le bénéficiaire (hobbyiste ou client) sera responsable des coûts liés à la fabrication d'un véhicule. Une partie du coût de la conception initiale sera prise en charge par l'ADEME, tandis que le reste sera financé par une collecte de fonds auprès de particuliers et d'entreprises du département 06.

La commercialisation, l'homologation et la production en série du modèle GFG201 pourraient ensuite être réalisées sous la forme d'une société commerciale, en fonction de l'accueil réservé par le public.

3.8. Écosystème et lien entre le véhicule et son environnement

Le modèle d'autoconstruction et d'usine distribuée proposé dans le projet repose sur l'utilisation d'infrastructures existantes. Le projet se développe autour d'acteurs locaux: fablab , ateliers réparation, etc. Des organismes similaires sont disponibles dans chaque département pour reproduire le modèle.

Les véhicules proposés auront des dimensions de 230cmx60cm, et une vitesse maximale de 45km/h. Ils s'intégreront dans la voirie et dans le flux de véhicules comme les vélos rapides ou scooters, tout en limitant les nuisances. Le carénage du véhicule apportera protection et sécurité vis-à-vis des automobilistes. Leur dépassement sera facilité par sa largeur réduite.

3.9. Partenaires, fournisseurs et équipementiers impliqués

Notre association a prévu de contacter le pôle mobilité de la CCI et de faire tester le prototype par des communautés d'acteurs: Association Choisir le vélo, Les rendez-vous du Loup, etc. ainsi que de contacter Mairies pour expérimentation dans les communes: Châteauneuf, Gourdon, Le-bar-sur-Loup, etc.

Il est prévu de collaborer avec plusieurs membres externes au projet, tels que :

- Des échanges avec la communauté d'utilisateurs, notamment les autres membres de l'association Vadzaih, l'association Choisir le Velo, Les rendez-vous du Loup et l'association Evaleco.
- L'utilisation d'ateliers de prototypage et de fabrication locaux, tels que les fablab SOFAB, artiFab et SHL.
- Recours à des prestataires externes, tels que :
 - Déclic-éco pour l'équipement des unités motrices de vélo.
 - Pascal RAMBAUD, artisan-ferronnier, en cas de besoin de soudures.
 - La société AMN pour l'usinage et le tournage de pièces de précision.

L'orientation de la conception vers des composants standards ou très répandus nous permet d'envisager la mutualisation de ces composants avec d'autres équipes de l'extrême défi.

4. Objectifs et Résultats attendus

Cette étape de prototypage vise à reproduire à taille réelle nos deux véhicules : GFG101 et GFG201, matérialisant ainsi la proposition issue de nos analyses fonctionnelles pour proposer un VELI en remplacement de la voiture. Nous espérons que cela nous permettra de tester différentes configurations envisagées afin d'identifier les plus intéressantes, notamment pour améliorer l'ergonomie. C'est également l'occasion de tester des solutions techniques novatrices qui ont été validées à petite échelle : carénage souple et système de suspension/tilting en dyneema, toutes deux prometteuses en termes de sobriété et de faisabilité. Cela nous permettra de documenter la mise en œuvre en open source pour qu'elle puisse être reproduite ; ainsi que de mener des expérimentations, afin d'évaluer l'accueil du public et d'identifier des axes d'amélioration pour l'avenir.

5. Organisation du projet et personnes impliquées

5.1. L'équipe du projet

- François GARCIN : Ingénieur Arts et Métier, engagé personnellement et professionnellement dans la transition écologique depuis 2008, il offre depuis 10 ans ses services d'artisan-ingénieur en résolution de problème et en conception d'outils et de produits. Responsable prototypage et fablab, choix matériaux, partenariats, participation à des salons
 - 06 09 08 38 57
 - Francois.Garcin@gmail.com
- Guillaume TARTAYRE : Ingénieur en sciences de l'informatique, chef d'entreprise, engagé dans le développement durable et l'environnement. Il est chargé de la communication, de la production de supports audiovisuels et de la présence en ligne.
 - 06 87 31 05 30
 - gtartayre@gmail.com
- Guillermo FERNANDEZ : Docteur-Ingénieur en génie civil, moniteur de parapente, responsable de la réalisation de calculs et de la rédaction de documents techniques.
 - 07 79 82 85 67
 - guillermowfl@gmail.com

5.2. Mode d'organisation

Les décisions importantes concernant l'architecture du véhicule sont prises par consensus. Les détails techniques sont laissés à la charge de chaque responsable de pôle. Les réunions de travail se déroulent principalement en présentiel pour favoriser les échanges. Dans l'ensemble, les principes de la méthode AGILE sont respectés (par exemple, en effectuant des prototypages très tôt, plutôt que d'adopter un fonctionnement en cascade) et divers outils de créativité sont largement utilisés, tels que les séances de brainstorming, le mindmapping et les outils graphiques d'analyse fonctionnelle.

Le projet sera documenté sur la plateforme collaborative Pad de la fabrique de mobilités. Toute la documentation et la communication seront également diffusées sur le site web de l'association <https://www.vadzaih-expeditions.org/>.