

Mobilité open source et low tech

Réalisation tricycle moskitOS

Culture Sciences
de l'Ingénieur

Édité le
01/02/2026

Arnaud SIVERT¹, Lorenz LEIMGRUBER²

¹ I.U.T de l'Aisne Département Génie Electrique SOISSONS FRANCE

Laboratoire pour l'Innovation Technologique (L.T.I)

² Concepteur principal du moskitOS (moskitos.org) et émetteur de ~2 tCO₂éq/an (youtube.com/@nvhd)

1 - Introduction

Produit de masse qui a évolué pendant plus d'un siècle, le vélo évolue faiblement de nos jours. Mais, l'ergonomie, l'optimisation de sa masse [1], le volume à transporter, l'électrification font que le vélo a toujours été un sujet très techniques et multidisciplinaires qui est en train de se diversifier et de se métamorphoser. En effet la transition énergétique demande des déplacements faible consommation avec des rayons d'action de 100km utilisant des vélos cargos, vélos couchés, tricycles, vélomobile, etc...

Le déclin de la production de pétrole et la stagnation du nombre de centrale nucléaire vont entraîner une augmentation du coût de l'énergie et, par conséquent son poids dans le budget des ménages. Cette hausse des prix encouragera une réduction de la consommation liée à la mobilité et une recherche de sobriété. De plus, dans un monde aux ressources limités (matière, revenus, temps, consommation énergie calorique et électrique), il devient nécessaire de choisir intelligemment son véhicule en fonction de son rayon d'action et de son usage.

Sur un tricycle, la physique mécanique est primordiale : la connaissance du centre de gravité permet d'en déduire la vitesse max en virage et calculer les contraintes maximales, mécanique de conception, le choix des matières et leur résistance apte à supporter les contraintes puis le choix des braquets [2] pour connaître les accélérations possibles et les capacités de freinage, l'ajout d'une motorisation électrique, la réalisation des éclairages, ect.

Par conséquent, la réalisation d'un cycle constitue un excellent projet de terminal, mais aussi de projets tutorés pour les bachelors universitaires ou encore pour les travaux d'initiative personnelle encadrés (TIPE) au programme de toutes les prépas scientifiques. Ces projets initient à la démarche théorique, au sens critique, à la gestion de projet, à l'autonomie et à la réalisation concrète, préparant ainsi aux futures responsabilités de l'ingénieur.

D'un autre côté, depuis plusieurs décennies, l'éducation familiale au bricolage et à la fabrication manuelle est en déclin dans un monde consumériste. D'ailleurs, seulement 10% des nouveaux bacheliers savent utiliser une visseuse ou une scie à métaux, 5% savent monter une prise électrique, aucun ont déjà utilisé un taraud et aucun ont déjà fait de la couture.

Partir d'une page blanche pour réaliser un véhicule n'est pas si facile même pour un ingénieur ayant du vécu. Toutefois, Internet regorge de véhicules réalisés par des constructeurs amateurs pour répondre à des usages que le marché de masse ne prend pas en compte (vélo cargo, vélomobile, tricycle, long tail). Ces vélos spéciaux ne sont pas produits en masse et demeurent donc relativement chers (entre 6000 et 12000€) car le travail artisanal prend du temps et les économies d'échelles sont inexistantes. L'auto-construction permet une réduction du coût de l'ordre de 50 à 70 % même accompagnée d'un encadrant expert apportant des gains considérables en savoirs faire et garantissant la bonne fin de la réalisation.

Par ailleurs, le marché des kits de construction ainsi que de moteurs électriques génériques permet d'éviter des véhicules « propriétaires » et « premiums », impossible à réparer et relativement coûteux.

Or, un véhicule réparable et compatible avec des standards courants possédera une durée de vie importante ce qui lui permettra un meilleur amortissement et donc une rentabilité supérieure.

Ces véhicules intermédiaires (entre le vélo et la voiture), à faible consommation, permettent de réduire fortement l'impact environnemental, en utilisant parfois des matières plus renouvelables (biosourcées tel que le bois ou les fibres naturelles, ou de deuxième vie).

Évidemment, plus un véhicule est léger [1, 2] et moins il va consommer pour se déplacer. Cependant, les matières très légères telles que l'aluminium, la fibre de carbone ou le titane sont coûteux et présentent un bilan environnemental élevé.

Ainsi, l'adéquation matière, prix, masse, longévité n'est pas facile à trouver.

À ce jour, diverses réglementations et procédures d'homologation freinent les alternatives, si bien que le développement de nouveaux prototypes nécessite un investissement initial important, inaccessible à de nombreux petits fabricants. Par exemple, Midipile Mobility a dû lever 2 millions d'euros, tout comme le bipporteur Toyota monté par Douze Cycle, pour leurs développements et homologations respectifs.

De nombreux facteurs peuvent décourager les futurs utilisateurs d'un véhicule à faible consommation :

- le prix
- l'ergonomie et le confort (pour un vélo droit : selle, poignée, hauteur du guidon entraînant des douleurs aux fesses, poignée, mains, dos, nuque, complexité amortissement des irrégularités de la chaussée) ;
- l'effort de pédalage (masse, coefficient résistif des pneus, aérodynamique) ;
- la sécurité d'utilisation (équilibré, étrier de freins, plaquette), partage de la route, casque, ...
- la météo : habits spécialisés pour l'hiver, l'été, entre 2 saisons, réalisation de carénage ;
- la limitation de la bagagerie (volume et masse transportables) ;
- le vol (antivol, traceurs), l'assurance ;
- l'éclairage (être vu de jour et voir de nuit)
- législation, les limitations de vitesse et de puissance, l'autonomie et le rayon d'action ;
- la réparabilité et la difficulté du montage.

Mais quelles sont les caractéristiques prix et de résistance des différents matériaux de construction d'un cycle, du cadre à la bagagerie ?

1.1 - Matériaux pour construction de cycle

Pour un véhicule visant une consommation minimale, les matériaux utilisés doivent être le plus léger possible, donc présenter une faible densité massique faible tout en résistant à la flexion (module d'élasticité important), tout en pouvant être assemblés facilement (soudure, colle époxy, vissage, boulonnage, ect.

La résistance à la flexion va dépendre de la forme et aussi du tissage de la matière (fibre de bois, verre, carbone...). Pour la bagagerie, la bâche PVC 650g/m² à environ 18€/m² est fréquemment utilisée, notamment pour la protection contre les intempéries, car elle est très résistante et facile à nettoyer. Elle est souvent associée à du coroplast afin de lui conférer de la rigidité.

Voici quelques exemples de caractéristiques de matériaux. Seuls ceux surlignés en vert relèvent d'une démarche d'écoconception.

Matière (e=épaisseur)	Densité (g/cm ³)	module d'élasticité (daN/cm ²)	Prix
Contreplaqué e=0.5cm	0.5= 500kg/m ³	400	15€/m ² 15€/kg
triplis epica e=2cm	0.5	350	45 €/m ²
Epoxy 3240 e=2mm	2	120	35 €/m ²
Lambris PVC e=10mm	0.15	600	9 €/m ²
Polycarbonate e=4mm	1.2	1200=120Mpa	17€/kg 83/ m ²
Tube aluminium 6061 e=4mm D=40mm	2.7	69000 Mpa	4€/kg 22€/m
Tube acier e=2mm D=20mm	7.9	210 000 Mpa	1€/kg 7€/m
carré inox 1x20x30	8	200 000 Mpa	4€/kg 20€/m

Il est relativement simple de vérifier expérimentalement le module d'élasticité en réalisant quelques essais avec des charges.

Ces valeurs démontrent qu'un mobile doit s'adapter à différents fabricants de matières et d'accessoires. Mais à ce jour, quels sont les véhicules open source présentant clairement leurs choix de matériaux afin de permettre une auto-construction ?

2 - Véhicules open source (libre de droits) et sociologie

Afin de favoriser la diffusion des réalisations, de réduire les coûts d'acquisition et d'améliorer la maintenance en cas d'accident, certains prototypes sont proposés sous forme de kits à assembler. Ils reposent sur des squelettes en tubes d'aluminium droits, assemblés par boulonnage, comme les Vhélio, XYZ ou Moskitos. Le montage du véhicule s'apparente alors à celui d'un meuble, afin de limiter les coûts logistiques et le prix final. Il existe toutefois un paradoxe du « faire soi-même » : l'effort requis est parfois perçu comme désagréable, incitant à céder aux sirènes du moindre effort, alors même que la réalisation manuelle peut donner du sens à l'action et à l'objet fabriqué.

D'ailleurs, 41% des français déclarent aimer le bricolage représentant un marché estimé à 24 milliards d'euros.

En France, 26 % des consommateurs réparent régulièrement leurs objets, tandis que 38 % ne le font jamais [3]. Le « do it yourself » (DIY) a toujours existé, mais les réseaux sociaux facilitent aujourd'hui largement son partage. Cette économie informelle suscite l'intérêt des médias et des sociologues, notamment pour les bénéfices en termes de bien-être qu'elle procure.

https://www.lemonde.fr/economie/article/2019/07/07/le-renaissance-du-faire-soi-meme_5486548_3234.html

<https://www.ipsos.com/fr-fr/les-francais-economisent-en-moyenne-272-euros-par-grace-au-do-it-yourself>

Pour partager une réalisation, plusieurs prototypes doivent être conçus selon une logique d'ingénierie de récurrence, puis testés et validés en usage réel. Il est ensuite nécessaire de produire les plans, souvent accompagnés de tutoriels écrits et vidéo, ainsi que des récits d'usage destinés à nourrir l'imaginaire des futurs utilisateurs.

L'open source est donc une démarche philanthropique mais, elle exige du temps libre, des connaissances, des compétences et des outils.

Évidemment, des usines « distribuées » ou des tiers lieux (fablab) ou communauté d'atelier d'auto-réparation de vélo permettent de mutualiser des compétences et des outils. Ces structures restent cependant majoritairement concentrées dans les métropoles.

Il existe des stages pour monter son véhicule ainsi que des kits électriques qui permettent de gagner du temps et de minimiser les erreurs de montages, comme easka.fr qui fourmille là où on le demande.

Bien que la fédération des usagers de la bicyclette rassemble 550 associations en France, très peu d'entre elles disposent de véhicules à prêter ou à construire.

Certaines associations comme l'InV'D (Innovation Véhicules Doux) prêtent des véhicules faibles consommation et les modifie afin de promouvoir leurs usages, en liens avec des publications spécialisées.

https://www.invd.fr/wp-content/uploads/2025/01/LeMagazineDesVelis_Numero19_2025.pdf



fig 1. <https://easka.org/velonomie/>

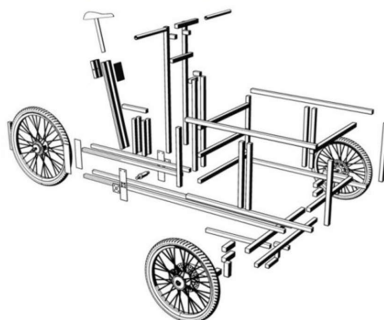


fig 2. <https://www.n55.dk/MANUALS/SPACEFRAMEVEHICLES/DIY.pdf> <https://www.xyzcargo.com/>



fig 3. <https://vhelio.org/> (25km/h)

Les projets XYZ ou Vhélio reposent sur des structures mécaniques en aluminium ouvertes, constituées de nœuds assemblés par boulons, ne nécessitant donc pas de marbre de soudage.

Le moskitos est un tricycle pendulaire composé d'une structure en bois avec une fourche en inox qui permet de supporter les efforts de pédalage dans l'espace encombré entourant le pédalier.

La partie pendulaire permet d'avoir une roue avant à la fois directrice et motrice, entraînée par une chaîne de longueur standard.

Le coût du matériel nécessaire, de l'ordre de 1 200 €, **dont comprend environ** 200 € de bois prédécoupé et 300-€ pour une fourche soudée au laser. Nomenclature sur le lien suivant :

<https://kdrive.infomanjak.com/app/share/871397/ea9bed34-dbf-4ece-8dd5-291d6a001033/preview/office/8051>

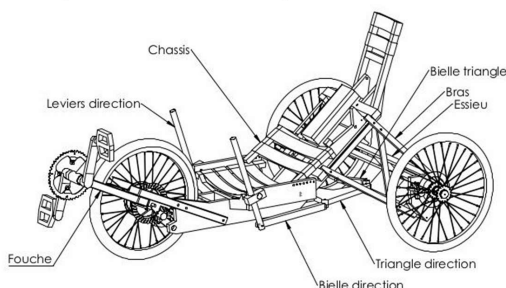


fig 4. <https://moskitos.org/auto-construction/>
<https://velorizonta1.fr1.net/t28445-moskitos-auto-constructible-et-open-source>

a mis en forme : Police :8 pt

Disposer d'une base de réalisation permet d'éviter de partir d'une page blanche et de limiter de nombreux points critiques, même si certains choix ont été faits de manière empirique. Les dessins peuvent donner l'impression de simplicité, mais ils masquent souvent un grand nombre de décisions techniques nécessitant un savoir-faire important.

3 - MoskitOS : études et développements

Le développement du moskitOS a nécessité plusieurs études spécifiques résumées ci-dessous :

3.1 - Étude de la géométrie et du trapèze articulé arrière

Le moskitOS est un **tricyclévéhicule** à 3 roues ayant pour particularité un siège parfaitement solidaire de la roue avant : lorsque celle-ci tourne, le siège et le pilote tournent également. Cette configuration permet une traction directe de la roue avant, plutôt qu'une propulsion arrière, réduisant ainsi considérablement la longueur de la chaîne de transmission reliée au pédalier situé à l'avant. Cela se traduit par un gain de masse et une amélioration du rendement de transmission.

a mis en forme : 3EI_Normal

Le roulis n'est pas assuré par un pivot classique, mais par un trapèze articulé, permettant de positionner le système plus en avant sur le châssis, quasiment à l'intérieur du volume occupé par le pilote.

Plusieurs questions fondamentales se posent alors :

- où se situent précisément les axes de roulis et de direction ?
- Le centre de masse est-il situé en dessous (pendule stable) ou au-dessus (équilibre instable) de ces axes ?
- Le segment supérieur du trapèze pivote-t-il autour d'un point réellement fixe ?
- Quelle est l'incidence sur la « chasse » lorsque le pilote est assis sur la direction ?

a mis en forme : 3EI_Normal, Retrait : Gauche : -0,02 cm, Suspendu : 0,02 cm, Avec puces + Niveau : 1 + Alignement : 0,63 cm + Retrait : 1,27 cm, Taquets de tabulation : 0,25 cm, Gauche

a mis en forme : 3EI_Normal, Retrait : Gauche : 1,27 cm

Ces questions ont été étudiées sur le fil public « **Équilibre et stabilité du moskitOS** »

a mis en forme : 3EI_Normal

~~Équilibre et stabilité du moskitOS.~~

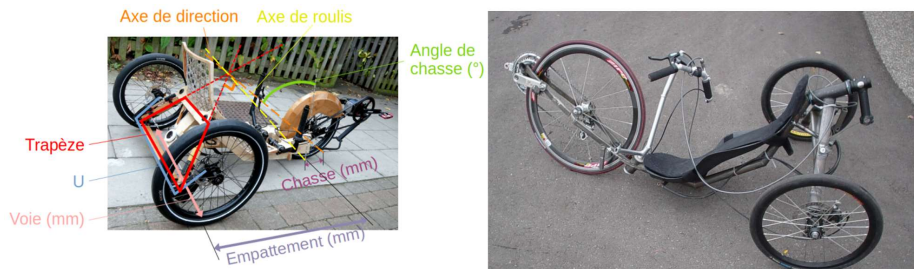


Fig 5 : Géométrie du moskitOS avec trapèze articulé (gauche) et « The Rocket » avec rotation standard derrière le pilote (droite)

3.2 - Évolution Industrialisation « low-tech » du tricycle moskitos d'un concept artisanal

Une fois la géométrie comprise, s'en est suivie une sorte d'«évolution industrialisation low-tech » d'un concept dont les quelques exemplaires réalisés jusqu'ici avaient nécessité chacun plusieurs mois de travail et avaient été vendus ~6000 €/pièce. Le but était de réduire considérablement à la fois le travail de fabrication et le coût final, le tout en visant à proposer des stages d'auto-construction, dont les nombreuses vertus (apprentissages multiples, rencontres, collaboration et entraide, valorisation personnelle et de l'objet par l'énergie qui y est consacrée, perception de la qualité, savoir-faire et savoir-réparer, etc...) sont inestimables. Les composites réalisés sur mesure ont donc été avantageusement remplacés par des éléments réalisés en contreplaqué « triplis » et prédécoupés par une fraiseuse à commande numérique, alors que la fourche avant en inox est confiée à des artisans locaux spécialisés.

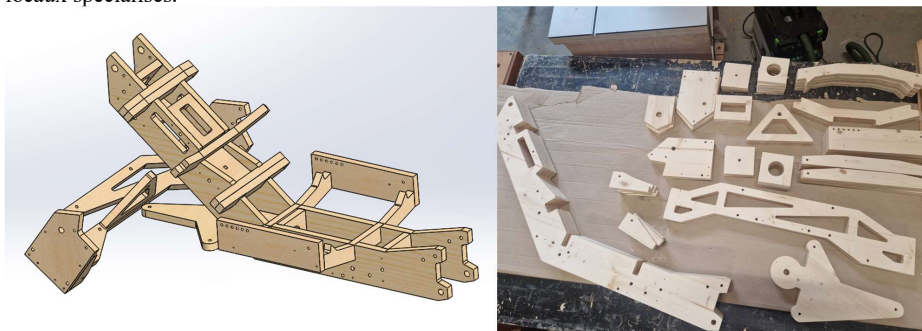


Fig. 6 : Éléments du moskitOS découpés à la CNC (Computer Numerical Control) fichier G-code.

Depuis 2023, une vingtaine de moskitOS ont été réalisés avec une certaine (liste matériel [ici](#)) durant des stages de 4 jours. Détails disponibles sur le fil [Conception du moskitOS et évolutions](#).

3.3 - Limite élastiques et de rupture du triplis bois

L'analyse par éléments finis permet de calculer numériquement le comportement d'objets complexes, incluant leur déformation et leurs contraintes internes. Dans le cas du moskitOS, elle a permis de confirmer la localisation des zones les plus sollicitées de la partie centrale du châssis, et de vérifier leur dimensionnement. Le tout à l'aide du logiciel de CAO libre [FreeCAD \(open source\)](#) :

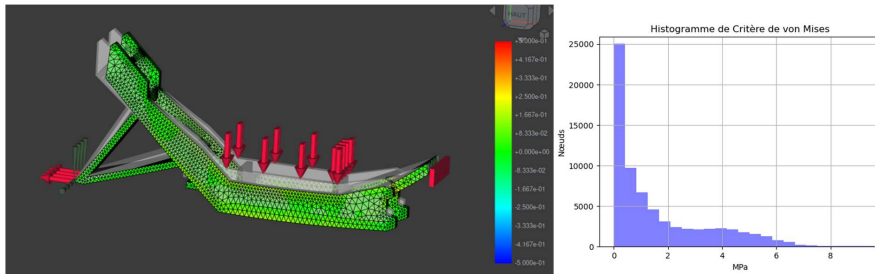


Fig. 7 : simulation de la partie centrale du châssis sous une charge verticale de 2000 N et 300 N de traction horizontale des freins arrière (gauche) et distribution des contraintes (droite)

Restait encore à vérifier les caractéristiques fournies par le fabricant du « triplis » (contreplaqué 3 épaisseurs) utilisé. Pour ce faire 2 x 3 échantillons, dont l'orientation des veines du bois était soit la plus favorable (dans le sens de la longueur) soit la plus défavorable (à 45°) ont été chargés progressivement jusqu'à la rupture, permettant d'évaluer leur module d'élasticité et leur limite élastique, et de confirmer les valeurs données par le fabricant.

a mis en forme : 3EI_Normal



Fig. 8 : mise en charge d'un échantillon sur un banc « low-tech » mais néanmoins efficace (gauche) et rupture d'un échantillon avec veines à 45° (droite)

En supposant une accélération verticale maximale de 4G (passage dans une ornière à grande vitesse), la contrainte maximale simulée de 1 MPa en statique avec un pilote de 100 kg se transforme donc en 4 MPa en cas de gros choc, et reste donc plus de 2,5 fois inférieure à la contrainte minimale mesurée de ~10 MPa entraînant la rupture du triplis ! A priori aucun risque de casse même en pesant 100 kg et en sautant un trottoir ou en passant dans une grosse ornière ! À noter qu'à ce jour seule la partie centrale a été simulée et qu'il pourrait être intéressant de se pencher sur les autres parties ainsi que l'ensemble. Détails sur le fil [Limite de rupture du moskitOS : simulations, tests et calculs](#).

3.4 - Développement d'un carénage

Le développement d'une protection à la pluie, au froid et au soleil s'est révélé indispensable afin d'augmenter encore la crédibilité du moskitOS en tant qu'alternative réelle à l'automobile de 1500 kg avec un [consommation](#) 190 Wh/km (contre 20 kg et 10 Wh/km pour le moskitOS). Après une analyse fonctionnelle et une première maquette réalisées par des élèves de l'université technique Belfort-Montbéliard (UTBM), la solution s'est orientée vers le textile tendu sur armature (similaire à une tente de camping) pour des raisons de poids, de modularité, d'accessibilité physique et de faisabilité technique et de coût. Près de deux ans plus tard, et grâce aux précieux conseils d'un artisan spécialisé, la « Protection du moskitOS » est désormais disponible à l'auto-construction ou à l'achat partiel et son premier exemplaire a déjà effectué 54000 kilomètres :

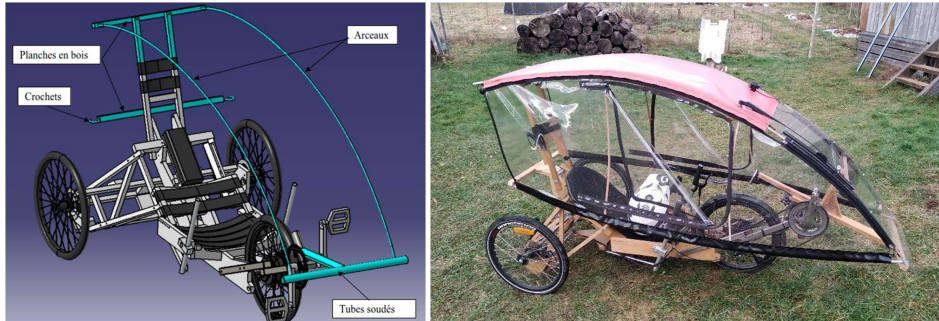


Fig. 9 : Concept proposé par les étudiants de l'UTBM début 2024 et réalisation fin 2025.

A noter qu'un carénage « sportif » à l'aérodynamisme étudié pourrait compléter efficacement cette protection plus utilitaire. Détails sur le fil [Protection moskitOS \(avec l'UTBM\)](#).

3.5 - Points critiques mécaniques des cycles

Sur un cycle, il y a de nombreux points critiques. Le châssis doit supporter la masse de la personne et la bagagerie et aussi la force de pédalage.

Évidemment, il est possible de simuler toutes ces contraintes pour définir les matières et épaisseurs.

Exemple sur une bôme de pédalage en supposant un appui sur la pédale gauche de 200 N à 170 mm de l'axe du pédalier, reprise entièrement par la chaîne à droite soit 400 N à 85 mm de l'axe. On a ici une bôme en 2 mm d'épaisseur d'acier, rigide en flexion mais pas en torsion, afin de mettre en évidence ce dernier effet. Elle est ancrée à sa base. Sur la figure suivante, les efforts sont tous parallèles à la bôme.

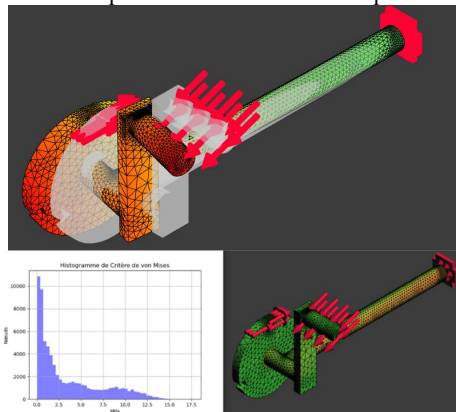


fig-10. Fig10- Étude de contrainte sur une bôme

Donc une bôme cylindrique en acier diamètre 50mm, d'épaisseur 1mm (ayant module d'élasticité 210 MPa) sera équivalent à un cylindre aluminium (6970 MPa) d'épaisseur 3 mm.

Sur la figure suivante, on peut observer la torsion de la bôme.

Étant donné que la densité massique de l'aluminium est trois fois plus faible que celle de l'acier, la masse des deux matières sera identique mais il sera plus facile de souder l'acier.

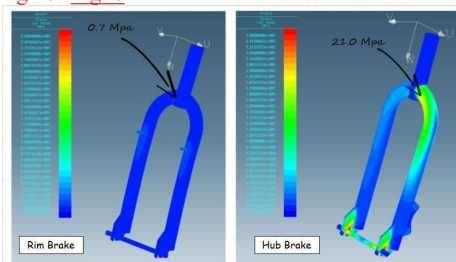


Fig11 Étude de contrainte sur une fourche pour des freins à patins et un frein à disque.

Sur un véhicule un peu lourd, les freins sont un gros point critique ou le disque doit dissiper une certaine puissance et laes fourche doit supporter la force de l'étrier comme on peut l'observer sur la figure suivante.

Sur les vélos couchés et les tricycles classiques, le pédalier est à l'avant et la ou les roues arrières sont motrices ce qui cause une longueur de chaîne relativement importante. Les vélos entraînés par leur

a mis en forme le tableau

a mis en forme : Sans numérotation ni puces

a mis en forme : Sans numérotation ni puces

roue avant (comme le moskitOS) s'appellent des « transmissions directes » et permettent donc un gain de poids (chaîne plus courte) et souvent d'efficacité grâce à l'absence de roulette/tube de guidage ou renvoi souvent indispensable à une chaîne transmission indirecte.

Mais une chaîne plus courte que le standard vélo (entraxe ~400 mm), telle que celle utilisée avec une fourche moskitOS « courte » (entraxe de 320 mm) peut aussi poser problème à un changement de vitesse par dérailleur standard à cause d'un « croisement de la chaîne » potentiellement augmenté. Il existe heureusement des moyeux de roue intégrant plusieurs vitesses, comme les Shimano Nexus ou Alfine. L'utilisation d'un triple plateau de pédalier ~~peut aussi~~ apporter une solution judicieuse pour avoir une grande plage de braquet [2].

Avant de commencer une réalisation, il faut aussi se poser la question de savoir queles sont les normes à respecter pour des cycles ?

4 - Normes de réalisations des cycles et législation des motorisations

Les normes ne sont pas gratuites et pas transparentes pour des novices. Il est donc difficile de les connaître. En premier lieu, il y a les normes internationales ISO 4210 spécifiant les exigences de sécurité des vélos, couvrant des aspects tels que la durabilité du cadre et les performances de freinage (similaire à la norme européenne EN 15194). Puis, il y a les normes européennes sur le freinage des cycles correspond à l'EN 14764 de 2006 qui demande une décélération de 3,4 m/s² à l'avant et 2,2 à l'arrière. De plus, le frein doit dissiper une puissance de 1050 W à 12,5 km/h pendant 15 minutes (équivalente donc à une force de freinage de 300-N).

Puis, il y a la norme EN 17860 qui favorise des conceptions plus sûres pour, en-renforçant la confiance des consommateurs. Enfin, l'EN 15194 qui s'applique aux cycles à assistance électrique. Puis, chaque pays peut édicter des normes avec des contraintes plus importantes pour garantir une meilleure fabrication aux consommateurs.

Chaque fabricant est responsable de ces réalisations et doit faire une garantie minimale de deux ans. Le fabricant peut utiliser un organisme certificateur indépendant pour vérifier tous les points des dites normes, mais cela coûte cher, ce qui vont dépendre de la classification du véhicule.

Selon la réglementation européenne cette classification des catégories des véhicules légers, peut se retrouver sur ce lien qui est peu connu.

<https://stm.cairn.info/revue-transports-urbains-2022-1-page-4?lang=fr>

Donc à ce jour, la puissance limitée sur les véhicules est représentée dans le tableau suivant

	puissance nominale (kW)	vitesse limite (km/h)	masse en charge (kg)	ratio (kg/KW)	consommation (Wh/km)
velo elec L1e-A	0,25	25	110	440	13,2
velo cargo L1e-A	0,25	25	135	540	16,2
Velo speed L1e-B	2	45	115	44	17
scooter 50cm ³ L1e-B	4	45	175	44	21
moto 125cm ³ L3e-A1	11	120	185	17	22,2
voiture sans permis L6e-B	6	45	635	106	76,2
voiture elec	100	150	1585	16	190,2

On peut observer que le ratio poids par puissance n'est pas du tout adapté au vélo pour permettre un usage utilitaire et minimiser sa consommation énergétique.

Le pédalage humain permet d'amener 5 Wh/km avec une puissance constante d'environ 100W en continu d'où l'obligation de changement de braquet en fonction de la pente [2].

Si la législation limitait la puissance au ratio de 50 kg/kW alors un marché d'usage utilitaire du vélo émergerait et permettrait d'avoir des véhicules faible consommation sur tous les territoires avec une pente de 10% comme indiqué dans le tableau précédent surligné en jaune

De plus, il y aurait moins de problème avec le partage de la route sachant que les différences de vitesse serait moindre et que tout le monde doit respecter les règles de la circulation.

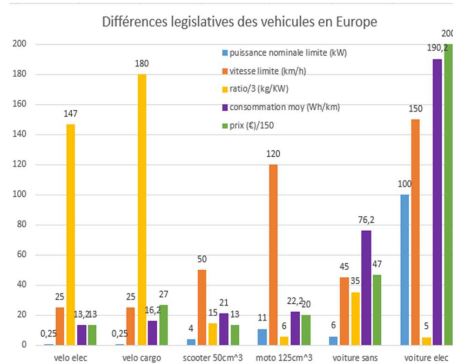


fig 12. Différences législatives entre les véhicules en Europe

a mis en forme le tableau

Les vendeurs de kits électriques (moteur et variateur) pour cycle sont nombreux (virvolt, beebike, Ego-Kits, cycloboost, reebike, mood-velo, ozo, bafang, grintech) sans parler d'Aliexpress et proposent des puissances de 250 W à 3 kW.

Si en générale, les manuels de câblage et de paramétrages sont assez bien faits chez les fournisseurs de kits, le choix du kit en fonction de l'usage n'est pas bien expliqué avec des vitesses en tours/minute et pas en km/h.

Les motorisations propriétaires sont plus difficiles à se procurer (Bosh, Valéo, Shimano) car ils sont vendus uniquement pour un minimum d'une centaine de pièces. Ces motorisations demandent un châssis spécifique. Les manuels de ces marques premium sont inexistant c. Car ces marques demandent des formations professionnelles payantes relativement coûteuses.

Réaliser sa propre batterie, sa propre instrumentation vélo, son propre éclairage est assez facile toujours grâce à des communautés open source, forum, IA.

5 - Motorisation électrique et instrumentation open source

Monter des éléments de batterie 18650 est relativement facile à faire et permet de minimiser par 3, le prix de la batterie par rapport aux distributeurs. Les BMS (battery Management System, gestion de la sécurité de la batterie) sont des produits de masse et coûtent quelques dizaines d'Euros.

Mais, il est possible que le BMS estime l'état de santé de la batterie, fasse odomètre et tracker.

<https://forum.arduino.cc/t/bms-etat-de-charge-et-sante-de-batterie-lithium-banc-cyclage-arduino/607106>

Avoir une instrumentation de mesure (vitesse, couple de pédalage, puissance, consommation) avec un datalogger ou communication Bluetooth permet de vérifier toutes les dynamiques du mobile et de connaître l'état de santé de la batterie, l'état de charge, l'autonomie, ainsi que l'efficacité du mobile...

<https://forum.arduino.cc/t/instrumentation-vehicule-electrique-consommation-efficiency-autonomie-restante-open-source/>



fig 13. Instrumentation open source sur ESP32 avec communication Bluetooth

a mis en forme le tableau

D'ailleurs sur la figure 14, on peut observer que la ville demande de nombreuses accélérations et sur la fin de parcours, il y a une montée à 10% qui demande une puissance importante pour maintenir une vitesse honorable. Malgré les grosses fluctuations de puissance, la puissance moyenne et l'efficacité du véhicule restent plus ou moins constantes.

La communauté open source Arduino avec son compilateur permet de partager des programmes et tous types de fichiers via son forum. Il est donc possible de réaliser toutes l'instrumentation avec différents choix de capteurs analogique, numérique et de tous enregistrer.

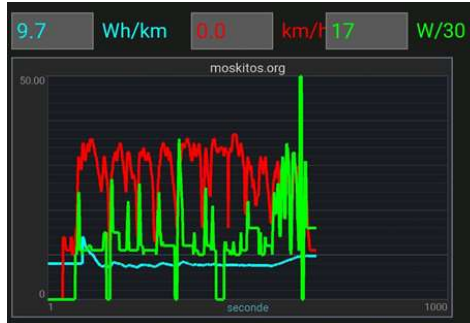


fig 14. Mesure dynamique vitesse, puissance absorbée et efficacité du véhicule du moskitos

Depuis les années 2000, où tous les appareils de mesures sont passés en numériques, ils peuvent enregistrer les mesures donc mesurer les **dynamiques performances** en temps réel du mobile.

Ces dix dernières années des « légo » open sources informatiques et électriques sont disponibles pour une **100 eentaine d'euros avec pour les cartes de puissance** (convertisseur allant de 100W à 500W) ... Dont des onduleurs pour commander des moteurs **avec des prix modiques et facilement** paramétrables et réparables avec des outils free dédiés aux VESC (Véhicule Electric Speed Controller). Il y a différentes marques qui vendent ces **convertisseurs contrôleurs** open sources (flipsky, owntech, Makerbase...). Donc pour les cursus électriques, il est possible d'utiliser différents types d'algorithmes des moteurs BLDC (Brushless Direct Continu correspondant au moteur synchrone à aimant), sensorless, sensed, -sinewave, -**F**ield oriented...

Mais, **on peut acheter directement des un contrôleur** **roue de vélosur les eyeles peuvent être acheté qui peut être paramétré directement**. Ces contrôleurs sont très souvent surdimensionnés par rapport au moteur pour avoir une bonne accélération qui va durer quelques secondes. Donc **dans de grosses pentes**, le moteur peut dépasser la température maximale de son bobinage **dans de grosses pentes**. Donc, il faut réduire la puissance du moteur lorsque la température de celui-ci augmente. **Parfois sur sur** les moteurs roues, un **thermistorecapteur de température** interne permet de les protéger via une instrumentation. Mais sans capteur, une protection numérique « thermique » permet d'estimer la température via un modèle comme pour les relais thermiques via l'image du courant absorbé par le moteur.

<https://sti.eduscol.education.fr/sites/eduscol.education.fr.sti/files/ressources/pedagogiques/15870/15870-la-revue-3ei-n-101-juillet-2020-ensps.pdf>

<https://forum.arduino.cc/t/relais-thermique-numerique-pour-protéger-les-moteurs-contre-les-surcharges/639757/1>

Bien plus simple **pour les cursus électrique** et sur le thème du vélo, il est aussi possible de réaliser des éclairages vélo avec des PWM (Pulse With Modulation) ou il y a aussi des PCB et les programmes open source **sur le lien suivant** :

<https://forum.arduino.cc/t/eclairage-a-led-de-velo-3w-tracker-atmega-esp32-maker/567964>

Mais, avant d'installer une motorisation, il faut faire un choix de mobile.

6 - Les choix d'un mobile ? Parmi d'autres

Le marché du vélo droit est un produit de masse avec 120 millions de ventes dans le monde tous les ans, dont 2,2 millions en France avec d'innombrables fabricants. Par contre, les fabricants de tricycles, vélos couchés, velomobiles sont encore à ce jour artisanaux **et ils sont très peu connus malgré leurs avantages** (Hase, HP Velotechnik, Azub, Catrike, ICE, Leiba, Katanga, Velomobiel...)

Il y a différents verrous sur un mobile pourquoi utiliser un cycle, un tricycle ou un quadricycle ? quel sera son confort, quelle est la possibilité de bagageries ? Nous allons répondre à ces questions :

6.1 - Pourquoi 3 roues et pas 4 ? Détermination de la tenue de route du véhicule

À chaque fois que l'on rajoute une roue, on rajoute du poids, mais plus il y a de roues et plus le mobile est stable. Un 3 roues aura plus de stabilité qu'un 2 roues à vitesse inférieure à 5 km/h. mais un 3 roues non pendulaire ne peut pas se pencher en virage.

Connaitre le centre de gravité d'un tricycle permet de connaître la limitation de la vitesse maximale dans les virages pour que le véhicule ne se renverse pas ou dérape. Pour connaître, le centre de gravité d'un véhicule, il suffit de mesurer les forces sur chaque roue sur du plat avec une balance adaptée, avec la personne sur le mobile à l'intérieur, évidemment.

Cela permet de connaître le G_x , puis de surélever le véhicule de 30cm comme sur la figure suivante et de remesurer les forces pour connaître G_y .

De plus, la connaissance du centre de gravité permet de connaître le transfert des forces lors d'un freinage et les forces de la liaison sol que devra supporter les pneus

Pour le moskitos l'empattement de 108 cm et une largeur des voies 85 cm, avec un rayon de roues de 20 pouces, qui a un rayon de 24 cm, tout cela pour limiter son encombrement et avoir une bonne ergonomie de pédalage.

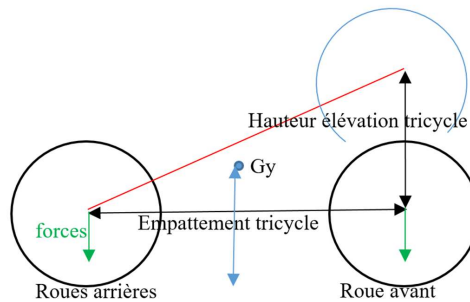


fig 15. Étude du centre de gravité du tricycle

Les forces sur les roues du moskitos électrifié sont les suivantes

Force Moskitos élec de 310N	roues avant	roue arrière gauche	roue arrière droite
à vide+ moteur de 5kg+batterie	170N	75N	75
Avec un personne de 80kg+moteur de 5kg avant	590N	245N	245
Avec un personne de 80kg+moteur+pente de 37%	500N	310N	310
Sans pente, tournant gauche	600N	280	240

Ces mesures de force démontrent le bon équilibrage du moskitos et permettent de calculer du centre de gravité qui donne une hauteur G_y de 375mm et G_x de 526mm. Évidemment, la masse du véhicule est presque négligeable devant celle du corps humain qui détermine la gravité. Ce centre de gravité peut être déterminé par les logiciels Solidworks ou Freecad. La connaissance de la hauteur permet de connaître la vitesse maximale en fonction du rayon du virage R et de la largeur des voies du véhicule correspond à l'équation suivante :

$$V_{maxi}(km/h) = 3,6 \sqrt{\frac{R}{masse_{totale}} \cdot \frac{largeur_{voies} \cdot masse_{avant} \cdot 9,81}{2 \cdot hauteur_{centre\ gravité}}} = 26,1 \text{ km/h}$$

Plus la largeur des voies du véhicule ou plus le centre de gravité est bas ou plus le rapport entre la masse à l'avant et totale est important alors, plus la vitesse maximale dans les virages sera grande. De même, plus le centre de gravité est proche des 2 roues avant, plus la vitesse maximale en virage pourra être grande. Mais lors des freinages d'urgences, il y a un transfert du poids sur la roue avant

Exemple : Lors des freinages d'urgences, il y a transfert de poids sur l'avant générant un risque de glissement des roues arrière. Le poids sur la roue avant d'une décélération de -10 m/s^2 est déterminée par l'équation suivante :

$$Poids_{avant} = (-\frac{dv}{dt} \cdot G_y + g \cdot G_x) \cdot \frac{M}{entraxe} = (10 \cdot 375 + 9,81 \cdot 526) \cdot \frac{121kg}{1080mm} = 419 + 578 = 997N$$

Le poids sur les roues arrières correspondent donc à l'équation suivante ou le contact des pneus et des freins devient très faibles donc il faut que le diamètre du disque avant soit bien plus important que ceux de l'arrière

$$Poids_{arriere} = M \cdot g - Poids_{avant} = 1210N - 997N = 213N$$

6.2 - Le confort, l'ergonomie du pédalage

6.2

Un véhicule non confortable aura une action rédhibitoire sur ~~de~~ nombreux usagers. D'où les amortisseurs sur un véhicule qui permettent d'avoir une bonne tenue de route [6] et améliore le confort avec des chaussées peu entretenues. Mais des amortisseurs engendrent un cout supplémentaire. Sur un vélo au bout de 2 heures sur une selle, une gêne apparaît ainsi qu'un de dos. D'où l'utilisation de vélo couché et tricycle, qui divise par 2 l'aérodynamisme et augmente fortement l'ergonomie de la posture. Mais, un siège respirant n'est pas facile à réaliser. Le mokitos a des lanières non tendues en guise de siège, ce qui est très low-tech mais amorti faiblement les vibrations de la route. Pour cela, il faut de la matière avec mémoire de forme donc qui va revenir à sa position initiale tel que le siège mesh ou Ventisit. De plus, il est possible de rajouter différentes épaisseurs de mousses.

Les différences de morphologies des gens sont relativement importantes donc, le siège doit être réglable dans la longueur et l'inclinaison.

De même, si la possibilité de bagage en volume est faible, alors l'utilisation ne sera que loisir et non quotidienne.

6.3 - Accessoires et bagageries

Plus un véhicule à d'usage et plus il sera amorti. Par conséquent, plus le volume et la masse transportable sera important et plus l'usage sera polyvalent. Mais, les normes sur les portes bagages vélo sont fait pour supporter 24 kg maximum. De plus, les sacoches ont des systèmes de fixations différentes. Par temps de pluie, avec la vitesse et les vibrations l'eau s'infiltré partout. Une paire de sacoches en PVC de qualité coûte un minimum 250€.

Pourtant il est facile, avec un pistolet à air chaud à 350°C, de souder du PVC. Donc, il est possible de réaliser ces propres sacoches. Le lien suivant donne des exemples-
<https://velorizontale.fr/126508-engin-electric-de-l-iut-de-l-aisne-2021-2024-reflexions-sur-la-mobilite>

Mais comment évaluer la performance d'un véhicule ?

6.6 - 6.4 - Remorque cycles open source

Les remorques open source sont légions sur le net car c'est assez facile à faire. Mais, il y a aussi des contraintes de matières à étudier si l'on désire optimiser leurs masses. D'ailleurs, voici quelques liens de réalisations empiriques de remorques [8]. Les remorques c'est comme les cycles, plus ils ont de roues et plus elles ~~ils~~ sont lourdes. Mais ~~3~~ roues va permettre de minimiser les forces sur le crochet d'attelage.

6.7 - 6.5 - Utilisation de l'intelligence artificielle sur la technicité des mobiles

Pour interpeller le sens critique des étudiants, il est possible de poser des questions à une IA sur la mobilité. L'IA va démontrer facilement que la législation n'est pas du tout adapté aux besoins humains mais ne saura pas mettre la réponse sous forme graphique. Il faudra que l'étudiant reformule correctement la question pour avoir une réponse correcte ce qui est très pédagogique. De plus, L'IA permet de faire converger d'autres questionnements et par récurrence pour répondre à ceux sujet complexe.

Par contre, L'IA ne répondra pas du tout au x choix de matières et aux contraintes mécaniques car il faut lui rentrer de nombreuses valeurs de forces dans la question nement et l'IA n'a pas de simulateur mécanique pour répondre à cesaux questions cruciales. De même, pour le choix des fils électriques, de

a mis en forme : Normal

a mis en forme : Non Surlignage

a mis en forme : Non Surlignage

a mis en forme : Police :11 pt

a mis en forme : Police :11 pt

a mis en forme : Surlignage

la réalisation d'une batterie ou dans la programmation de l'instrumentation. De plus, l'IA ne peut faire des plans de réalisation et sa créativité est faible car elle recopie ce qu'il y a sur le net. Mais, l'IA est souvent bloqué par les « robots.txt » ou CAPTCHA des sites internet. D'ailleurs, pour réaliser un moskitos, il est préférable d'avoir un expert pour faire la réalisation et d'éviter des malfaçons et donc de faire un stage.

6.9 - 6.6 - Dérouler du stage pour la réalisation du tricycle moskitos

Lorsque toutes les questions précédentes sont levées alors un choix de cycles peu se faire. Dans un stage, il faut la logistique des pièces et celle des participants en un lieu fixé. Un forum permet de rassembler un maximum de personnes. De nombreuses pièces doivent être commandé car ils ne sont pas vendus dans les enseignes de magasins, donc il faut les commander. Mais, pour chaque réalisation, il y a toujours une part d'imprévue.



fig 16. 8 personnes pour réaliser 2 moskitos à l'IUT de Soissons

Différentes écoles (BUT génie elec de Soissons, UTB Belfort...) ont déjà choisi de réaliser un moskitos pour son coté budget faible, compétence requises, site bien fait...)

Le budget a été bouclé via le fonds de solidarité et de développement des initiatives étudiantes, ou les étudiants doivent faire un dossier écrit de présentation, puis une présentation orale et enfin un compte rendu sur les dépenses de l'initiative et son aboutissement.

Au niveau des étudiants, acquérir un budget n'est pas un long fleuve tranquille au niveau administratif.

8 personnes étaient présentes pour réaliser 2 tricycles. Tous les présents étaient très motivés et prêts à finir rapidement car seul 2 personnes avaient déjà roulé avec ce tricycle. Il n'y avait pas de prototype sous les yeux pour aider, ni pour le tester. Mais faire une réalisation, c'est l'école de la patience, ou il faut effectuer toutes les étapes.

Donc, il faut suivre tous les plans. Étant donné qu'il y a 2 tricycles à réaliser, il y a certains perçage et découpe qui se font pour les 2 et il y a un partage des tâches à effectuer.

Pour faire une cohésion d'équipes, il y a une présentation de tout le monde devant une boisson énergisante, qui agit comme un véritable facilitateur de partage d'idées et de communication conviviale.

Sur le lien suivant, il y a le déroulé du stage à l'IUT de Soissons avec des photos...

<https://forum.moskitos.org/d/173-stage-a-soissons-02-du-30-octobre-au-2-novembre/84>



fig 17. Sortie vélos et test du tricycle à tour de rôle.

Après le stage et avoir fait des tests, il est possible de demander aux étudiants de faire des comparaisons de performances de mobilité. Mais comment évaluer différents véhicules ? quels sont les outils graphiques ?

6.10 - 6.7 - Évaluation multi-variables de différents véhicules

À première vue, comparer une voiture et un tricycle semble être complètement absurde. Pourtant, si l'on compare la « vitesse économique », les 2 ont d'ailleurs la même vitesse [7]. De plus, il est très facile par graphique de faire des comparaison multi-variables

Exemple : Si les valeurs relatives avaient cette équation pour démontrer et comparer les performances du véhicule sans utiliser des pondérations :

Performance totale=
 puissance (kW)*5/100(kW)+autonomie (km)*5/500km + vitesse*5/130km/h) + consommation*5/10(Wh/km) + volume*5/2m^3 + confort (meteo+1, chauffage+1, clim+1, sécurité+1, stabilité+1) + 5*(prix véhicule/prix voiture)+ réparabilité + sécurité + assurance+ bruit + pollution + design....

Alors la figure ci jointe14 peut être réalisées et démontre -que la surface du tricycle est faible et correspond à tout le contraire de celle de la voiture.

Comparaison voiture et tricycle elec

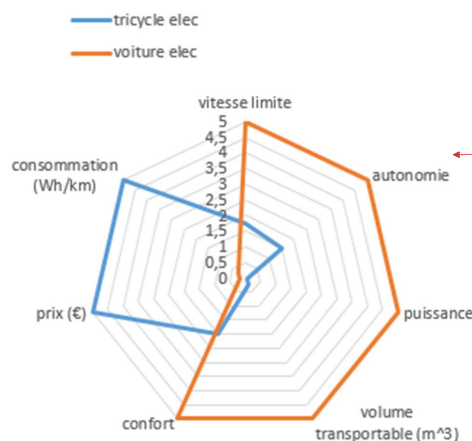


fig 18. Évaluation performances entre la voiture et un tricycle avec carénage.

a mis en forme le tableau

a mis en forme : Justifié

7 - Conclusion

Cet article montre une partie des possibilités pluritechnologiquespluri technologiques et pédagogiques offertes par la réalisation d'un véhicule tout en respectant certaines conformités.

L'adéquation (prix, masse, consommation, ergonomie, volume utile, écoconception...) pour l'approbation d'un véhicule « intermédiaire » [4] peut être déterminée objectivement. De même, il est possible de faire l'étude complète de l'empreinte carbone de la réalisation d'un véhicule et de faire de l'écoconception pour minimiser cette valeur. L'étude de la consommation et l'autonomie sur un trajet sont facilement déterminable en connaissant la masse, le coefficient aérodynamique et de roulement des pneus, le rendement du moteur...et d'optimiser son véhicule en fonction de son utilité.

En entreprise, le taylorisme de cerveau et des mains est l'ennemi de la performance et du bien-être car on voit rarement la finalité concrète de la réalisation.

Dans le cas du montage complet du moskitos peut être fait assez rapidement dans un module de 30 heures d'un cursus par une équipe de trinômes et avoir un sens utilitaire après l'avoir essayé.

La motorisation du tricycle demande un minimum de 4 heures pour raccorder l'ensemble des fils. L'étude théorique du tricycle peut être de quelques heures pour une présentation à un autre module complet de 30 heures si l'on désire faire vérifier en simulation sa résistance à la rupture ou changement de matière.

Bref, le marché du transport des véhicules changent de paradigme vers une forte diminution de la consommation; et une minimisation desdes transports publics. En effet, les transports publics non rentable avec (budget et taxe limité) coutant cher à la collectivité [7] devront disparaître et les gens devront choisir entre différentes alternatives pour pouvoir faire de belles échappées....

a mis en forme : Surlignage

En 2024, 25% des français sont en situation de précarité de mobilité pour leurs déplacements quotidiens et 15% sont sous le seuil de pauvreté monétaire.

https://barometremobilites-quotidien.org/wp-content/uploads/2024/09/BMQ3_National_VEF-Extraits_compressed.pdf

Par conséquent, la réalisation de ~~vélo~~**vélo cargos**, tricycles, véhicules à faible consommation permet d'avoir un rayon d'action utilitaire **pertinent**.

Après toutes ces connaissances sur la mobilité sur des étudiants, y aura-t-il un changement de comportement **de leurs et d'usages** ? Est-ce que le DIY permettra aussi un changement d'usages ? Sachant que la réalisation de ~~vélo~~**vélo cargo**, tricycle, véhicule faible consommation permet d'avoir bon un rayon d'action utilitaire.

~~Les compétences de l'enseignement que ce soit lycées, universités, écoles d'ingénieur sont très importantes. Pourtant, le partage open source de sujets reste faibles à part pour les sujets de baes et les thèses.~~

9-8 - Bibliographies

[1] A.Sivert, F.Betin, T. Lequet, B. Vacossin « Optimisation de la masse en fonction de la vitesse, puissance, autonomie, prix, centre de gravité, frein, d'un Véhicule électrique à faible consommation (vélo, vélo-mobile, voiture électrique) Estimateur de consommation sur un parcours » Revue 3EI N°80, Avril 2015, page 47 à 57
<https://www.fichier-pdf.fr/2015/05/05/optimisation-masse-vehicule-faible-estimateur-consommation/>

[2] A.Sivert, T.Leplat « Adéquation braquet de vélo et assistance motorisée modélisation » nov 2024, Ressources eduscol
<https://eduscol.education.fr/sti/ressources/techniques/adequation-braquet-de-velo-et-assistance-motorisee#fichiers-liens>
<https://eduscol.education.fr/sti/files/ressources/techniques/17576/17576-adequation-braquet-velo-classique-et-electrique-simulation.pdf>

[3] Madon, Julie « Faire durer ses objets, une pratique distinctive ? Consommation et frontières de classe chez les ménages aisés »
<https://hal.science/hal-04071616/document>
<https://theconversation.com/lutter-contre-lobsolescence-programmee-pas-quune-affaire-de-bobos-127836>

[4] Frédéric Héran, Arnaud Sivert « L'amélioration de l'efficacité Energétique des véhicules individuels» « L'intermodalité transports publics / vélo pliant », Revue transport urbain, à paraître 2022
<https://www.cairn.info/revue-transports-urbains-2022-1-page-9.htm>
<https://www.cairn.info/revue-transports-urbains-2022-1.htm>

[5] Sivert.A, Vacossin.B, Betin.F, « PROTECTION NUMERIQUE POUR MOTO-VARIATEUR DE VEHICULE ELECTRIQUE», La Revue 3EI juin 2020,
<https://www.fichier-pdf.fr/2023/08/08/protection-numerique-vehicule-electrique-sivert/>

[6] A.Sivert, F.Betin, « Vehicule électrique à faible consommation :eco marathon (système pluritechnologique et embarqué) » Revue 3EI N°78, oct 2014, page 9-22
<https://www.fichier-pdf.fr/2015/11/20/vehicule-electrique-a-faible-consommation-eco-marathon/>
<https://sti.eduscol.education.fr/sites/eduscol.education.fr/sti/files/ressources/techniques/9568/9568-199-p26.pdf>

[7] Mise en équation de la vitesse des transports et son économie. dec 2025 , Eduscol
<https://sti.eduscol.education.fr/ressources/techniques/mise-en-equation-de-la-vitesse-des-transports-et-son-economie#fichiers-liens>

[8] [https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Remorque %C3%A0 v%C3%A9lo en bois](https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Remorque_%C3%A0_v%C3%A9lo_en_bois)
<https://dsonetsciure.wordpress.com/portfolio/atelier-construction-de-remorques-velo-et-plan-de-fabrication/>
<https://charrette.bike/>

1 — Introduction :

Un collègue de l'enseignement supérieur nous présente une de ces réalisations faites avec des bachelors universitaires technologie — génie électrique & informatique industriel. Cette réalisation est un **tricycle pendulaire en bois open source** ou tous les plans sont sur internet.

2 — Principe :

La réalisation de ce tricycle peut être fait dans un module de 30heures.

L'étude théorique des contraintes physique, mécanique, des choix de matières peut être aussi fait dans un module de quelques heures à 30 heures. Ce type de sujet est multi disciplinaires avec de l'électronique pour l'instrumentation odomètre, éclairage est assez facile grâce à la communauté **open**

a mis en forme : Police :10 pt

a mis en forme : Police :10 pt

a mis en forme : Police :10 pt

a mis en forme : Police :9 pt

a mis en forme : Police :9 pt

a mis en forme : Police :10 pt

a mis en forme : Police :10 pt

a mis en forme : Police :10 pt

a mis en forme : Police :10 pt

a mis en forme : Police :10 pt

a mis en forme : Police :10 pt

a mis en forme : Normal

a mis en forme : Normal, Sans numérotation ni puces

a mis en forme : Normal, Alignement de la police :

Automatique, Motif : Transparente

a mis en forme : Normal

~~source. Mais, il est possible d'y ajouter une motorisation, batterie, pour étudier et vérifier les dynamiques et les consommations en fonction de différents choix.~~

~~3 — Contexte :~~

~~La consommation des véhicules constitue un enjeu majeur dans un contexte marqué par la transition énergétique, du pouvoir d'achat, de la réparabilité, des ressources de matières... pour minimiser l'impact sur la planète.~~

~~Il est possible de réaliser facilement des mobiles bio-sourcés dès le lycée, qui permettent de relier des choix de matières en fonction des contraintes.~~

~~Dès lors, plusieurs questions s'imposent :~~

~~— Quelles sont les matériaux pour la construction d'un cycle de son cadre à la bagagerie ?~~

~~— Quels sont les cycles open-source ?~~

~~— Quels sont les points critiques ?~~

~~— Comment faire un choix de mobile en fonction de ces besoins avec un certain confort et ergonomie ?~~

~~— Quelles sont les puissances nécessaires ? comment choisir une motorisation ?~~

~~— Quelles sont les ordres de grandeur de puissance et de consommation associées aux différentes mobilités ?~~

~~— Comment évaluer la performance d'un véhicule ?~~

~~— Comment comparer objectivement différents véhicules~~

~~— Est-ce que l'IA peut répondre à toutes ces questions techniques de choix ?~~

~~4 — Contenu de la ressource :~~

~~Le document présente de nombreuses questions sur le choix de matières pour la réalisation simple du triporteur pour ne pas partir d'une page blanche et de permettre à l'enseignant de se projeter dans le déroulement de l'étude et réalisation. Le temps de réalisation.~~

Sommaire :

1 Introduction

1.1 Matériaux pour construction de cycle

2 Véhicules open-source (libre de droit) et sociologie

3 triporteur MoskitOS : études et développements open-source

3.1 Étude de la géométrie et du trapèze articulé arrière

3.2 Industrialisation « low-tech » d'un concept artisanal

3.3 Limite élastiques et de rupture du triplis bois

3.4 Développement d'un carénage

3.5 Points critiques mécaniques des cycles

4 Normes des cycles et des motorisations de véhicules

5 Motorisation électrique et instrumentation open-source

6 Les choix d'un mobile ? parmi d'autres

6.1 Pourquoi 3-roue et pas 4 ? et détermination de la tenue de route du véhicule, transfert des forces au freinage

6.2 Le confort, l'ergonomie du pédalage

6.3 Accessoires et bagageries

6.4 Utilisation de l'intelligence artificielle sur la technicité de mobile

6.5 Déroulement du stage pour la réalisation du triporteur moskitos (logistique des pièces et de l'humain)

6.6 Utilisation de l'intelligence artificielle sur la technicité de mobile

7 Conclusion

a mis en forme : Normal, Sans numérotation ni puces

a mis en forme : Normal

a mis en forme : Normal, Espace Après : 0 pt, Alignement de la police : Automatique, Motif : Transparente

a mis en forme : Normal, Sans numérotation ni puces

a mis en forme : Normal, Sans numérotation ni puces

a mis en forme : Retrait : Première ligne : 0 cm

a mis en forme : Retrait : Première ligne : 0 cm

