

Réalisation d'un Eco-prototype

Ing. R. Itterbeek
Ing. G. Zone
Ir A. Callewaert
ECAM - Bruxelles

Une équipe d'étudiants de l'ECAM accompagnée de quelques enseignants a conçu et réalisé un véhicule prototype à consommation réduite. Ce véhicule appelé « Solifuge » est le résultat de travaux de fin d'études entrepris par des étudiants de quatrième année des sections électromécanique et électricité durant les deux dernières années académiques. Ce projet d'école, formateur et fédérateur, les a amenés à vivre plusieurs événements : le Shell Eco-Marathon en juin 2002 et mai 2003 et le Brussels Eco Week-end en juin 2003. Le projet est reconduit en 2003-2004.

Mots-clés : Shell Eco-Marathon, Brussels Eco Week-end, prototype à consommation réduite

A team of students assisted by some teachers designed and built a low-consumption prototype. This car, called " Solifuge", is the result of theses made by last year students (from electro-mechanical and electricity options) during the final two years. Different events were made possible thanks to the project : The " Shell Eco-Marathon" in June 2002 and in May 2003 and the "Brussels Eco week-end" in June 2003. The motivating and interpersonal experience will be implemented in 2003-2004.

Keywords : Shell Eco-Marathon, Brussels Eco Week-end, low-consumption prototype

1. Introduction

Depuis 1994 au Bois de la Cambre à Bruxelles, le dernier week-end de juin vit à l'heure de l'automobile économique et écologique. Le « poumon vert » de Bruxelles est le cadre des « Eco-Marathon », courses à l'économie de carburant.

Le principe de l'épreuve est de parcourir sur le circuit fermé une distance imposée de l'ordre de vingt kilomètres à la vitesse moyenne de 30 km/h minimum. La consommation mesurée est ensuite extrapolée en équivalent km/l.

C'est au début de l'année académique 2001-2002 que quelques étudiants de l'ECAM, entamant alors leur dernière année d'études dans la section électromécanique, ont exprimé leur souhait de participer à un tel événement. Ils ont rapidement persuadé des enseignants que la conception suivie de la réalisation d'un premier prototype pouvait faire l'objet de plusieurs travaux de fin d'études (TFE). C'est toute une équipe, constituée d'étudiants et d'enseignants, qui s'est formée autour de ce projet avec l'obligation de s'informer régulièrement sur l'avancement des travaux de chacun. Les aspects de communication liés au projet ont été pris en charge par l'Unité Communication et Gestion.

2. Travaux de l'année académique 2001-2002

Les sept travaux réalisés au cours de cette année académique se sont articulés autour de deux axes. Le premier étant la réalisation de la voiture elle-même, le second étant la conception d'un banc d'essai « véhicule ». Ce banc devait simuler la conduite sur route.

Les objectifs des divers travaux de fin d'études réalisés sont définis ci-après :

1. Prise en charge de la motorisation du véhicule. Le travail comportait quatre parties.

La première concernait le choix du type de motorisation à utiliser ainsi que le choix du moteur. La seconde analysait le fonctionnement d'un moteur à quatre temps essence en vue d'améliorer les performances en termes de consommation. La troisième partie était relative à la réalisation d'un banc d'essai moteur au départ d'un banc déjà existant (du type courant de

Foucault). Enfin, en dernier lieu, la partie réalisation pratique concernait l'installation de l'embrayage et du démarreur électrique avec sa batterie de démarrage.

2. Développement d'un concept de récupération d'énergie original basé sur le principe du volant d'inertie.

Le travail portait sur les dissipations énergétiques et les moyens de limiter les vitesses de pointe en « lissant » la vitesse du véhicule. Deux solutions étaient étudiées : la gestion électrique par propulsion hybride thermique/électrique et la gestion mécanique par ajout d'un volant cinétique. De ces deux solutions envisageables, seule la gestion mécanique a été développée et mise en œuvre. Outre la réalisation du volant cinétique, ce travail inclut l'étude et la réalisation du reste de la transmission. La transmission, le volant cinétique et tout le système lié à la motorisation constituaient un ensemble lui-même fixé au châssis.

3. Etude des parties : châssis, direction, liaisons au sol et freinage du véhicule.

Pour le châssis, les principaux critères ayant guidé l'étude étaient : légèreté, rigidité, un centre de gravité aussi bas que possible ainsi qu'un encombrement (surface frontale) minimum. Pour des questions de facilité de mise en œuvre, l'aluminium a été choisi. Une comparaison a été faite avec un châssis en matériau composite. L'étude réalisée sur le système de direction a visé avant tout à déterminer une géométrie optimale du train avant. Pour les liaisons au sol, il a surtout été question de déterminer le rôle et l'utilité d'un système de suspension et d'amortissement. Le système de freinage a quant à lui été dimensionné pour répondre au plus juste au règlement.

4. Conception et réalisation de la coque du prototype.

Ce travail avait pour objectifs, non seulement d'établir une base théorique pour les années à venir, mais aussi d'étudier et de quantifier les différents paramètres de la coque influençant la consommation. Parallèlement une étude aérodynamique, en vue de déterminer le C_x , a été entreprise ainsi qu'une étude du matériau le plus approprié. Du côté pratique, on peut noter évidemment la réalisation de la coque.

5. Etude théorique d'une ligne d'échappement d'un moteur quatre temps et plus particulièrement des différents accessoires la constituant.

L'étude de l'influence des différents éléments (l'échappement au niveau interne du moteur, le collecteur, le pot catalytique, le silencieux) sur les performances du moteur a été abordée. La seconde partie a été consacrée à l'identification des deux paramètres permettant l'optimisation de l'échappement : la contre-pression à l'échappement et le comportement acoustique de la ligne d'échappement.

La théorie était mise en pratique dans le cas du prototype Shell Eco-Marathon. Différents échappements « prototypes » ont été construits et testés avec l'objectif de vérifier les conclusions théoriques.

6. Réalisation pratique du banc d'essai « véhicule ».

Au niveau de la conception de ce banc à rouleau, la contrainte principale était la facilité de transport. Les différentes parties du travail ont été :

l'étude des différentes forces mises en jeu par le véhicule afin de pouvoir les simuler, le dimensionnement du système de transmission et le dimensionnement du rouleau. Ont également été traités, le placement et la fixation de chaque organe du banc, le dimensionnement de la structure, le calcul des contraintes, le choix des matériaux et le procédé utilisé pour le montage de la structure.

7. Réalisation de la commande du frein du banc d'essai à rouleau.

Cette commande devait permettre de réaliser des tests entièrement automatisés à vitesse ou à couple constant. De plus, elle devait simuler le comportement du véhicule sur un dénivelé de circuit préalablement introduit, ceci afin de déterminer une stratégie de course. Pour ce faire, cette commande avait à récolter une série de données : le couple, la vitesse et la consommation. Enfin, elle devait présenter les résultats avec un minimum de travail pour l'utilisateur. Dans ce but, il fallait : modéliser la voiture et le banc, écrire un programme de commande du banc, un programme d'acquisition de données et une interface utilisateur la plus simple et la plus intuitive possible. En outre, il était essentiel de veiller à la stabilité du système et à la sécurité de l'utilisateur.

Le pari a été tenu, l'assemblage des différentes parties constituant le prototype, appelé « Solifuge » a été réalisé en juin 2002 permettant ainsi la première participation de l'ECAM à l'Eco Shell-Marathon les 29 et 30 juin 2002.

Si les premiers résultats (127 km/l) étaient loin de ceux des équipes expérimentées, les objectifs d'une participation au Shell Eco-Marathon étaient atteints. Cette première participation a permis d'accumuler le maximum de connaissances et d'identifier les modifications à apporter au prototype permettant une amélioration sensible de ses performances.



3. Travaux de l'année académique 2002-2003

Il a été décidé d'étendre le projet afin qu'il devienne un projet ECAM et non plus uniquement celui de l'unité Mécanique-Thermique où il a vu le jour.

En effet, parmi les différents TFE consacrés au sujet, quatre étaient suivis par les Unités Mécanique-Thermique (dont un en collaboration avec l'Unité Electricité-Automatique) et Fabrication mécanique. L'Unité Electronique est intervenue dans les prémisses du développement de l'allumage/injection électronique, développement effectué en collaboration avec l'Institut Saint-Joseph, un important établissement d'enseignement secondaire technique sis

à Etterbeek. De plus, sept étudiants « bisseurs » de seconde candidature et deux étudiants « bisseurs » de première licence électromécanique, dans le cadre de leurs travaux au laboratoire de techniques d'exécution, ont pris part au développement et/ou à l'amélioration pratique du prototype existant. Ci-dessous se trouve le détail des différents travaux réalisés au cours de cette année académique.

1. Développement théorique des paramètres aérodynamiques de la coque. Il s'agissait donc de la finalisation du travail 4. de l'année 2001-2002. Différents essais, tant sur le prototype existant que sur modèle réduit, ont été programmés et réalisés à l'Institut von Karman de Dynamique des Fluides. Le but était de pouvoir comparer les différents résultats obtenus sur modèle réduit aux résultats obtenus sur le véhicule grandeur réelle.

2. Prolongement de la réalisation du banc d'essais moteur.

3. Recherche des différentes possibilités d'amélioration des performances du moteur choisi.

4. Etude d'un projet de coque autoportante en matériaux composites afin de concevoir un nouveau prototype.

Les étudiants de seconde candidature et de première licence ont participé à l'amélioration de diverses parties du véhicule, soit :

- le système de freinage : puissance et efficacité ;
- la transmission de puissance : réduction des frottements ;
- la direction : précision ;
- la rigidification de la coque.

Un défi supplémentaire attendait les concurrents en 2002-2003 : les organisateurs du « Shell Eco-Marathon » avaient décidé de donner une dimension internationale à cet événement en l'organisant sur le circuit de Nogaro, près de Pau dans le Gers, du 15 au 18 mai 2003. Cent septante-cinq équipes étaient présentes dont quinze belges.

L'ECAM y a pulvérisé son record. Le résultat de 403 km/l atteint le 17 mai 2003, plaçait l'ECAM à la 82^{ème} place au classement général.

La Région de Bruxelles-Capitale organisait le « Brussels Eco Week-End » au Bois de la Cambre les 28 et 29 juin 2003. L'ECAM y a participé également avec l'équipe au grand complet. Les résultats furent à la hauteur du travail réalisé en cours d'année : plus de 370km/l sur ce circuit vallonné et le prix du plus beau stand !

4. Objectifs de l'année académique 2003-2004

Améliorations et performances accrues sont les maîtres mots pour cette année académique.

La structure de l'équipe est maintenant rodée et les objectifs sont clairs. Le fonctionnement sera le suivant : les travaux de fin d'études auront pour but soit de finaliser les diverses études menées auparavant, soit d'envisager l'avenir et de concevoir un nouveau prototype. Les étudiants de seconde et troisième années auront pour mission l'amélioration du véhicule existant en modifiant les moyeux des roues, la transmission et l'embrayage.

Six étudiants de quatrième année ingénieur industriel, ont pris en charge les TFE suivants :

- Essais en soufflerie en vue de définir une forme adéquate pour le nouveau prototype ;
- Finalisation du banc d'essais moteur et détermination des caractéristiques de ce dernier ;
- Réalisation complète du banc d'essai véhicule et essais routiers ;
- Etude de faisabilité d'un moteur thermique 4T monocylindrique pour le prochain véhicule ;
- Choix, mise en place de différents capteurs et traitement des données ;
- Finalisation de l'allumage et de l'injection électronique.

Comme pour l'année académique passée, il y aura collaboration entre différentes Unités de l'ECAM ainsi qu'un partenariat avec l'Institut Saint-Joseph.

Le Shell Eco Marathon aura lieu du 13 au 16 mai 2004 à Nogaro, comme en 2003. Quant au Brussels Eco Week-End, le rendez-vous est fixé, selon toute probabilité, à la fin juin 2004.

5. Références bibliographiques

GODFRIND Stéphane, *Shell Eco-Marathon 2002 : Etude générale du moteur thermique et de ses périphériques – Réalisation d'un banc d'essai moteur*, TFE ECAM 2001-2002

WIERUSZ-KOWALSKI Piotr, *Shell Eco-Marathon 2002 : Gestion électrique et mécanique de la transmission*, TFE ECAM 2001-2002

DUPRET Grégory, *Shell Eco-Marathon 2002 : Etude et réalisation du châssis, de la direction, des liaisons et du freinage d'un prototype*, TFE ECAM 2001-2002

LOIX Olivier, *Shell Eco-Marathon 2002 : Conception et réalisation d'une coque de prototype à faible consommation*, TFE ECAM 2001-2002

CLAUDE Olivier, *Shell Eco-Marathon 2002 : Etude de la ligne d'échappement du moteur 4T du prototype Shell Eco Marathon et d'une 2CV de course*, TFE ECAM 2001-2002

CLAUDE Nicolas, *Shell Eco-Marathon 2002 : Etude et réalisation d'un banc d'essai à rouleau (partie mécanique)*, TFE ECAM 2001-2002

CROES Pierre, *Shell Eco-Marathon 2002 : Conception et réalisation de la commande du banc*, TFE ECAM 2001-2002

LOUMAYE François, *Shell Eco-Marathon 2003 : Etudes aérodynamiques d'un prototype à faible consommation*, TFE ECAM 2002-2003

SELLESLAGH Lionel, *Shell Eco-Marathon 2003 : Conception et réalisation d'un banc d'essais moteur en vue de relever les caractéristiques du moteur HONDA GXH50*, TFE ECAM 2002-2003

VANBELLINGHEN René-Nicolas, *Shell Eco – Marathon 2003 : Etude du moteur en vue d'améliorations possibles*, TFE ECAM 2002-2003

MOREAU Grégoire, *Shell Eco-Marathon 2003 : Etude de la réalisation d'une coque autoportante en matériaux composites*, TFE ECAM 2002-2003