



MEMOIRE

en vue de la participation au Challenge EducEco 2011

Véhicule du GROUPE ECOCITADIN

Par les élèves du département Mécatronique
de l'École Normale Supérieure de Cachan Antenne de Bretagne



FICHE PROJET

La formation en mécatronique à l'Antenne de Bretagne de l'École Normale Supérieure de Cachan vise à assurer aux étudiants qui la suivent, une double compétence en électronique et en mécanique. Elle passe par la préparation simultanée, la première année, d'une licence (L3) en électronique et d'une licence en mécanique à l'Université de Rennes 1. La seconde année les étudiants suivent simultanément la première année du master (M1) de mécanique et du master d'électronique de l'Université de Rennes 1.

Des aménagements de programme sont organisés pour réduire la charge de travail de 2 fois 60 ECTS à « seulement » +/-90 ECTS, en substituant aux formations standards de l'université un certain nombre de cours mutualisés. Ces cours, organisés par l'ENS permettent, par exemple, de présenter de façon unifiée des méthodes et outils nécessaires aux deux disciplines (mathématiques appliquées, méthodes éléments finis, anglais scientifiques,...) mais également de mettre en exergue les couplages existant entre ces deux disciplines et qui constituent l'essence même de la mécatronique.

Parmi ces cours de substitutions, les projets prennent une place importante. Ils offrent à la fois un espace permettant aux étudiants de se spécialiser un peu sur les aspects électriques ou mécaniques d'un système, en fonction de leurs goûts, mais aussi d'appréhender un système électromécanique complexe avec une approche mécatronique, c'est à dire en recherchant non pas à optimiser chaque composant pris séparément mais bien l'ensemble du système.

La thématique générale retenue pour ces projets est la conception et la réalisation d'un véhicule hybride, associant donc motorisation à combustion interne et motorisation électrique. L'objectif poursuivi par cette hybridation est une réduction de la consommation d'énergie du véhicule par rapport à un véhicule classique, sans pour autant renoncer à l'autonomie apportée par type de propulsion (et que ne permet pas encore les motorisations entièrement électriques).

Évidemment les choix techniques (architecture de la chaîne d'énergie, dimensionnement des composants) dépendent fortement du contexte dans lequel le véhicule est destiné à évoluer. Deux véhicules ont été construits dans le cadre de ces projets : un kart destiné à évoluer dans le cadre de la compétition e-Kart (www.e-kart.fr) et un véhicule « type urbain » pour le challenge EducEco.

Dans le premier cas, les performances en terme de consommation ne sont pas déterminantes. L'objectif est « simplement » d'avoir un véhicule ayant les accélérations et les pointes de vitesse d'un kart électrique mais avec une autonomie incomparable.

On vise essentiellement à faire la différence sur l'épreuve d'endurance où deux karts se relaient pour effectuer le plus grand nombre de tours de pistes en 2h, le kart resté au stand ayant la possibilité de recharger ses accumulateurs pendant que l'autre tourne. L'idée serait, avec un kart hybride, de pouvoir tourner pendant 2h sans relais et avec une consommation moindre que celle d'un kart 100% thermique qui évoluerait dans les mêmes conditions.

Dans le cadre d'EducEco, le contexte est sensiblement différent. Les phases d'accélération et de freinage sont moins fréquentes dans cette compétition et l'apport de l'hybridation est moins évident a priori, même dans le cas du challenge EcoCitadin. Mais c'est l'occasion de comparer les consommations de notre modèle hybride avec celles d'autres motorisations évoluant dans les mêmes circonstances.

Travailler sur les deux compétitions en parallèle présente en outre des avantages en terme d'organisation. Il n'est pas en effet envisageable de développer un véhicule complet et optimisé sur 1 an, sachant que les étudiants ne peuvent y consacrer tout au plus d'un cinquième de leur temps. Il y a d'autres enseignements en parallèle.

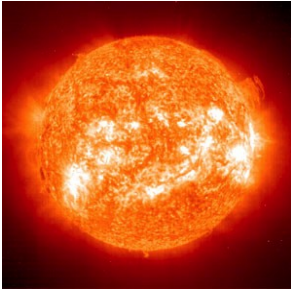
Tout au plus peut-on espérer travailler par améliorations successives d'année en année des véhicules conçus, ce qui suppose une bonne circulation de l'information entre les différentes promotions qui se succèdent. Dans la plupart des cas, cette transmission d'information se fait au travers de quelques enseignants très impliqués eux-mêmes dans le projet et qui jouent le rôle de coordonnateurs.

Nous n'avons pas opté pour ce mode de fonctionnement, voulant que chacun s'approprie le projet dans sa globalité et ne se réduisent pas à l'étude de la partie à améliorer cette année là. Cette vision globale du problème est en effet impérative pour conserver son caractère mécatronique au projet.

Nous avons donc choisi de faire développer ce projet sur 18 mois (3 semestre) avec un biseau où étudiants de 1ère et 2ème année travaillent ensemble sur le projet et donc échangent des informations. Hors de question toutefois de mettre tous les étudiants autour du même véhicule. La taille de l'équipe qui en résulterait poserait des problèmes d'organisation et de coordination qui en réduirait dramatiquement l'efficacité.

C'est pourquoi il a été décidé de travailler sur deux véhicules en parallèle, correspondant à deux cahiers de charges différents. L'inconvénient de cette approche est que les choix techniques notamment en terme d'architecture de la chaîne de conversion électromécanique qui en résultent ont tendance à se ressembler d'un véhicule à l'autre et donc à n'être réellement optimisé pour aucune des deux compétitions. En contrepartie, les choix faits correspondent à un compromis entre un véhicule véritablement urbain travaillant avec de fréquentes phases d'accélération et de freinage (compétition e-Kart) et un véhicule plus routier travaillant sur de longues phases à vitesse constante (challenge EcoCitadin dans l'état actuel du règlement de la compétition).

En d'autres mots, s'affranchissant des contraintes spécifiques à l'une et l'autre des deux compétitions, nous aboutissons à un véritable compromis mécatronique représentatif de ce que seront vraisemblablement les véhicules hybrides de demain.



FICHE ÉNERGIE

Architecture d'hybridation

L'architecture retenue est une hybridation de type série.

Une hybridation série consiste en un moteur thermique, couplé à une génératrice qui transforme l'énergie mécanique du moteur en une énergie électrique. Cette énergie électrique est envoyée sur un bus de courant continu, en parallèle duquel on trouve un module de stockage d'énergie, ici des super capacités. Un moteur électrique vient également puiser son énergie sur ce bus afin d'entraîner les roues.

Les inconvénients de cette hybridation résident dans la forte masse embarquée, le surdimensionnement du moteur électrique de propulsion, devant être capable de fournir toute la puissance utile, et un mauvais rendement global dû à la multiplication des rendements partiels de chaque machine.

Les avantages de cette hybridation résident dans une architecture et une commande simples, ainsi qu'un fonctionnement optimal du moteur thermique, tournant à régime fixe imposé pour obtenir le meilleur rendement.

Super-capacités

Notre choix de super-capacités s'est porté sur les Maxwell CAP3000 qui proposent les meilleures caractéristiques. Il est notable, après plusieurs séries de tests, que contrairement à ce que l'on peut trouver dans certains articles scientifiques, la valeur des super-capacités ne dépend pas de la tension à leurs bornes, et que l'énergie dynamique (qui intervient lors des phénomènes de charge/décharge) est égale à la capacité énergétique ($0,5 \cdot C \cdot U^2$ qui intervient lors du stockage de l'énergie). Enfin, les mesures nous montrent que les erreurs sur les caractéristiques constructeur concernant la valeur des super-capacités (3000 F par capacité) et la résistance interne ($0,29 \text{ m}\Omega$ par capacité) n'excèdent pas 8%, les données annoncées sont donc fiables.

Optimisation du moteur thermique

Nous avons travaillé sur un petit moteur à essence 4 temps dont il s'agissait d'améliorer les performances, notamment en terme de rendement. Pour ce faire, nous avons orienté notre étude sur l'ajustement de l'allumage et de l'injection. Nous avons ainsi dû instrumenter le moteur en installant un capteur de came (inductif) de manière à connaître la position du piston dans l'ensemble du cycle 4 temps du moteur. Cette information nous a ensuite permis de

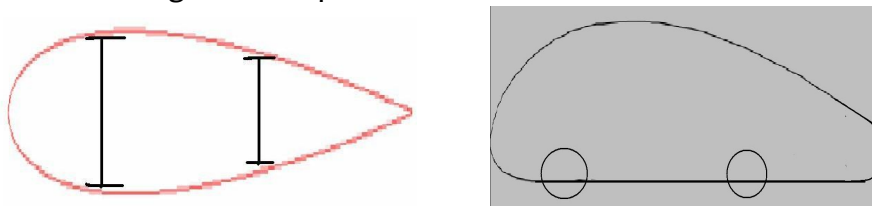
déterminer précisément l'angle l'avance à l'injection et de retard à l'allumage. Un même montage amplificateur en sortie du microcontrôleur a été utilisé pour l'allumage et pour l'injecteur (ce dernier a été récupéré sur un scooter). Tous les tests ont été réalisés sur un banc d'essai comportant une génératrice électrique qui permettait de démarrer et charger le moteur thermique. À ce jour, tous les tests finaux (validation des réglages de l'allumage et de l'injection) n'ont pas été effectués. Cependant, la plus grosse partie du travail a été faite : conception du banc d'essai ; design du circuit d'amplification à la sortie du microcontrôleur ; instrumentation de l'ICE gestion de l'allumage et support de l'injecteur liant celui-ci au reste du bloc moteur.

Future coque ?

Le choix de l'enveloppe externe du véhicule est déterminant car les pertes aérodynamiques influent de façon importante sur le rendement global du véhicule. Cette année nous utiliserons à la fois la coque et le châssis du véhicule Eucl'Hyd mais des évolutions sont à prévoir pour les prochaines années.

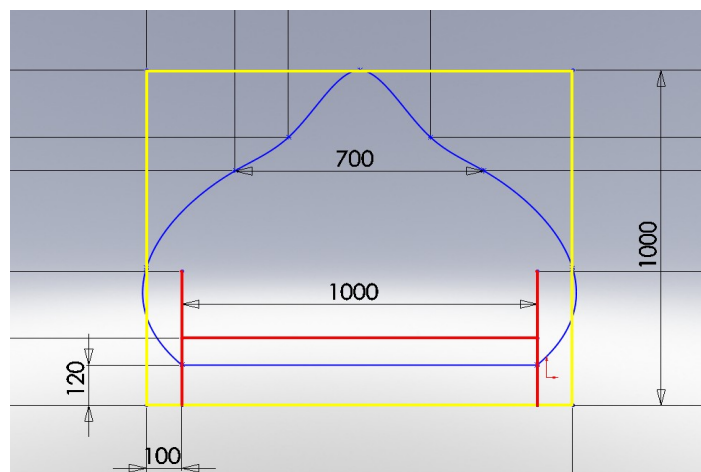
La force résistance due à l'air est proportionnelle à la surface projetée du véhicule et à son C_x qui traduit l'aspect aérodynamique de la coque ($F_x = (1/2) \cdot \rho \cdot S \cdot C_x \cdot V^2$). Plus l'écoulement est turbulent, plus les pertes sont importantes et ceci se traduit par un C_x élevé. Le but est donc de limiter la surface projetée du véhicule et d'obtenir un écoulement le plus laminaire possible.

Pour créer une esquisse nous avons donc cherché à nous rapprocher de la forme « goutte d'eau » qui est une optimisation en ce qui concerne la limitation des frottements aérodynamiques. Nous sommes donc partis de deux profils d'ailerons : un profil biconvexe symétrique pour la coque vue de dessus et un profil plan-convexe pour la vue de côté. Grâce à cela nous avons créé des esquisses planes de la coque qui semblent limiter le C_x et être en adéquation avec les gabarits imposés :



Cependant, il semble prioritaire de s'intéresser à la diminution de la surface projetée avant de d'essayer de limiter le C_x du véhicule. Ceci nous a donc poussé à exploiter les dimensions fournies par le règlement en choisissant les cotes minimales autorisés.

La surface projetée doit donc avoir l'allure suivante:





FICHE SÉCURITÉ

**Notre véhicule respecte les normes de sécurité imposées par le Challenge EDUCECO.
Un grand nombre d'éléments sont inhérents à la conception du châssis
« FORMULE ecoCITADIN 2011 » que nous utilisons.**

Gestion automatique de la chaîne de transmission

La surtension aux bornes des super-capacités servant à stocker l'énergie électrique fournie par la génératrice est le principal facteur de risque (risque d'explosion). Un capteur de tension permet de vérifier s'il n'y a effectivement pas de surtension. Si la tension dépasse 48 V, le moteur thermique qui entraîne la génératrice va s'éteindre automatiquement. Les super-capacités vont alors se décharger et la voiture ne va pas nécessairement s'arrêter.

Lorsque l'un des systèmes d'arrêt d'urgence est activé, la chaîne coupe automatiquement le circuit de puissance avant celui de commande de façon à ne pas court-circuiter les onduleurs. Il est ensuite possible de relancer le système en redémarrant la commande avant la puissance.

Gestion de l'interface Homme/Machine

Afin que le pilote reste tout à fait maître de son véhicule et assure son intégrité physique, une solution largement utilisée dans le domaine de l'industrie automobile a été choisie : l'affichage par LED. Un afficheur 7 segments est relié au bus CAN et est installé dans le poste de pilotage. Il permet d'indiquer au pilote de manière instantanée la tension aux bornes des super-capacités et lui laisse la possibilité d'intervenir si la tension excède les 48 V maximum autorisés à bord (si le système automatique n'a pas fonctionné).

Super-capacités

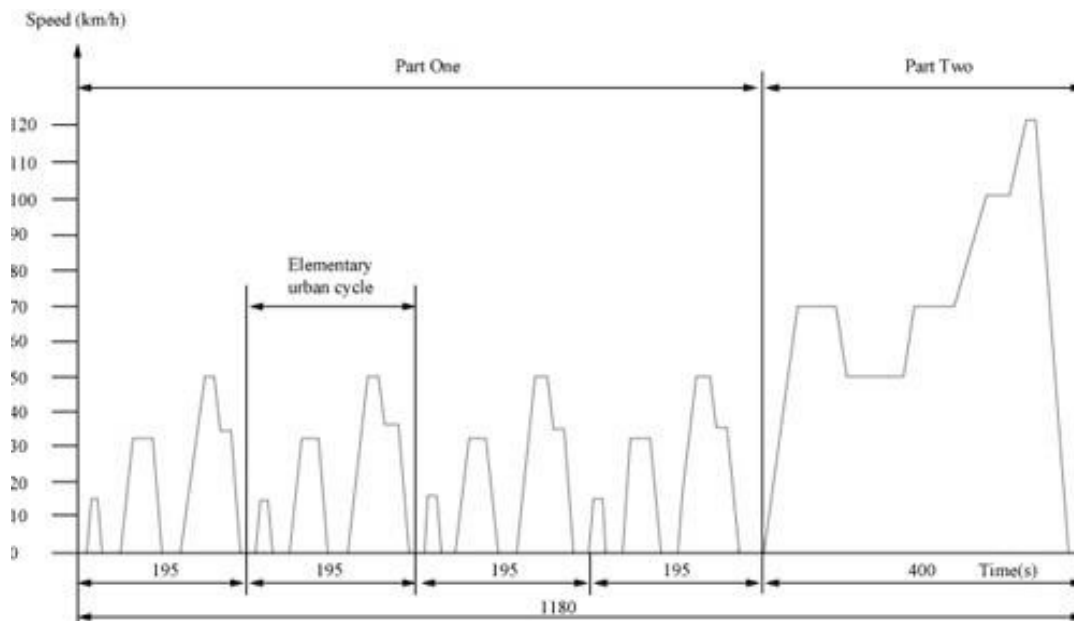
Les super-capacités posent trois problèmes. Le premier est leur polarité : le courant dans le bus doit être toujours positif, et l'on ne doit pas se tromper dans notre câblage, au risque d'entraîner l'ébullition de la capacité, et dégagement de gaz toxiques par la soupape. Le même risque est encouru si l'on dépasse 2,7V au borne de l'une des capacités. Nous achetons donc chez MAXWELL des modules qui s'insèrent entre les capacités en série, et qui assurent que la tension se répartisse uniformément aux bornes des capacités. Puisque le bus est muni d'une sécurité et ne peut excéder 48V, la tension aux bornes de chaque capacité ne peut dépasser 2,4V. Enfin, aucune super-capacité ne peut être confrontée à des températures supérieures à 65°C, sans quoi il y a des risques d'explosions, très dangereuses. Un thermocouple assurera la mesure et l'affichage de la température pour le conducteur.



FICHE PERFORMANCES

Performances mesurées ?

Nous n'avons pas encore terminé la réalisation de notre voiture. Par conséquent, nous n'avons pas de performances mesurées. Comme il s'agit ici de notre première participation au challenge Educ-Eco, notre objectif est de réussir à parcourir les sept tours avec notre réservoir. Notre objectif plus large est de réussir l'épreuve en ayant une utilisation non permanente du moteur thermique, le but est de pouvoir l'éteindre lorsque les super-capacités sont totalement chargées. On garde malgré tout un contrôle des conditions de conduite grâce à l'entraînement permanent des roues par le moteur électrique. Il est important de pouvoir toujours imposer la vitesse et le couple (même moteur thermique éteint) car pour la catégorie Eco-citadin, le but est de se rapprocher d'une conduite urbaine modélisée par ce type de cycle (part one):



Source : www.dieselnet.com/standards/cycles/

Gestion de la performance

Pour atteindre notre objectif, le pilote disposera d'un afficheur 2 x 7 segments indiquant entre autre la vitesse du véhicule ce qui lui permettra, avec l'expérience du premier essai, de respecter les contraintes fixées par le règlement. La tension aux bornes des super-capacités, également disponible sur l'afficheur, lui permettra de valider la contrainte « batterie aussi chargée qu'au départ ».



FICHE INNOVATION

Hybridation

Nous avons choisi de concevoir un véhicule hybride et ceci constitue donc notre innovation centrale. Il existe différents niveaux d'hybridation : la micro-hybrid concerne le système Stop and Go, avec l'arrêt du moteur thermique en dessous d'une vitesse minimale ; la mild-hybrid où un moteur électrique assiste sur certaines phases de fonctionnement le moteur thermique et la full-hybrid, où moteur électrique et thermique sont de puissances similaires et où un fonctionnement tout électrique avec de grosses batteries est possible. Nous avons décidé de nous engager dans une conception full-hybrid pour obtenir un véhicule dans lequel les blocs électriques ne sont pas de simples accessoires mais bien des éléments centraux de la chaîne de conversion d'énergie.

Il existe différentes architectures d'hybridation :

- L'hybridation série (un groupe électrogène formé d'un moteur thermique et d'une génératrice fournit de l'énergie à des batteries, afin d'alimenter le moteur électrique de propulsion).
- L'hybridation parallèle (les moteurs électrique et thermiques, en parallèle grâce à un accouplement mécanique, participent en même temps ou seuls à l'entraînement des roues).
- L'hybridation série/parallèle (utilisation d'un train épicycloïdal en tant que variateur de vitesse, lui-même commandé par la génératrice).
- L'hybridation complexe (deux roues sont entraînées par le moteur thermique, les deux autres étant entraînées par le moteur électrique. Cette architecture se rapproche beaucoup d'une architecture parallèle mais en désaccouplant le moteur thermique des roues on retrouve une architecture série).

Dans tous les cas, le but est de faire tourner le moteur thermique à son régime de plus basse consommation, et d'utiliser le moteur électrique pour suivre les conditions en couple et en vitesse imposées par le pilote.

Sur le papier, l'hybridation série ne semble pas être la plus performante, mais c'est sûrement la plus simple à mettre en œuvre. C'est pour cela que nous l'avons choisie pour un premier véhicule.

Marche arrière

Étant donné que l'entraînement des roues du véhicule se fait par le moteur électrique, la marche arrière ne pose pas de problème majeur. Il suffit d'inverser l'ordre d'alimentation des

trois phases du moteur. Ceci est géré par notre carte de contrôle qui impose les commutations MOS de puissance par l'intermédiaire de la carte driver.

Super-capacités

Au vu de nos nécessités de stockage (freiner une masse d'environ 230 kg – comprenant véhicule et conducteur - lancée à 30 km/h en quelques secondes), nous calculons qu'il nous faut une énergie de stockage peu importante (une dizaine de kJ) mais beaucoup de puissance (plusieurs kW). Étant donné que nous souhaitons minimiser la masse, le diagramme de Ragone nous pousse vers le choix des super-capacités qui contrairement aux batteries, offre une très forte puissance pour une faible masse. Leur seul rival, mécanique, est le volant d'inertie.

Notre choix de super-capacités s'est porté sur les Maxwell CAP3000 qui proposent les meilleures caractéristiques. Il est notable, après plusieurs séries de tests, que contrairement à ce que l'on peut trouver dans certains articles scientifiques, la valeur des super-capacités ne dépend pas de la tension à leurs bornes, et que l'énergie dynamique (qui intervient lors des phénomènes de charge/décharge) est égale à la capacité énergétique ($0,5 * C * U^2$ qui intervient lors du stockage de l'énergie). Enfin, les mesures nous montrent que l'erreur précision des valeurs constructeur concernant la valeur des super-capacités (3000 F par capacité) et la résistance interne (0,29 mΩ par capacité) n'excède pas 8%, et est donc très fiable.

Plaque Nidaplast

L'aspect « masse volumique » des matériaux utilisés pour le véhicule est très important puisque nous souhaitons minimiser sa masse finale afin de limiter sa consommation. Le châssis que nous avons commandé (proposé par l'ENSTIMAC) n'est pas muni de plaque arrière, destinée à la mise et au maintien en position des éléments de motorisation (un moteur thermique, trois moteurs électriques, une batterie, un réservoir,...). La plaque d'environ 1m² doit supporter une masse de 40 kg disposée de façon non uniforme, alors qu'elle est maintenue par ses deux extrémités, et travaille donc en flexion.

Le Nidaplast est un ensemble constitué deux couches de fibre de carbone de quelques millimètres coulées dans de la résine epoxy, prenant en sandwich une couche de plusieurs centimètres de nid d'abeille en polypropylène. Les deux couches de fibre de carbone travaillent en flexion, avec un très bon comportement, et écrasent l'âme centrale, qui travaille alors en compression. Notons que de façon plus exacte, l'âme travaille partiellement en compression, et le comportement mécanique de l'ensemble est également lié à l'épaisseur de l'âme. Ainsi ce matériau composite offre un comportement mécanique très bon par rapport à sa masse. Par contre l'encombrement est assez important, mais pour la plaque de fixation des modules nous nous contenterons de deux couches de 2mm de fibre de carbone et résine, et d'une âme d'environ quatre centimètres d'épaisseur. Au vu du matériel disponible à l'Université de Rennes1, le projet d'insérer cette plaque sur la voiture ne pourra voir le jour que pour la session EducEco 2012.



FICHE ECOCONCEPTION **ET MOBILITE DURABLE**

Nous avons décidé de nous inscrire dans une démarche de mobilité durable en concevant un véhicule hybride. En effet avec ce type de motorisation pour une conduite de type citadine une optimisation de la chaîne énergétique peut permettre d'atteindre des économies de carburant conséquentes. Le but est en fait de faire fonctionner le moteur thermique à son régime optimal alors que les variations de vitesse et de couple imposées par le cycle de conduite sont fournies par le moteur électrique.

A l'heure actuelle, nous n'espérons pas faire des miracles en terme de consommation, ni même pouvoir justifier expérimentalement le choix de l'hybridation. En effet pour cette première participation nous avons pour objectif principal la mise en œuvre du système complet en conditions de course et non la performance énergétique. Les nombreuses optimisations de la chaîne de transition d'énergie seront effectuées pour la session EducEco 2012, et il sera alors possible, on l'espère, de démontrer le potentiel de l'hybridation et sa supériorité en terme de mobilité durable.

Notre but pour cette année étant d'aboutir à un premier véhicule utilisable, nous n'avons pas étudié d'un point de vue « éco-conception » les différentes possibilités dans le choix des matériaux, ni même le recyclage du véhicule. Ce travail pourrait être mené au cours des années à venir, en partant de la solution retenue et en cherchant à remplacer certains éléments ayant un impact écologique important. Dans un même temps une analyse de cycle de vie complète pourrait être envisagée afin de déterminer l'empreinte écologique de notre véhicule et les points à améliorer.

Nous pouvons tout de même déjà indiquer que les super-capacités, qui contiennent du graphite et une solution ionisée, ont un impact environnemental nettement moins important que les batteries électrochimiques type acide/nickel/plomb.



FICHE COMMUNICATION

Portes ouvertes de l'école

Lors des portes ouvertes de l'école qui ont eu lieu le samedi 19 mars, nous avons eu l'occasion de faire visiter notre département à de potentiels futurs élèves mais aussi à certaines personnes désireuses de se renseigner sur l'école. A cette occasion, nous avons pu expliquer nos sujets de projet et en particulier le projet Educ-eco. Nous avons exposé des maquettes déjà réalisées pour certaines cartes, certaines pièces de fixation... Nous avons également parlé de notre visite de l'année dernière sur le site de Nogaro.

Volonté de communiquer sur notre expérience

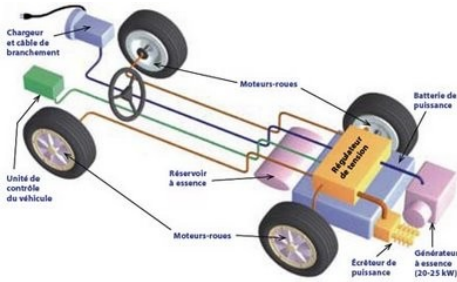
Nous avons jusqu'ici communiqué plus sur notre expérience du projet que sur les solutions techniques retenues. En effet, cette participation est la première pour l'école donc les solutions techniques ont majoritairement été retenues suite à une documentation sur le sujet et non à des comparaisons avec un système déjà réalisé par des élèves.

Nous souhaitons donc communiquer sur le contexte écologique et sur la logique de notre projet dans notre formation pour le grand public. Par contre, en ce qui concerne la communication interne à notre département, nous insistons plus sur les méthodes de répartition des tâches et les connaissances acquises grâce à ce projet pour donner envie aux futurs élèves concernés de reprendre le flambeau.

Actions envisagées

Pour augmenter la visibilité de notre projet, nous envisageons de réaliser une affiche comme proposé par l'organisation du challenge. Cependant, cette affiche ne sera réalisée que s'il reste du temps après la finalisation de la conception de la voiture.

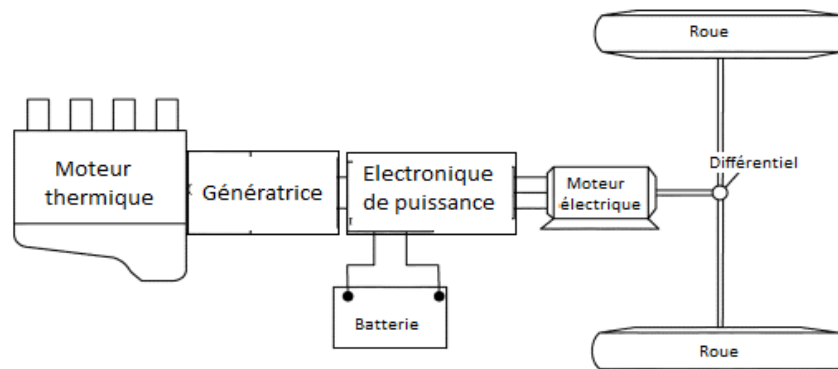
Nous envisageons également de proposer un article à Ouest France pour promouvoir notre projet dans la région. Cependant, nous attendons que la voiture soit entièrement montée pour pouvoir fournir une photographie de la voiture finale et de l'équipe.



SCHEMATISATION DE LA CHAÎNE DE CONVERSION D'ÉNERGIE

Description de la chaîne

Le moteur thermique entraîne une génératrice, qui fournit son énergie à la batterie ou directement au moteur électrique, lui-même relié à l'arbre de transmission.



Synoptique de l'hybridation série

Le moteur thermique tourne à vitesse constante autour d'un point de fonctionnement donné, optimisant son rendement. Grâce à un rapport de réduction adéquat ainsi qu'une électronique adaptée, la tension sortant de la génératrice est quasi constante et ne dépasse pas les 48 Volts sécuritaires. Elle est distribuée vers la batterie (super-capacités ici) et/ou le moteur électrique de propulsion.

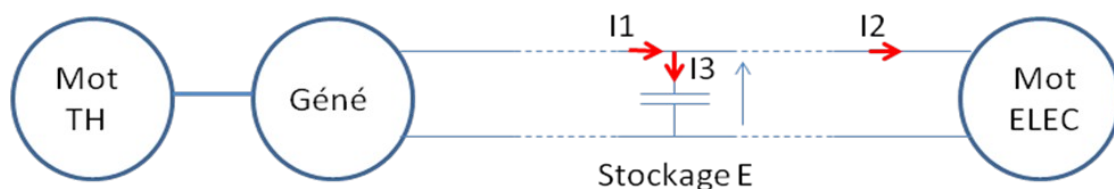


Schéma électrique du système et sens des courants

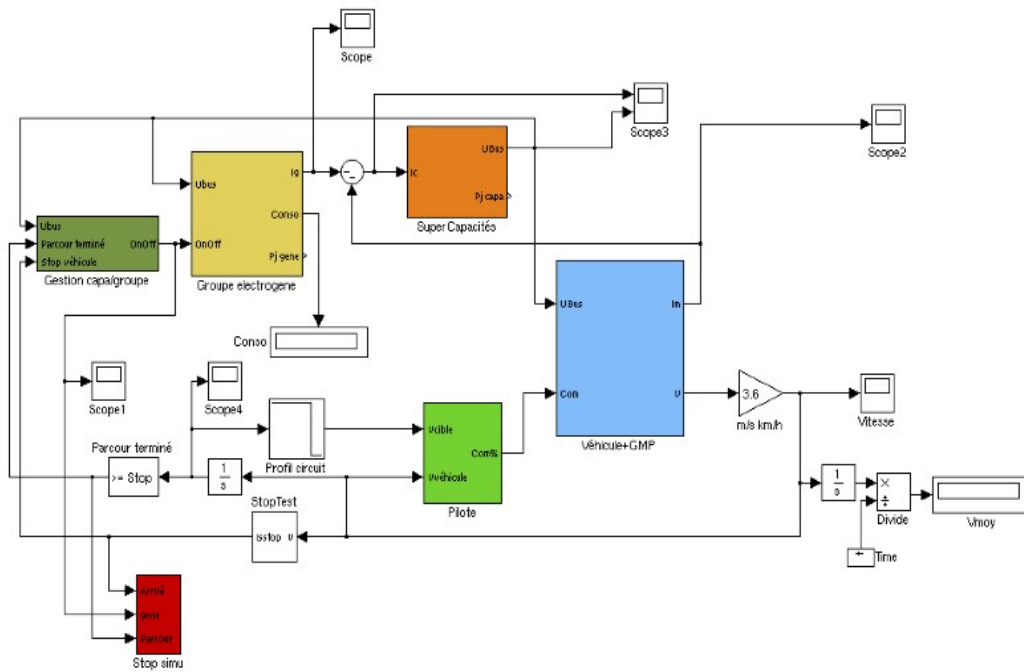
Si $I_2 > I_1$, alors la batterie débite le courant I_3 vers le moteur électrique.
 Si $I_2 < I_1$, alors la batterie se recharge.

Lorsque le conducteur appuie sur la pédale de frein, la machine électrique habituellement motrice se retrouve génératrice, et permet la recharge des batteries. Ce mode n'est pas encore présent sur le véhicule.

Modélisation globale d'un véhicule hybride série

Nous nous sommes penché dans ce travail sur la modélisation d'un véhicule hybride série dans le but de dimensionner les différents composants de la chaîne et de simuler le comportement du véhicule afin de l'optimiser.

L'approche que nous avons eu a été de définir un profil de vitesse et ainsi de prévoir l'énergie nécessaire au véhicule pour suivre une telle consigne. Nous avons ainsi pu commencer à définir différents paramètres de dimensionnement du système, comme le rapport de réduction entre la sortie du moteur électrique et les roues motrices, le moteur électrique à choisir, les super-capacités, la génératrice, en tenant compte des paramètres donnés, comme la puissance et la plage de fonctionnement de l'ICE (Internal Combustion Engine).



Nous avons réalisé un diagramme block contenant chacun des sous-systèmes du véhicules en utilisant les différentes équations régissant le comportement de chaque composant. Ainsi, nous avons créé un sous-système pour le véhicule et le Groupe Moto-Propulseur (moteur électrique, principe fondamental de la dynamique appliqué au véhicule et les frottements), un autre pour le groupe électrogène (MCC qu'est la génératrice, ICE), un bloc Pilote et un autre bloc Super-Capacité. La gestion de l'alimentation des super-capacités est modélisée par un bloc, tout comme l'arrêt de la simulation lorsque le véhicule a réalisé le parcours demandé.

On utilise ici des modèles moteur à courant continu pour les machines électriques.

Le moteur thermique étant maintenu à son point de fonctionnement optimal grâce à l'hybridation, on le modélise par une constante.

Cette schématisation a pour but de prédire tout du moins grossièrement les valeurs de la consommation, de la vitesse ainsi que de paramètres électriques du véhicule. Il est donc indispensable d'ajouter à la description des éléments correspondants au comportement routier (pilotage = correcteur). Grâce à ce travail de modélisation, nous avons pu vérifier la pertinence de notre choix de chaîne de conversion, tout en gardant à l'esprit que la réalisation physique du véhicule est primordiale pour obtenir de bonnes performances.



FICHE ANNEXE FINANCIERE

Le projet de véhicule hybride pour le challenge Educéco fait parti d'un projet structurant du département de mécatronique autour de l'hybridation. Il se déroule sur les deux premières années de formation et concerne aussi le développement d'un karting hybride.

Même si les conditions de fonctionnement sont très différentes, de nombreux composants ont pu être mutualisés entre les deux véhicules : super-capacités, motorisation électrique, électronique de puissance...

Les coûts de ces composants sont imputés pour moitié à chaque véhicule.

Le financement est étalé sur deux années et est pris en charge par le département. L'achat du véhicule formule écoCitadin a fait l'objet d'une demande, acceptée, de BQE auprès de la direction de l'école. Ce Bonus Qualité Enseignement permet le financement de projet ponctuel ayant un impact important sur l'enseignement d'une discipline.

Budget prévisionnel

	2010	2011
Véhicule		
Formule ecoCitadin 2011		4605
Moteur thermique		450
Génératrice électrique	600	
Moteur électrique	700	
Super-capacité	500	
Composants de contrôle	250	500
Divers	500	500
Retrait véhicule		640
total	2550	6695

Déplacement

couchage		660
Repas		750
Déplacements		1290
Location camion		1000
total		3700

total dépense par année	2550	10395
--------------------------------	-------------	--------------

Financement

BQE		2300
Département	2550	8095