



HAL
open science

Un exemple de projet collectif intensif: comment construire un kart électrique en moins de trois semaines à plein temps ?

Sebastien Jacques, Thierry Lequeu, Valéry Dewancker, Arnaud Sivert

► To cite this version:

Sebastien Jacques, Thierry Lequeu, Valéry Dewancker, Arnaud Sivert. Un exemple de projet collectif intensif: comment construire un kart électrique en moins de trois semaines à plein temps?. Colloque du Club EEA consacré à l'Enseignement des Technologies de l'Information et des Systèmes (CETSIS 2017), Club EEA, May 2017, Le Mans, France. hal-01520759

HAL Id: hal-01520759

<https://univ-tours.hal.science/hal-01520759v1>

Submitted on 10 May 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Un exemple de projet collectif intensif : comment construire un kart électrique en moins de trois semaines à plein temps ?

Sébastien Jacques¹, Thierry Lequeu², Valéry Dewancker³, Arnaud Sivert⁴
sebastien.jacques@univ-tours.fr

¹ École Polytechnique de l'Université François Rabelais de Tours, Département Électronique et Énergie (DEE),
7 avenue Marcel Dassault, 37200 Tours

² Association e-Kart, 152 rue de Grandmont, 37550 Saint-Avertin

³ Société Kart Masters, 9 rue Saint Denis, 72300 Sablé-sur-Sarthe

⁴ Université de Picardie Jules Verne, IUT de l'Aisne département GEII, Laboratoire des Technologies Innovantes, Équipe Énergie Électrique et Systèmes Associés, 02880 Soissons

RÉSUMÉ : Cet article décrit la mise en œuvre d'une nouvelle approche pédagogique de l'enseignement de l'électronique et du génie électrique menée au sein du Département Électronique et Énergie de l'école Polytechnique de l'Université François Rabelais de Tours. Cette approche est fondée sur un projet intensif qui est planifié durant 3 semaines consécutives à plein temps et dédié à l'étude et à la réalisation d'un système industriel. Ce projet est réalisé de manière collective : 33 élèves ingénieurs sont répartis en 3 groupes de 11 étudiants. L'étude a consisté à électrifier un châssis de kart et à rendre le véhicule électrique opérationnel dans le temps imparti. Les élèves ingénieurs ont entre autre justifié tous les éléments composant le système de motorisation, assemblé toutes les pièces du kart électrique et testé le bon fonctionnement de ce dernier. Cette initiative pédagogique, fortement appréciée des étudiants puisque chacun d'entre eux a joué un rôle actif dans la réalisation du projet, a en particulier été saluée par la presse locale et régionale.

Mots clés : pédagogie innovante, projet collectif intensif, kart électrique, retour d'expériences.

1 INTRODUCTION

Depuis quelques années, il y a un intérêt certain pour les pédagogies dites « nouvelles » ou encore appelées « pédagogies innovantes » [1]. Pourtant, ces notions existent depuis de nombreuses années [2]. Par exemple, Maria Montessori, figure emblématique du début du XX^{ème} siècle, a pu initier ces types de pratiques [3]. En particulier, elle a démontré que la démarche « d'apprendre autrement » s'inscrit comme une « aide à la vie » au sens où un établissement scolaire doit contribuer au développement du potentiel humain [4].

L'apprentissage par les projets est un exemple de nouvelle pratique pédagogique. Ce mode d'acquisition des connaissances et des compétences, largement déployé à ce jour, permet de contextualiser des enseignements parfois trop théoriques en utilisant des cas d'études concrets [5-7]. Il encourage également la créativité.

L'école Polytechnique de l'Université François Rabelais de Tours (Polytech Tours, école d'ingénieurs), représentée par son Département Électronique et Énergie (DEE), a récemment proposé et mis en œuvre une nouvelle approche d'enseignement des sciences de l'ingénieur : le projet collectif intensif. Cette nouvelle forme pédagogique consiste à réunir un groupe d'étudiants (une trentaine d'élèves ingénieurs) autour d'une problématique : comment concevoir et valider le fonctionnement d'un système industriel dans un intervalle de temps restreint, en l'occurrence ici, en moins de 3 semaines à plein temps (56 heures encadrées).

La réussite d'un tel projet est conditionnée par le choix d'un support pédagogique industriel illustrant la réalité du terrain. Polytech Tours a décidé de travailler sur la voiture électrique. Ce choix est d'autant plus conforté par les problématiques environnementales et les déve-

loppements technico-socio-économiques actuels puisque le véhicule électrique contribue, depuis cette dernière décennie, de manière significative, à la lutte contre le réchauffement climatique [8]. À titre d'exemple, l'agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) a estimé en 2013 que la contribution climatique globale du véhicule électrique s'élève à 9 tonnes d'équivalent CO₂ sur l'ensemble de sa durée de vie contre 22 tonnes pour un véhicule thermique [9].

En 2015, le gouvernement français a émis sa volonté de diminuer davantage l'émission de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. L'attention s'est alors portée sur l'émission de CO₂ dans les transports (*e.g.*, transport automobile). L'objectif a été de diminuer la dépendance énergétique vis-à-vis de ressources fossiles comme par exemple le pétrole. Ainsi, un appel à projet a été lancé pour promouvoir la conception, le développement et la commercialisation d'un véhicule électrique « populaire ». Il est important de préciser que des subventions sont accordées depuis 2013 pour minimiser le prix d'un véhicule électrique.

L'enjeu est alors de taille, voire impossible pour de nombreux constructeurs automobiles. Malgré toutes les dispositions financières qui ont été prises, des expériences malheureuses récentes peuvent être recensées, illustrant la difficulté de mettre à disposition des usagers un véhicule électrique « populaire ». Par exemple, en dépit d'investissements importants en Poitou-Charentes (20 millions d'euros) le constructeur de véhicules électriques, MIA Electric, n'a pas eu d'autre choix que de démanteler son entreprise en 2016. Cet échec est en partie dû au marché du véhicule électrique qui demeure embryonnaire. En effet, l'autonomie des véhicules reste insuffisante pour les usagers. De plus, la maintenance et la fiabilité des véhicules demeurent au

centre des préoccupations malgré les 7 000 bornes de recharge et les 30 000 prises réparties sur tout l'hexagone.

Ce contexte permet de comprendre aisément qu'il est important aujourd'hui de donner aux futurs cadres de demain tous les moyens nécessaires pour répondre à de tels défis technicoéconomiques, sociaux et environnementaux.

Polytech Tours a choisi d'illustrer cette réalité du terrain à travers le développement d'un kart électrique. Ce modèle réduit de véhicule électrique a démontré, depuis de nombreuses années, son caractère pédagogique pluridisciplinaire. En effet, il suscite l'apprentissage de savoirs variés dont entre autre, la conception mécanique, les systèmes électroniques embarqués, la conversion et la gestion de l'énergie électrique [10-14].

Ce projet collectif intensif, intitulé « La course à l'électrification des véhicules », a impliqué 3 équipes (1 kart par équipe) composées chacune de 11 élèves ingénieurs de 4^{ème} année de la spécialité « Électronique et Systèmes de l'Énergie Électrique » (ESEE). Ce projet est le fruit d'une collaboration active entre plusieurs partenaires académiques – le département Génie Électrique et Informatique Industrielle (GEII) de l'IUT de Tours, ainsi que le DEE de Polytech Tours –, l'association e-Kart et la société Kart Masters de Sablé-sur-Sarthe. À l'issue de cette étude, les étudiants ont dû :

- Procéder à l'électrification d'un châssis de kart en respectant un cahier des charges fonctionnel.
- Étudier et réaliser une fonction électronique embarquée dans le véhicule (par exemple, indication de l'autonomie des batteries).

Les objectifs de cet article sont multiples. D'une part, il s'agit de présenter la méthodologie et les résultats obtenus par les élèves ingénieurs à l'issue de ce projet collectif intensif. D'autre part, un premier retour d'expériences est proposé, en termes d'évaluation des connaissances et des compétences, pour démontrer la pertinence de cette nouvelle approche de l'enseignement des sciences pour l'ingénieur.

Dans un premier temps, les contraintes organisationnelles pour garantir le succès du projet seront présentées. Ensuite, les principales réalisations menées par les élèves ingénieurs seront détaillées. La communication autour de l'activité « e-karting » sera en particulier mise en exergue. Enfin, l'évaluation des connaissances et des compétences acquises par les étudiants sera discutée.

2 PHASE PREPARATOIRE DU PROJET

L'avant-projet est une étape cruciale pour garantir le succès de cette étude. D'autant plus que le projet est réalisé au second semestre d'une année universitaire durant 3 semaines à plein temps. Au cours de cette période, les étudiants se consacrent uniquement à leur projet. Aussi, aucune autre activité d'enseignement n'est planifiée dans leur emploi du temps.

Il est donc nécessaire de disposer de toutes les ressources matérielles et humaines pour procéder à l'électrification des 3 châssis de kart.

Un travail préliminaire, mené au premier semestre de l'année universitaire, est capital ; travail sous la responsabilité des 3 enseignants chercheurs en charge de l'animation et de l'encadrement de ce projet [15].

Polytech Tours a investi dans 3 modèles d'occasion, de l'ordre de 500 € l'unité, disposant de freins à disque à l'avant et à l'arrière. Vient ensuite l'achat des composants pour l'électrification du kart électrique, entre 2 000 € et 5 000 €. Le moteur électrique et son contrôleur représentent, à part égale, les 2/3 de ce budget. Le moteur synchrone triphasé de type « ME1304 PMSM Brushless », qui peut être alimenté entre 24 V DC et 72 V DC et d'une puissance de 8,5 kW à 72 V DC, a été choisi. Dans ce projet, il est alimenté en 48 V DC. Ce type de moteur est constitué d'un rotor interne à aimant permanent et d'un stator à 3 enroulements bobinés. Il ne contient aucun collecteur tournant et donc pas de balais. Quant au contrôleur, un système triphasé de type « SEVCON GEN4 G4845 », couplé à son logiciel de paramétrage, appelé « DVT », a été choisi. Il s'agit d'un onduleur triphasé basse tension et fort courant. Il est composé de trois boucles permettant de contrôler la vitesse, le courant (donc le couple) et la tension. Dans cette application, le contrôleur est piloté en couple et intègre une limitation de la vitesse du moteur. La consigne du couple est donnée par le pilote via la pédale d'accélérateur. Les instructions du courant et de la tension, quant à elles, sont transmises au contrôleur par l'intermédiaire du logiciel interne du contrôleur.

Le dernier tiers du budget correspond à l'achat des batteries de stockage de l'énergie électrique et de leur chargeur associé. 4 batteries de 12 V, 38 Ah, du fabricant OPTIMA®, associées en série, sont utilisées pour fournir les 48 V DC requis. La technologie au plomb a été retenue principalement pour des raisons de coût en dépit de sa faible énergie massique (entre 20 Wh/kg et 40 Wh/kg) ou énergie volumique (entre 40 Wh/L et 100 Wh/L). Ces batteries utilisent en outre la technologie SpiralCell®. Elles offrent une sécurité accrue dans la mesure où l'électrolyte est absorbé dans des séparateurs en fibre de verre microporeuse. Cela permet d'éliminer tout risque de fuite d'acide. Quant aux chargeurs, 4 dispositifs (un pour chaque batterie pour assurer leur équilibrage) unitaires d'entretien, de type « CTEK MXS 7.0, 12 V, 7 A », ont été choisis. Ces chargeurs ont été sélectionnés puisque dans le cadre de ce projet, les karts électriques sont utilisés uniquement pendant quelques jours par an. Le reste du temps, les véhicules sont en « mode sommeil ». Pour autant, l'entretien des batteries est nécessaire pour éviter les décharges profondes répétées et les décharges totales. Ce type de chargeur est très satisfaisant puisqu'une batterie peut être chargée en quelques heures (typiquement, 3 heures).

3 SYNTHÈSE DES TRAVAUX MENÉS PAR LES ÉLÈVES INGÉNIEURS

3.1 Dimensionnement du moteur électrique

Cette étape est capitale. Il s'agit de confirmer le choix du moteur synchrone triphasé de type « ME1304 PMSM Brushless ». Les élèves ingénieurs ont entre autre bâti cette étape de dimensionnement sur un ouvrage regroupant l'ensemble des informations techniques (mécanique, électrique, paramétrage, ...) et pratiques (législation, coûts, ...) permettant à un particulier (ou à un groupe) de construire son propre véhicule électrique [16].

5 phases sont en particulier nécessaires (cf. Figure 1). La première nécessite de calculer la puissance motrice. Pour cela, le dimensionnement est mené à vitesse constante. Pour effectuer les calculs, les données suivantes sont nécessaires : la masse du véhicule (pilote inclus), les dimensions du châssis (largeur, hauteur), la largeur et la hauteur du pilote (pour estimer la surface de pénétration dans l'air), ainsi que le rendement du moteur.

Dans la deuxième phase du dimensionnement, il est impératif de définir un profil de vitesse afin de calculer les forces accélératrice et décélératrice.

Enfin, il s'agit de calculer les couples moteur et résistant, déterminer les quadrants de fonctionnement et choisir le moteur.

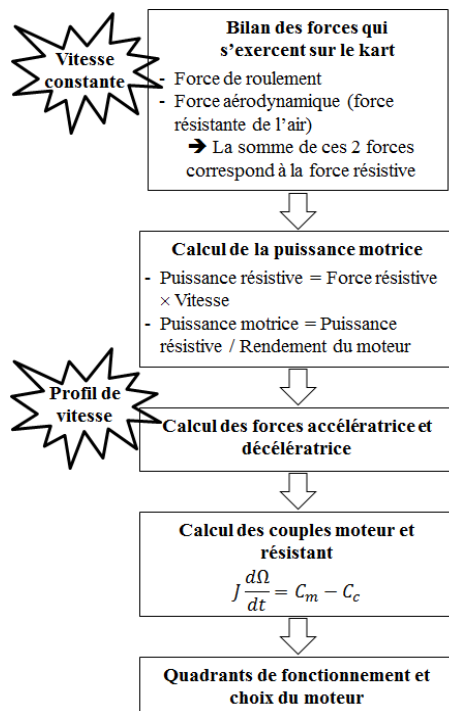


Fig. 1 : Étapes de dimensionnement du moteur électrique

3.2 Allègement, élargissement et renforcement du châssis

Au démarrage du projet, un châssis de kart a été fourni à chaque groupe d'étudiants. La masse à vide d'un

châssis est d'environ 100 kg. Ce dernier est composé de contours tubulaires. Des pontons sont également positionnés sur les côtés du véhicule permettant de le protéger, notamment en cas de chocs.

Comme l'indique la figure 2, les élèves ingénieurs ont tout d'abord retiré l'armature en acier, ainsi que les pontons. Les objectifs sont à la fois d'élargir le véhicule et de renforcer la base du châssis. Les étudiants ont ensuite fixé des plaques de polyéthylène à haute densité (PE-HD) d'un centimètre d'épaisseur. Ces plaques servent de support pour les batteries.

3.3 Installation du système de motorisation et du tableau de bord

La phase d'aménagement du châssis du kart étant achevée, les élèves ingénieurs ont procédé à la fixation des principaux éléments du système de motorisation électrique : les 4 batteries de 12 V, 38 Ah, le système de branchement des chargeurs de batteries, le moteur synchrone triphasé « ME1304 PMSM Brushless » et le contrôleur électronique triphasé « SEVCON GEN4 G4845 » (cf. Figure 3). La sécurité électrique du véhicule est assurée par l'intermédiaire d'une protection contre les courts circuits, ainsi qu'un coupe-circuit général de type coup-de-poing d'arrêt d'urgence. Bien entendu, les étudiants ont procédé au câblage électrique de tous ces éléments. Quant au tableau de bord, il est constitué d'un commutateur de Marche / Arrêt, d'un voyant lumineux indiquant que le kart électrique est sous tension et d'un commutateur Marche avant / Neutre / Marche arrière.



Allègement du châssis (retrait de l'armature en acier et des pontons)



Élargissement et renforcement du châssis

Support des batteries (PE-HD, 1 cm d'épaisseur)

Fig. 2 : Allègement, élargissement et renforcement du châssis



(a) Fixation du moteur synchrone triphasé « ME1304 PMSM Brushless »



(b) Fixation des supports d'accueil des batteries



(c) Fixation du contrôleur « SEVCON GEN4 G4845 », du bouton d'arrêt d'urgence et de la prise du chargeur de batteries



(d) Fixation du potentiomètre d'accélérateur



(e) Fixation du tableau de bord

Fig. 3 : Fixation des éléments du système de motorisation et du tableau de bord

4 RETOUR D'EXPERIENCES CONCERNANT L'EVALUATION DES CONNAISSANCES ET DES COMPETENCES

4.1 Connaissances et compétences évaluées

À l'issue du projet collectif intensif, les élèves ingénieurs ont dû maîtriser les méthodes et les outils de l'ingénieur permettant d'identifier, de modéliser et de résoudre des problèmes, qu'ils soient non familiers et non complètement définis. En particulier, les compétences suivantes ont été évaluées :

- Appliquer et développer les concepts de la conversion de l'énergie électrique.
- Acquérir et intégrer les enjeux et les contraintes de la gestion de l'énergie électrique dans un environnement durable.
- Capacité à s'intégrer dans une organisation, à l'animer et à la faire évoluer : engagement et leadership, management de projets, maîtrise d'ouvrage, communication avec des spécialistes comme avec des non-spécialistes.
- Capacité à s'insérer dans la vie professionnelle : esprit d'équipe, engagement, exercice de responsabilité voire de gestion d'entreprise innovante.

Le suivi journalier des résultats obtenus par les élèves ingénieurs a été effectué en utilisant une plateforme de communication via Internet. Cette plateforme n'a pas été imposée par les enseignants. L'objectif était en outre de pouvoir disposer d'un carnet de bord pour chacun des 3 groupes. Ce carnet était essentiel pour suivre l'évolution du projet et de pouvoir garantir la livraison en temps et en heure des différents livrables. Les connaissances et les compétences acquises par les étudiants ont en particulier été évaluées, à la fin du projet et de façon inédite, par une soutenance théâtralisée. Chaque groupe a choisi un thème particulier et défini un scénario. Chaque scénario a été présenté devant un public composé de tous les étudiants de 4^{ème} année de la formation d'ingénieur en ESEE, des enseignants et enseignants chercheurs de Polytech Tours et des professionnels du domaine de l'industrie (électronique et des transports). À titre d'exemple de scénarisation, un groupe a mené un jeu de scène sous la forme d'une arrivée d'une course de kart électrique. Le scénario s'est appuyé sur le fait que les étudiants de Polytech Tours sont arrivés en tête à la fin de la course. Une étudiante, jouant le rôle d'une journaliste, a interrogé chaque élève du groupe pour expliquer les bons résultats obtenus durant la course de kart. Pour les enseignants, cette proposition a été particulièrement intéressante, puisque l'aspect « interview » a permis d'évaluer les compétences liées à la communication ; communication pas nécessairement centrée sur un public initié aux problématiques du véhicule électrique. De plus, le fait d'avoir choisi un scénario s'appuyant sur un « retour en arrière », c'est-à-dire permettant d'expliquer le succès des élèves à la fin de la course, a permis au jury d'évaluer les compétences techniques et scientifiques requises pour que le kart soit fonctionnel.

4.2 Ressenti des étudiants à l'issue du projet collectif intensif

À la fin de cette expérience collective, chacun des 33 étudiants a rempli un questionnaire dont le but est de donner une note de satisfaction globale du projet et en particulier, de son utilité dans la formation d'ingénieur. Cinq questions ont été posées :

- Le kart électrique est-il un outil pédagogique utile dans l'acquisition des connaissances et des compétences en conversion et gestion de l'énergie électrique ?
- Avez-vous le sentiment d'avoir acquis davantage de connaissances et de compétences par ce mode d'apprentissage ?
- Tous les éléments ont-ils été réunis (disponibilité du matériel, des encadrants, durée de réalisation, ...) pour garantir le succès du projet ?
- Évaluer l'intérêt d'un projet mené en groupe.
- Évaluer l'intérêt d'un projet mené de façon intensive (plusieurs semaines consécutives).

Après l'analyse des résultats des questionnaires, il apparaît que le pourcentage de satisfaction globale est de l'ordre de 83%, ce qui est très encourageant.

Toutefois, les étudiants ont exprimé leur souhait d'avoir un encadrement encore plus intense et de disposer davantage de temps pour mener à bien leurs réalisations pratiques. De plus, ils ont pointé du doigt une difficulté technique majeure : le paramétrage du contrôleur. Il est important de préciser que le variateur de type « SEVCON GEN4 G4845 » a été choisi par la société Kart Masters pour sa fiabilité et sa robustesse. Ses caractéristiques permettent en outre d'avoir un bon compromis, notamment entre la puissance nominale et le prix. Même si chaque variateur (1 contrôleur par kart) a été livré avec le logiciel de paramétrage « DVT » et les fichiers de configuration, la prise en main de cet outil n'est pas évidente. Une formation spécifique à l'utilisation de ce logiciel sera proposée pour les éditions futures du projet collectif intensif.

5 SYNTHÈSE DES ACTIONS DE COMMUNICATION

Tous les élèves ingénieurs ont souhaité commenter en temps réel les moments clés des travaux menés dans le cadre du projet : définition des objectifs, des jalons et des livrables, dimensionnement et assemblage du véhicule, essais de validation du fonctionnement du kart électrique, actions de communication etc.

Pour cela, une page Facebook a été créée (<https://www.facebook.com/Projet-Kart-Electrique-Polytech-Tours-DEE-912424955459788>). Toutes les informations ont également été relayées sur le site Internet de Polytech Tours (<http://polytech.univ-tours.fr/polytech-tours/la-course-a-l-electrification-des-vehicules-502072.kjsp>), ainsi que sur le site de l'association e-Kart (<https://e-kart.fr/1307-polytech-tours-marathon-de-l-electrification-jours-7.html>).

Enfin, les étudiants se sont exercés au montage de spots publicitaires en vue de promouvoir leur formation. Par exemple, ils ont réalisé une vidéo d'une minute

(<https://www.youtube.com/watch?v=12n4PNHRpHM>) mettant en exergue les spécificités de leur spécialité d'ingénieur. Dans ce type de spot publicitaire, le kart électrique est un excellent support pédagogique pluridisciplinaire qui permet d'illustrer les notions fondamentales et les compétences clés à acquérir par un étudiant.

Toutes ces actions de communication sont essentielles pour l'école d'ingénieurs « Polytech Tours » puisqu'elles permettent d'accroître la lisibilité des formations associées. Elles permettent aussi de partager les principales réalisations avec le plus grand nombre de personnes, que ce soit en lien avec des établissements de formation (collèges, lycées, IUT, écoles d'ingénieurs), des passionnés du véhicule électrique etc.

Cette expérience a été largement saluée par la presse locale (La Nouvelle République, La Tribune Hebdo de Tours) et régionale (France 3 Régions). Un exemple est donné dans la figure 4.

6 CONCLUSIONS

Cet article a décrit une nouvelle approche pédagogique autour du kart électrique initiée et mise en œuvre au sein de l'école Polytechnique de l'Université François Rabelais de Tours. Une trentaine d'élèves ingénieurs de quatrième année de la spécialité « Électronique et Systèmes de l'Énergie Électrique », répartis en trois groupes, ont procédé, dans le cadre d'un projet collectif intensif, à l'électrification d'un châssis de kart. Ils ont également proposé, dans le temps imparti (56 heures encadrées), des solutions technologiques pour rendre le véhicule performant.

Les étudiants ont justifié tous les éléments composant le système de motorisation (les batteries, le contrôleur, le moteur électrique), assemblé toutes les pièces du véhicule (partie mécanique et partie électrique) et validé le bon fonctionnement du kart.

À l'issue des 56 heures encadrées, chaque véhicule était opérationnel. L'objectif n'était pas de concevoir un système plus performant qu'un autre. Cela pourra en revanche être envisagé dans les futures éditions du projet collectif intensif.

De nombreuses actions de communication ont été entreprises par les étudiants afin de valoriser cette initiative pédagogique ; initiative saluée par la presse locale et régionale.

Ce retour d'expériences démontre que le kart électrique demeure un outil pédagogique pluridisciplinaire qui suscite l'apprentissage de savoirs (conception mécanique, systèmes électroniques embarqués, conversion et gestion de l'énergie électrique), de savoir-faire et de gestion de projet (décider, planifier, coordonner, ...).

Bibliographie

- [1] L. S. Watts, P. Blessinger, "Creative Learning in Higher Education: International Perspectives and Approaches", *Routledge, Taylor and Francis Group, New York and London, 2016, 270 pages.*

- [2] S. R. Tiwari, L. Nafees, "Innovative Management Education Pedagogies for Preparing Next-Generation Leaders", *IGI Global*, 2015, 313 pages
- [3] M. Montessori, Gerald Lee Gutek, "The Montessori Method", *Rowman and Littlefield*, 2004, 295 pages.
- [4] M. Montessori, "Spontaneous Activity in Education", *Montessori Helper*, 2014, 100 pages.
- [5] S. Jacques, Z. Ren, S. Bissey, A. Schellmanns, N. Batut, T. Jacques, E. Pluvinet, "An innovative Solar Production Simulator to better teach the foundations of photovoltaic energy to students", *WSEAS Transactions on Advances in Engineering Education*, Vol. 11, 2014, pp. 11-20.
- [6] A. Sivert, F. Betin, T. Lequeu, "Pedagogical study of an electric bike with low energy consumption, management and dimensioning of onboard energy: eco marathon", *WSEAS Transactions on Advances in Engineering Education*, Vol. 11, 2014, pp. 54-65.
- [7] S. Jacques, S. Bissey, "New Software Package for Teaching and Learning the Basics of Photovoltaic System Sizing", *WSEAS Transactions on Advances in Engineering Education*, Vol. 12, 2015, pp. 115-123.
- [8] A. Sanchez-Mirallas, T. Gomez San Roman, I. J. Fernandez, C. F. Calvillo, "Business Models Towards the Effective Integration of Electric Vehicles in the Grid", *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 2014, pp. 45-56.
- [9] M. Torregrossa, « Véhicule électrique & Analyse du Cycle de Vie – L'ADEME confirme la pertinence environnementale du VE », *Association avem 1er site*

d'information sur le véhicule électrique et hybride, <http://avem.fr/actualite-vehicule-electrique-et-analyse-du-cycle-de-vie-l-ademe-confirme-la-pertinence-environnementale-du-ve-4637.html>, Posté le 13/12/2013.

- [10] T. Lequeu, « Un support pédagogique pluritechnologique : le kart électrique », <http://www.iutenligne.net>, mise à jour du 21 janvier 2005.
- [11] T. Lequeu, B. Bidoggia, A. Schellmanns, Y. Derrien, N. Godefroy, « Exemples d'applications pédagogiques autour du kart électrique e-kart », *CETSIS 2007, Bordeaux*, 29-31 octobre 2007, 6 pages.
- [12] A. Sivert, F. Betin, J.-P. Becar, T. Lequeu, "Do Electric Go-Karts Are Getting Better than Gas-Powered Ones?", *EVER, Monaco*, 2012, 6 pages.
- [13] A. Sivert, F. Betin, T. Lequeu, « Réalisation d'un kart électrique performant : gestion de l'énergie embarquée et choix technologiques », *CETSIS 2014, Besançon*, 27-29 octobre 2014.
- [14] A. Sivert, F. Betin, T. Lequeu, F. Maeght, "Pedagogical study of electric go-karts: Technological choices, instrumentations, characteristics, challenge", *WSEAS Transactions on Advances in Engineering Education*, Vol. 12, 2015, pp. 95-104.
- [15] T. Lequeu, V. Dewancker, S. Jacques, A. Sivert, « Réalisation d'un kart électrique : solutions pour faire évoluer le projet », *Revue 3EI, No 86*, 2016, pp. 34-43.
- [16] A. Sivert, T. Lequeu, « Je construis mon véhicule électrique – Vélo, Kart, Moto », *Collection ETSF, Dunod*, 2013, 144 pages.

Véhicules électriques : Polytech Tours se lance dans la course

INITIATIVE

Réaliser des véhicules électriques en moins de trois semaines : c'est le défi lancé à une trentaine d'étudiants de Polytech Tours à l'occasion de « La course à l'électrification des véhicules de Polytech Tours », qui a débuté le 8 février et qui s'est terminée le 1^{er} mars. Lors des portes ouvertes, le public est invité à essayer les voitures.

Par Alexia MELLIER



Fig. 4 : Initiative pédagogique saluée par la presse locale (La Tribune Hebdo de Tours, numéro 321)

Ce seront peut-être les concepteurs des « Tesla » françaises de demain ! Une trentaine d'étudiants en ingénierie « Électronique et Systèmes de l'Énergie électrique » de Polytech Tours se sont vu confier une mission bien singulière : concevoir en moins de trois semaines des véhicules électriques à partir de châssis de buggy et de kartings thermiques. Répartis en trois équipes de onze personnes, les étudiants ont été coachés par Sébastien Jacques, enseignant-chercheur à l'origine du concours, Thierry Lequeu, du département de GEII de l'UT de Tours et membre de l'association nationale d'e-karting et de l'entreprise sarthoise, Kart Masters qui développe des solutions pour du véhicule électrique. Partant d'une expression de Ségolène Royale qui veut développer en France des « véhicules électriques populaires », les étudiants ont eu pour mission de

« montrer qu'à basse échelle, on peut répondre à des problématiques nationales, voire internationales », félicite Sébastien Jacques, enseignant-chercheur. Les étudiants ont dû trouver des solutions pour concevoir un véhicule électrique intelligent pour moins de 6 000 €, un budget mis à disposition par la direction de Polytech. « Les étudiants ont développé une interface graphique permettant de suivre et de diagnostiquer l'état du karting, savoir si les batteries sont chargées par exemple... », poursuit l'enseignant-chercheur. L'équipe d'étudiants menée par Alexandre Gadois, 22 ans, a conçu un kart qui récupère l'énergie de freinage pour la réinjecter dans le moteur et ainsi gagner en vitesse ou en autonomie ! « Sur ce projet, toutes les spécialités de Polytech Tours sont représentées », systèmes électroniques embarqués, conversion et gestion de l'énergie électrique et aussi conception mécanique... « Sur deux semaines, c'était très intensif. Et tous les étudiants

ont pu prendre part au projet », témoigne Alexandre Gadois. Ce samedi 5 mars, lors des portes ouvertes de Polytech Tours, le public est invité à tester les « e-karts » qui peuvent accélérer jusqu'à 60 km/h. Le 16 mars prochain, chaque équipe d'ingénieurs devra présenter sa réalisation à l'oral, sous la forme d'une pièce de théâtre, devant un jury composé de quatre représentants d'entreprise industrielle comme STMicroelectronics ou Zodiac aerospace, Kart masters, etc. Ce concours sera reconduit l'année prochaine avec un enjeu de taille : concevoir les véhicules électriques de demain !

PRATIQUE

Rendez-vous le samedi 5 mars pour les journées portes ouvertes de Polytech Tours, 7 avenue Marcel Dassault à Tours.