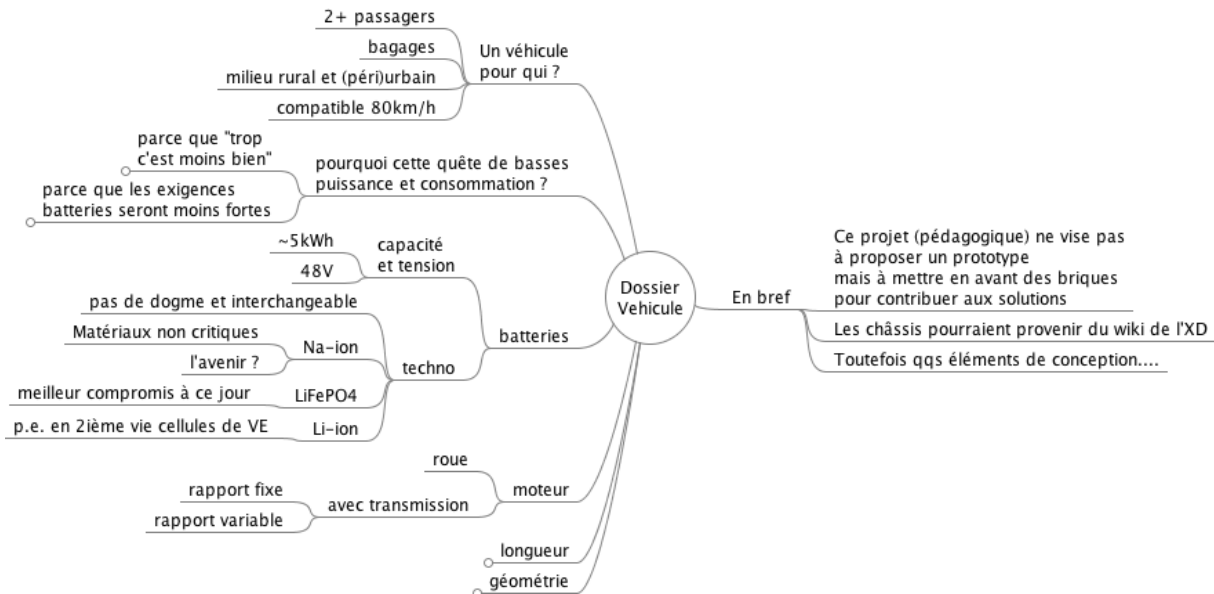




Dossier Véhicule



Introduction :

Ce véhicule routier et urbain devra fonctionner à puissance intermédiaire. Il sera donc aérodynamique pour maintenir 80km/h sur route avec quelques kW de motorisation et une consommation visée inférieure à 50Wh/km (~ analogue de 1L/100km pour un thermique). Il faudra donc aussi qu'il soit léger pour la ville (et l'impact en ressources) et simple (y compris de formes).

Ce cahier des charges est un défi au sein de l'eXtrême Défi Véhicule Intermédiaire lui-même. Un groupe de 25 élèves-ingénieurs s'y est attaqué par le biais d'un projet pédagogique. Ils n'ont pas pour ambition de construire un prototype ni même de le dessiner. Au-delà de l'apprentissage par problème, ils travaillent sur des briques qui pourraient contribuer à rapprocher un véhicule intermédiaire des objectifs très ambitieux par la frugalité recherchée que nous avons ébauchés plus haut. Ainsi, les élèves-ingénieurs sont invités à élargir leur champ de vision, à travailler sur des #tâches (100+) hors de leur zone de confort, développant ainsi leur sens de la RSE et des compétences complémentaires à leur formation en Matériaux.

Notre ligne directrice, c'est la **petite puissance ou plutôt, la puissance adaptée**. Pourquoi ? Parce qu'au-delà du défi technique, l'une des clefs (pas assez présente à l'esprit) de la transition énergétique est de changer la représentation de la puissance. Il faut nous sortir de la tête que "plus puissant c'est mieux". Ce qui est mieux c'est "la puissance adaptée". De l'aspirateur à la bombe, du grille-pain aux relations sociales, la représentation de la puissance est tellement ancrée dans les imaginaires de chacun de nous que changer cette représentation demandera plus que de bannir l'éloge de la puissance dans la publicité ("La puissance nuit gravement à la planète" ?).

Des démonstrations attestant que “Trop : c’est moins bien” et que “Moins : c’est assez” seront indispensables. Pour la mobilité individuelle aussi.

Passons maintenant en revue, quelques uns des éléments du véhicule qui sont induits par nos choix :

Aérodynamique

Le véhicule devra être **aérodynamique**. Sinon il lui faudra “trop” de puissance. Le produit **S.Cx** devra être petit (cf dossier énergétique pour des chiffres)

- **S** : Les passagers seront donc préférentiellement assis en tandem (Acticycle, Vhéliotech, Twizy, La barquette, etc..) plutôt que côte à côte (AMI, Weez,...). Les simulations numériques ne sont pas achevées mais il semble peu probable de parvenir aux valeurs de S.Cx recherché avec un véhicule non surbaissé “large” (type : La Barquette peut-être).
- **Cx** : Dans notre cahier des charges, les formes du véhicule doivent au maximum rester simples afin de faciliter la réparation voire la fabrication dans des usines distribuées. Ainsi, sans nous interdire totalement quelques pièces critiques moulées, nous fuiront les designs de carène du style “vélo-mobile” ou “Aptera”. Nous nous restreindrons, autant que possible à des surfaces planes ou développables, probablement complétées de surfaces textiles. Il faudra donc trouver le compromis entre simplicité de formes (accueillantes) et Cx. Les résultats (début décembre 2024) de simulations sont encourageants même si les épures de carènes peuvent nous rappeler la dernière phrase de cahier de charges de la 2CV “... Enfin, l’esthétique importe peu”

Faible résistance au roulement

L’autre composante importante des forces dissipatives est la **résistance au roulement**.

- Cette force est proportionnelle à la masse m et au coefficient de résistance au roulement μ_r . Notre limite haute est $m \cdot \mu_r < 5\text{kg}$ (l’objectif étant la moitié)
- Notre véhicule, en charge, sera 3 à 4 fois moins lourd qu’une voiture. Soit moins de 450kg.
- Mais il est également possible d’utiliser des pneumatiques à faible μ_r . En effet, il y a une importante dynamique entre des pneus de base ($\mu_r \sim 2\%$) et des pneus à économie d’énergie ($\mu_r \sim 1\%$) pour voiture. Des pneus de vélo efficaces du commerce font encore baisser ce coefficient ($\mu_r \sim 0,6\%$) voire des pneus de compétition “ultimes” ($\mu_r \sim 0,13\%$).

Dimensions

Les dimensions ? La quête de l’aérodynamisme conduira à un véhicule long, ce qui ne pose pas de difficulté particulière en zone peu dense mais qui en poserait en milieu urbain. Un véhicule à géométrie variable serait un compromis. Une queue de pie (repliable, amovible ou déployable), de faible (ou nulle) capacité de charge prolongerait le véhicule au-delà de sa dimension urbaine.

Batterie

Une conséquence directe de la faible consommation potentielle est de minimiser la pression sur le dimensionnement de **la batterie**.

- Avec 5kWh et une consommation inférieure à 50Wh/km, on parcourt plus de 100km. Amplement suffisant pour notre cible.
- L'ordre de grandeur du poids d'une telle batterie dépend de la technologie. En Lithium-ion (NMC) il faut compter 25kg, probablement 20 de plus en LFP et il faut encore ajouter 5kg pour la technologie (encore émergente du sodium ion). Nous ne sommes pas dogmatiques sur la technologie et un véhicule durable ne devrait pas se lier à une technologie. Nous prévoyons donc que les différentes technologies (batterie+chargeur ad-hoc) soient installables. Notre état d'esprit est de faire tous les efforts ailleurs (S.Cx, μ ,...) afin de pouvoir s'offrir le luxe de payer un tribut en kg (5% du PTAC, somme toute modéré pour 5kWh) pour bénéficier d'une batterie moins problématique en ressources, durabilité et en sécurité (sodium-ion). Tiamat est un opérateur Français important qui a déjà développé des packs 48V (pour du microhybride).

Moteur et transmission :

- Moteur (triphase sans balais, dit BLDC) de 3 à 5kW de puissance nominale. Pour favoriser la simplicité et l'échange par un moteur analogue plutôt que par un moteur strictement identique, nous préférons un moteur séparé de la roue avec une transmission classique (y compris différentiel au besoin).
- Cela permet aussi une plus grande flexibilité sur le rapport de transmission qui, si unique, pourrait être différent pour des usages en zone peu dense ou en ville.
- Les voitures électriques (puissantes) sont souvent dépourvues de boîte de vitesses (BV). Toutefois, il est probable que pour ces petites puissances (et cette dynamique de vitesses d'usage) une BV (possiblement automatique) sera nécessaire pour optimiser la performance énergétique. Des équipementiers comme Valéo proposent des moteurs avec BV intégrée. Notre préférence (également pour contribuer à une expérience de conduite apaisée, à faible puissance) irait toutefois vers des BV continument variables (CVT) mais notre quête de rendement nous interdit les CVT à friction de type scooter et, si les CVT à pignons (développée en Europe) sont prometteuses (95% de rendement annoncé), leur niveau de TRL est encore insuffisant.