# RAPPORT FINAL

## Projet ouvert de deuxième année

**ARMANDO Philippe**
**BARTHELEMY Gaëtan**
**CARQUIN Sylvain**
**DUBOS Antoine**
**EL MKADMI Nawfal**
**LESPRE Delphine**
**ROHART Philippe**

ECHO-MOTEUR2

# AVERTISSEMENT

Notre projet consiste en l'étude d'un prototype de système Gillier-Pantone, dérivé du principe de réacteur Pantone inventé en 1998 et testé lors d'un projet ouvert de deuxième année par des élèves de l'Ecoles des Mines de Douai en 2006/2007.

Les résultats découlant de cette étude sont donc à remettre dans le cadre de l'expérimentation et à associer au prototype spécifique étudié. Il est important d'être conscient que le choix du moteur, des plans du système ainsi que du banc de tests ont une influence non négligeable sur les chiffres obtenus.

Ainsi, il est impensable de tirer des conclusions générales sur le principe du système Gillier-Pantone. Tous les résultats présents dans notre étude et diffusés à travers divers supports médiatiques (presse, télévision, internet…) ne concerne donc que le prototype que nous avons choisi de tester.

ECHO-MOTEUR2

# REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier toutes les personnes et entités qui ont permis la réalisation du projet Echo-Moteur², à savoir :

- ***Notre contractant***

Le **CRITT M2A** (Centre de Recherche d'Innovation Technique et Technologique en Moteurs et Acoustique Automobiles) et son directeur **M. Jérôme BODELLE** qui a accepté de poursuivre le projet Echo-Moteur en nous prêtant ses infrastructures pour réaliser nos tests. Nous remercions plus particulièrement **M. Yannick BENARD**, responsable au CRITT M2A, qui nous a accueillis au centre de recherche et nous a aidés à fixer nos objectifs. Il a également permis l'adaptation de notre moteur équipé du système Gillier-Pantone sur le banc d'essai. Le CRITT M2A nous a, de plus, fourni du matériel nécessaire à la réalisation du prototype.

- ***Notre tuteur interne***

Monsieur **Sébastien CAILLAT**, enseignant chercheur au sein du Département Energétique de l'Ecole des Mines de Douai, qui a accepté d'être notre tuteur interne au sein de l'Ecole. Il est resté à l'écoute de nos divers problèmes et nous a conseillé quant à la démarche pour pouvoir les résoudre.

- ***Divers personnes de l'Ecole des Mines de Douai***

L'équipe **Echo-Moteur 2006-2007** qui nous a fournis une base solide pour débuter notre projet et nous a conseillés tout au long de la mise en place de celui-ci. Certains membres de cette équipe ont suivis le projet Echo-Moteur² tout au long de sa progression et ont participé à sa réussite. Nous remercions plus particulièrement Benoît DEMARLE qui a participé à la conférence que nous avons organisée le samedi 05 Avril 2008.

L'ensemble du personnel du **CCU (Centre Commun d'Usinage)** de l'Ecole des Mines de Douai, qui a réalisé notre prototype et nous a fournit une partie du matériel nécessaire. Nous souhaitons remercier plus particulièrement Monsieur **Richard METHNER**, responsable du CCU, qui nous a conseillés lors de la conception du système. Il a également supervisé la réalisation de ce dernier.

Monsieur **Jean-Claude DURIEZ**, directeur de l'Ecole des Mines de Douai, qui a participé à notre conférence et qui s'est montré intéressé par notre projet.

Monsieur **René GUILLERMO**, directeur des études de l'Ecole des Mines de Douai, qui s'est montré disponible pour résoudre nos problèmes et qui a participé à notre conférence.

Monsieur **Patrice VERVOORT**, qui nous a conseillé quant aux divers problèmes que nous avons rencontrés. Il s'est montré très disponible pour nous proposer diverses solutions.

Monsieur **Jean-Luc CAENEN** pour ses conseils quant à la recherche de notre tuteur interne.

Monsieur **Laurent BAUDRY,** chargé de communication au sein de l'Ecole des Mines de Douai, pour son aide quant à notre campagne de communication lors de la semaine du développement durable.

Monsieur **Arnaud CUVILLIER**, qui nous a aidés à orienter notre projet et nous a fournis les outils nécessaires à une bonne organisation de celui-ci.

- ***Le site econologie.com***

Monsieur **Christophe MARTZ**, webmaster du site, pour avoir financé une partie de notre projet et apporté son aide à notre projet. Nous le remercions également pour sa participation lors de la semaine du développement durable. Sa connaissance dans le domaine du système Pantone et de ses dérivés nous a été précieuse. Nous remercions également l'ensemble des participants du forum du site econologie.com qui nous ont apportés leur expérience.

- ***Le Lycée Edmond LABBE***

Monsieur **KASPERSKY**, enseignant au lycée, qui a permis la réalisation d'une pièce nécessaire à la fabrication du prototype.

# SOMMAIRE

AVERTISSEMENT 3

REMERCIEMENTS 5

SOMMAIRE 7

RESUME 9

ABSTRACT 11

MOTS MATIERES ET DEFINITION 13

KEYWORDS AND DEFINITION 15

INTRODUCTION 17

LE PROJET ECHO-MOTEUR² 19

1. LES ACTEURS DU PROJET 21
1.1. LE GROUPE PROJET 21
1.2. NOTRE CONTRACTANT : LE CRITT M2A 24
1.3. NOTRE TUTEUR INTERNE : SEBASTIEN CAILLAT 25
2. GENERALITES 26
2.1. CONTEXTE DU PROJET 26
2.2. IDEES INITIALES ET DEMARCHES EFFECTUEES POUR LA MISE EN PLACE 26
2.3. OBJECTIFS DU PROJET 27
2.4. CARACTERES PLURIDISCIPLINAIRES 32
2.5. NIVEAU DE REUSSITE 34
2.6. CARACTERES PLURIDISCIPLINAIRES 35
2.7. LEGALITE DE NOTRE DEMARCHE 35

NOTRE POLITIQUE 37

DE COMMUNICATION 37

1. LE SYSTEME GILLIER-PANTONE ET LE GRAND PUBLIC 39
1.1. DIFFUSION PAR LA PRESSE ECRITE 39
1.2. DIFFUSION PAR LES MEDIAS TELEVISES 41
1.3. DIFFUSION SUR INTERNET 41
1.4. LA SEMAINE DU DEVELOPPEMENT DURABLE 45
2. NOS PARTENARIATS 48

2.1. INTRODUCTION 48
2.2. NOTRE DEMARCHE 48

UN PROJET TECHNIQUE 51

1. LA PHASE DE CONCEPTION – REALISATION 53
1.1. RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE : LE DOPAGE A L'EAU OU SYSTEME GILLIER-PANTONE 53
1.2. LA PHASE DE CONCEPTION 55
1.3. PHASE DE REALISATION 63
2. LA PHASE DE TESTS 66
2.1. PRESENTATION ET DESCRIPTION DE NOTRE MOTEUR 66
2.2. PRESENTATION ET DESCRIPTION DE NOTRE BANC D'ESSAIS 66
2.3. PRESENTATION ET DESCRIPTION DE NOTRE PROTOCOLE DE TESTS 67
2.4. PRESENTATION DES RESULTATS OBTENUS 68
2.5. ANALYSE DES RESULTATS ET CONCLUSIONS 76

NOTRE BUDGET 79

1. COMPARAISON ENTRE LE BUDGET PREVISIONNEL ET LE BUDGET REEL 81
2. RECETTES 82
3. DONS EN NATURE 82
3.1. UTILISATION DES BANCS D'ESSAI DU CRITT M2A 82
3.2. MOTEUR UTILISE POUR LA REALISATION DES TESTS 82
4. DEPENSES 82
4.1. ACHAT DE PIECES 82
4.2. FRAIS DE FONCTIONNEMENT 82
4.3. FRAIS DE RAPATRIEMENT DU MOTEUR 83
4.4. FRAIS DE DEPLACEMENT 83

BILAN DU PROJET ECHO-MOTEUR² 85

1. CE QUE LE PROJET A APPORTE. 87
1.1. BILAN PERSONNEL DES MEMBRES DU GROUPE PROJET 87
1.2. CE QUE LE PROJET NOUS A APPORTE. 89
1.3. CE QUE LE PROJET A APPORTE A NOS PARTENAIRES. 91
1.4. CE QUE LE PROJET A APPORTE AU PUBLIC 91
2. AUTO-EVALUATION 92
2.1. EVALUATION DU NIVEAU DE REUSSITE. 92
2.2. LES OBJECTIFS ONT-ILS ETE ATTEINTS ? 93
2.3. FICHE D'AUTO-EVALUATION 94

CONCLUSION 97

BIBLIOGRAPHIE 99

ANNEXES 101

# RESUME

Nous formons une équipe de sept étudiants, et sommes actuellement en deuxième année de formation à l'école des Mines de Douai. Nous avons choisi de travailler sur un projet en accord avec nos centres d'intérêt, et qui intègre à la fois des aspects techniques et environnementaux.

Le groupe s'est formé autour de l'idée de la reprise et de la poursuite d'un projet débuté l'année précédente : le projet Echo-Moteur. La réalisation et le test d'un montage 100% Pantone ayant donné des résultats pour le moins mitigés, nous avons décidé cette année de fabriquer et d'étudier un système dit de « dopage à l'eau », sur un moteur diesel.

Ce système, « officieusement » performant, diminuerait aussi bien la consommation que la pollution. Devant la quantité de résultats disponibles et diffusés sur internet, mais sans informations ni garantie sur les conditions de réalisation, il nous a semblé nécessaire d'établir une démarche rigoureuse afin de déterminer les caractéristiques réelles de ce procédé, appelé également Gillier-Pantone.

Notre contractant, qui était à la fois un partenaire technique et financier majeur de notre projet, est le CRITT M2A de Bruay-la-Buissière, le Centre de Recherche d'Innovation Technique en Moteurs et Acoustique Automobile. Il a pris en charge le coût des pièces nécessaires à la fabrication des divers organes du système Gillier-Pantone et nous a mis à disposition un banc d'essais pour la réalisation des tests.

Le projet Echo-Moteur² consiste en la réalisation de tests sur un prototype de système de « dopage à l'eau ». Au-delà de l'aspect technique, une démarche de communication a été mise en place pour présenter notre projet, diffuser notre démarche et les résultats de nos tests ainsi que les conclusions que nous avons tiré de ces derniers à travers divers supports médiatiques. Nous avons également participé à un forum et organisé une conférence lors de la Semaine du Développement Durable. La création d'un site Internet apparaissait comme une démarche importante dans le processus de réalisation de notre projet. Ce dernier présente l'ensemble de notre démarche, notre réalisation ainsi que nos résultats et décidé de créer un site Internet dynamique sur lequel les internautes pouvaient réagir à travers notre livre d'or.

Ce projet a été pour nous l'occasion d'acquérir des connaissances à travers l'expérimentation. Au terme de notre travail, nous pouvons constater que le prototype de système de dopage à l'eau testé fonctionne mais les gains sur la consommation sont nuls. Ces conclusions sont à replacer dans le cadre de l'expérience et la généralisation de ces dernières n'est pas envisageable, le principe de dopage à l'eau se présentant sous diverses formes pouvant être plus ou moins efficace. Il serait envisageable qu'une nouvelle équipe continue les recherches dans le domaine du dopage à l'eau.

ECHO-MOTEUR2

# ABSTRACT

We form a group composed of seven students, and we are currently in the second year of the course of the “Ecole des Mines de Douai”. We have decided to work on a project, which is linked to our interests, and which comprises technical and environmental sides.

The resumption and the continuation of the Echo-Moteur project, which began last year, was the main cause which pushed us to form the group. 100% Pantone assembling was realized and tested, but the results were not really heartening; that is the reason why we decided to make and study a water-doping system, which will be set on a Diesel engine.

Many people maintain that this system is really efficient, because fuel consumption and pollution would be dramatically reduced. But even if many results are available, it is impossible for us to know how these tests were led. Therefore, we had decided to set a rigorous process, so as to determine all the features of this system, which is also called “Gillier-Pantone”

Our client is the CRITT M2A, in Bruay-la-Buissière. It was a major technical and financial partner of our project. It will supply us pieces to build the different parts of the Gillier-Pantone, and a test bench, so as to carry out our trials.

The Echo-Moteur² project aimed to realize tests on a water-doping prototype. Over the technical look, a communication work has been set up to present our project, broadcast our approach and tests results as well as the conclusions we had drawn from these last ones through media tools. We also took part in a forum and organized a lecture during the Durable Development Week. The creation of a website appeared as an important approach in the project realization. This last one presents the whole part of our approaches, our realization as well as our results and we decided to create a dynamic website on which the Internet users were able to react through our golden book.

This project allows us to get knowledge through experimentation. At the end of our work, we can notice that the tested water-doping system prototype works but the benefits on the gas consumption are null. These conclusions have to be put back on the experimentation context and the generalization of these ones cannot be imaginable because the water-doping principle presents several systems more or less efficient. It could possible that a new team continue our research in the water-doping domain.

ECHO-MOTEUR2

# MOTS MATIERES ET DEFINITION

## ❖ MOTS MATIERES

- Moteur
- Dopage à l'eau
- Pantone
- Environnement
- Consommation
- Pollution
- Tests (bancs d'essais)
- Résultats

## ❖ DEFINITION

Le projet Echo-Moteur² a pour objectif de réaliser et d'installer un système de dopage à l'eau sur un moteur diesel afin de réaliser des tests sur bancs d'essais, et ainsi, publier des résultats chiffrés sur les performances d'un tel système.

ECHO-MOTEUR2

# KEYWORDS AND DEFINITION

## ❖ KEYWORDS

- Engine
- Water-doping system
- Pantone
- Environment
- Consumption
- Pollution
- Tests (tests bench)
- Results

## ❖ DEFINITION

The Echo-Moteur² project aims at designing and setting up a water-doping system on a diesel engine in order to realize trials on tests benches, so as to publish results concerning the system performances.

ECHO-MOTEUR2

# INTRODUCTION

Les problèmes écologiques sont un thème récurrent aujourd'hui. Le réchauffement climatique et l'épuisement des ressources fossiles telles que le pétrole inquiètent. Aussi pour préserver notre planète, il est important de bouleverser nos habitudes et trouver de nouvelles solutions pour remédier à ces phénomènes néfastes.

Nous avons donc décidé d'étudier, dans le cadre de notre projet de deuxième année à l'Ecole des Mines, l'une de ces solutions appliquée au domaine de l'automobile : le dopage à l'eau, également appelé « système G ».

Ce procédé consistant à injecter de la vapeur d'eau dans un moteur permettrait de réduire la consommation de carburant et de diminuer les rejets de polluants.

Aucune étude chiffrée n'ayant été réellement effectuée sur ce système, les résultats de celui-ci suscitent de nombreuses interrogations quant à son efficacité. Notre objectif était de répondre à ces questions.

ECHO-MOTEUR2

# Le projet Echo-Moteur²

Présentation générale

ECHO-MOTEUR2

# 1. Les acteurs du projet

## 1.1. Le groupe projet

### 1.1.1. Les membres du groupe

- **Chef projet : Gaëtan BARTHELEMY**

*« Le projet Echo-moteur constitue pour moi une première approche du travail dans le milieu automobile. Le contexte environnemental et économique donne une dimension importante à ce projet et le fait de reprendre le travail et les résultats obtenus par la précédente équipe constitue une base solide. Le statut de chef projet me permettra de m'intéresser aux divers aspects de notre sujet. Cela constitue également une première expérience dans le domaine du management et j'en profiterai donc pour découvrir de nouveaux outils de travail. Mon objectif personnel est de développer des qualités d'organisation, de management et des connaissances dans divers domaines tels que la mécanique. »*

- **Trésorier, responsable du site internet : Nawfal EL MKADMI**

*« Nous sommes tous concernés par la pollution et le réchauffement climatique de notre planète, c'est pour cette raison que j'ai choisi le projet Echo-Moteur qui a une optique écologique. En outre, ce projet est pour moi l'occasion de découvrir la puissance des outils web qui permettent de publier les avancées du projet dans un environnement interactif touchant ainsi un large public »*

- **Chargé de communication, secrétaire : Delphine LESPRE**

*« Améliorer les performances de ce moteur et réduire les émissions de gaz par cette méthode sont deux objectifs d'autant plus intéressant que la réduction de la pollution est plus que jamais un enjeu de premier plan. »*

- **Chargé de communication : Philippe ARMANDO**

*« Nous évoluons dans un monde dans lequel chacun d'entre nous doit agir pour le préserver et améliorer nos techniques actuelles en matière d'écologie. Pour moi, cet ambitieux projet représente une pierre de plus à cet édifice, touchant de plus à des domaines particulièrement intéressants tels que l'amélioration des rendements moteurs. »*

- **Responsable technique : Philippe ROHART**

*« Intéressé depuis toujours par le domaine automobile, et en particulier par les motorisations, j'ai immédiatement saisi l'opportunité d'intégrer l'équipe qui allait poursuivre le projet Echo-Moteur. De plus, ma position de responsable de l'équipe technique me permettra de développer des compétences dans les domaines du management et de la technologie.»*

- **Membre de l'équipe technique : Sylvain CARQUIN**

*« Travailler en équipe sur un projet à dominantes scientifiques et techniques me semble essentiel pour l'apprentissage du métier d'ingénieur. Cela permettra à chacun d'appréhender des notions indispensables telles que la recherche, le développement et la communication. Mener une étude dans le domaine de l'automobile, en rapport direct avec les problèmes environnementaux actuels ne pouvait qu'attirer mon attention. Je souhaite alors grandement apporter des réponses à la polémique grandissante qui émane autour du principe de dopage à l'eau, dérivé du procédé Pantone. »*

- **Membre de l'équipe technique : Antoine DUBOS**

*« En m'intéressant au procédé pantone j'ai pu constater que des résultats très intéressants étaient annoncés, ce à la fois en terme de performances et d'impact environnemental. Je suis donc très intéressé par le fait de les vérifier par une démarche scientifique et technique rigoureuse. »*

### 1.1.2. Organigramme

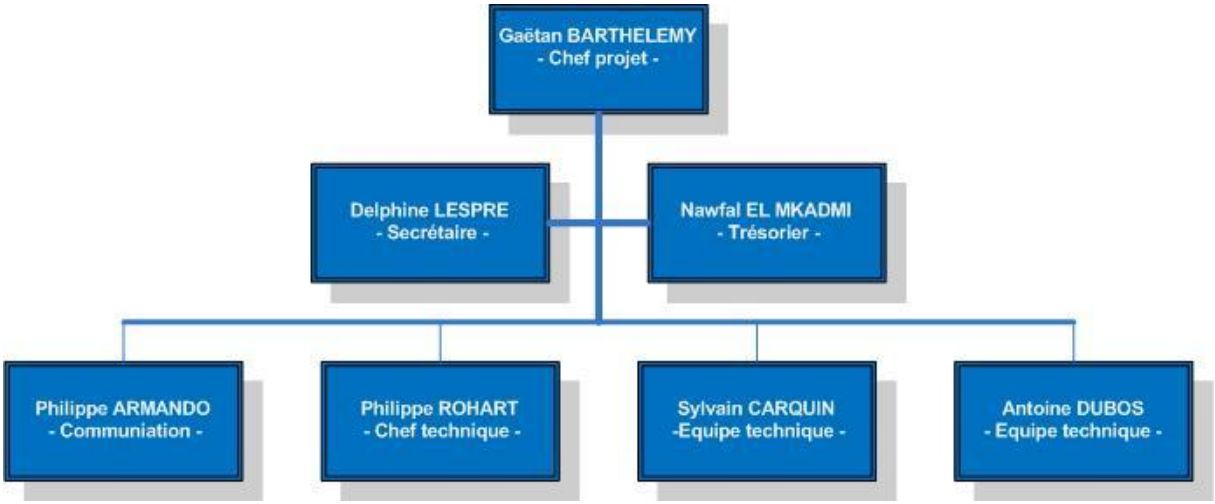



*Figure 1 : Organigramme du groupe*

*Figure 2 : Les membres du projet Echo-Moteur²*

## 1.2. Notre contractant : le CRITT M2A

Notre objectif de poursuivre la démarche adoptée par le groupe projet Echo-Moteur édition 2006-2007 nous a conduit à reprendre le même client : le CRITT M2A *(**C**entre de **R**echerche d'**I**nnovation **T**echnique et **T**echnologique en **M**oteurs et **A**coustique **A**utomobiles)*, partenaire idéal quant aux tests que nous aurons à effectuer.

Le CRITT M2A, basé à Bruay-la-Buissière (Nord - Pas-de-Calais), permet aux équipementiers d'accéder aux moyens lourds de recherche et de développement nécessaires à la prise en compte complète des besoins des grands constructeurs en matière de vibro-acoustique, de mécanique moteur et de calcul-simulation.

Très intéressé par la mise en place d'un moteur fonctionnant avec un mélange eau essence, il a accepté avec enthousiasme notre projet utilisant un moteur diesel dopé à l'eau.

Le CRITT M2A met à notre disposition l'ensemble de son infrastructure et de ses compétences, afin que nous puissions réaliser les tests dans des conditions optimales .

Dans le cadre de cette collaboration, nous travaillons avec M Yannick BENARD : intervenant au sein du CRITT M2A.

**Jérôme BODELLE**
Directeur du CRITT M2A
Parc de la Porte Nord – 62 700 Bruay la Buissière
Tél: 03 91 80 02 02
Fax: 03 91 80 02 01
E-mail: jbodelle@crittm2a.com

**Yannick BENARD**
Tél: 03 91 80 02 39
Tél: 06 83 79 58 18
E-mail: ybenard@crittm2a.com

## 1.3. Notre tuteur interne : Sébastien CAILLAT

Energetique Industrielle

Nous avons décidé de conserver un tuteur interne appartenant au département énergétique comme l'avait fait l'équipe de l'année dernière. Le système faisant intervenir des transferts thermiques, nous avons décidé de nous rapprocher de M.BAUDOIN qui nous enseigne cette matière. Celui-ci nous a redirigés vers M.CAILLAT, tuteur interne de la précédente équipe. Nous l'avons donc contacté et après lui avoir présenté nos objectifs, celui-ci a accepté de participer à la poursuite du projet Echo-Moteur.

M.CAILLAT a su rester à notre écoute lorsque nous l'avons sollicité afin de résoudre divers problèmes. Il nous a orienté dans notre gestion de projet en nous conseillant sur les méthodes de résolutions des conflits internes au groupe et de gestion des imprévus.

**Sébastien CAILLAT**
Département Energétique Industrielle, Ecole des Mines de Douai
Tél : 2390
E-mail : caillat@ensm-douai.fr

# 2. Généralités

## 2.1. Contexte du projet

Aujourd'hui, l'écologie est devenue un thème récurrent. En effet, la forte industrialisation et l'utilisation massive de véhicules polluants contribuent à la détérioration de l'environnement terrestre. De plus, la consommation importante de ressources fossiles provoque un épuisement de ces dernières. De nombreuses solutions techniques sont étudiées pour produire des véhicules de moins en moins polluants. Notre démarche s'inscrit dans ce cadre.

De récentes mesures gouvernementales tendent à faire augmenter le prix des carburants. En effet ces derniers n'ont cessé d'augmenter depuis une dizaine d'années. Si les utilisateurs ressentent cette hausse sur leur pouvoir d'achat, beaucoup d'emplois sont également menacés. En effet certains exploitants tels que les agriculteurs ou encore les pêcheurs utilisent énormément de carburant. De ce fait, leur entreprise devient de moins en moins rentable et un grand nombre d'entre eux cessent leur activité.

Faire baisser la consommation des véhicules est devenu nécessaire et le dopage à l'eau pourrait être une solution. C'est pourquoi nous avons décidé de vérifier son efficacité.

## 2.2. Idées initiales et démarches effectuées pour la mise en place

Notre groupe projet s'est constitué à la suite de l'intervention faite par l'ancien groupe Echo-Moteur. En effet ceux-ci recherchaient des élèves de première année motivés pour reprendre leur projet et continuer leur travail. Ces derniers n'avaient en fait pas eu le temps nécessaire pour améliorer réellement leur système qui, jusque là, n'avait pas montré de résultats vraiment satisfaisants.

Nous avons donc contacté l'équipe Echo-Moteur pour leur proposer notre candidature. Après deux réunions pendant lesquelles nous avons exposé nos ambitions à l'équipe, nous avons finalement obtenu le droit de reprendre le projet.

Nous avons étudié les possibilités d'amélioration et nous nous sommes intéressés au dopage à l'eau qui, selon nous, semblait une bonne solution. En effet les résultats qu'obtenaient certains particuliers ayant monté le système sur leur voiture étaient prometteurs. Après nous être entretenus avec Denis Duquesne, le chef projet de l'ancienne équipe, nous avons conclu que techniquement, cela serait peut-être trop compliqué pour notre équipe, celle-ci n'étant pas constituée par des membres ayant des connaissances en mécanique automobile.

Nous avons présenté notre projet à M. Yannick BENARD, responsable au CRITT M2A, contractant de la précédente équipe Echo-Moteur. Celui-ci nous a reçus au centre de recherche et après une brève visite de ce dernier, nous avons déterminé les objectifs du projet. Nous avons également rencontré M. Jérôme BODELLE, directeur du CRITT M2A, qui nous a exposé ses attentes.

Ayant déjà le moteur de l'année dernière, il nous restait à améliorer les performances du système Pantone. Nos premières recherches ont été effectuées pour dimensionner le bulleur, partie importante du système Pantone qui contient le mélange eau-essence. Suite à ces recherches, l'équipe technique a conclu que les chances d'amélioration du système sur un moteur essence de voiture restaient faibles. Ils ont donc réétudié les possibilités du dopage à l'eau et après une réunion avec toute l'équipe, la décision a été prise de travailler sur un moteur diesel. Nous avons donc contacté M.BENARD pour voir si le CRITT M2A était motivé pour cette solution. Le centre de recherche nous a donné son accord et nous sommes repartis d'une feuille blanche.

Notre première démarche a été de créer un nouveau sujet sur le forum du site www.econologie.com qui traite de nombreux thèmes de l'écologie, notamment le système Pantone et ses dérivés. Les réactions ont été très nombreuses et nous étudions actuellement toutes les propositions d'amélioration des visiteurs de ce site. Certains nous ont proposé de prêter leur véhicule pour l'équiper du système de dopage à l'eau et effectuer les tests. Nous sommes actuellement à la recherche d'un moteur et nous espérons un partenariat avec un garage qui pourrait nous le fournir.

Enfin un article sur l'équipe Echo-Moteur est paru dans le magazine Science&Vie de novembre. Nous avons étudié cet article qui fait part de conclusion de nombreux scientifiques pour évaluer les différents paramètres à tester et mettre en place un protocole de tests.

## 2.3. Objectifs du projet

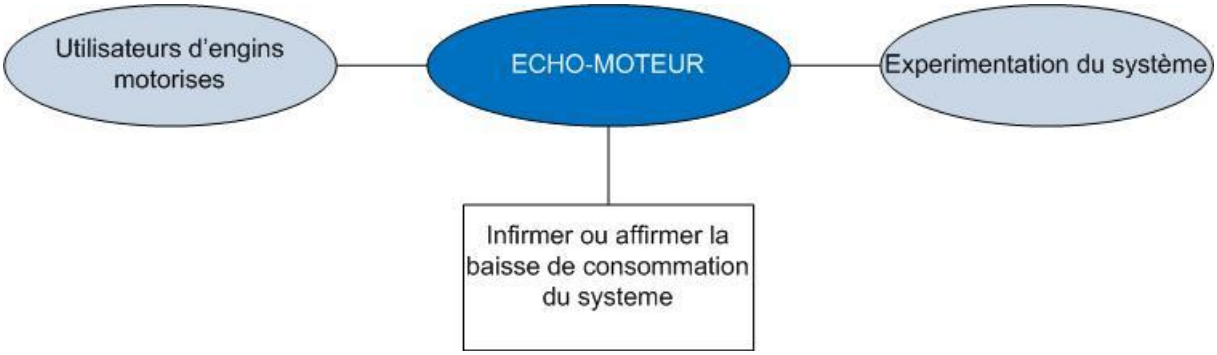
### 2.3.1. Objectifs principaux

**Notre objectif est de déterminer les caractéristiques d'un moteur diesel dopé à l'eau préalablement réalisé par nos soins.**

En conséquence nous avons suivi les objectifs suivants :

- Réaliser un moteur diesel dopé à l'eau
- Tester ce moteur sur des bancs d'essais
- Optimiser les performances de ce moteur dans le temps imparti
- Organiser une couverture médiatique du projet

### 2.3.2. Diagramme d'approche




**Pour quoi ?** **Pour diminuer la pollution provenant des anciens moteurs diesel**
**Pour diminuer la consommation de carburant**

**Pourquoi ?** **Car pour l'instant, aucune vraie étude n'a été réalisée sur ce procédé appliqué à un moteur diesel**

*Figure 3 : Diagramme d'approche*

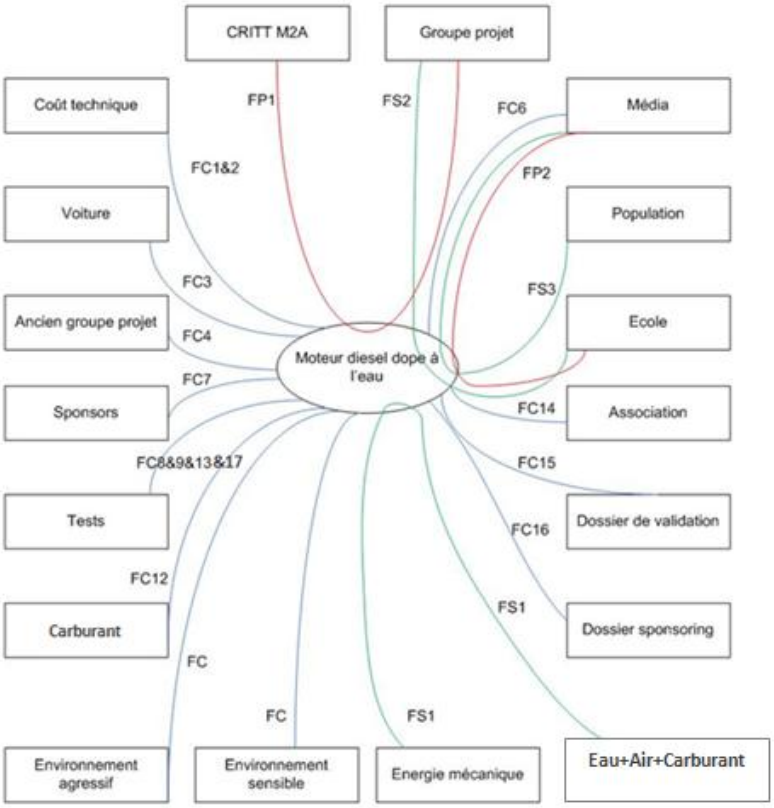



*Figure 4 : Diagramme pieuvre*

➢ **Fonctions principales**

- Fp1 : Apporter des réponses quant à l'efficacité du moteur diesel dopé à l'eau auprès du CRITT M2A
- Fp2 : Informer la population à travers des supports médiatiques

➢ **Fonctions secondaires**

- Fs1 : Transformer le mélange eau-air-carburant en énergie mécanique
- Fs2 : Réaliser un projet dans le cadre du cursus de l'école
- Fs3 : Faire connaître l'école via les médias

➢ **Fonctions contraintes**

- Fc1 : Maîtriser le budget

- Fc1.1 : Evaluer le budget
- Fc1.2 : Gérer le budget
- Fc1.3 : Négocier le budget avec les sponsors
- Fc1.4 : Tenir une comptabilité

- Fc2 : Conserver un coût de développement réalisable

- Fc2.1 : Définir les opérations
- Fc2.2 : Chiffrer les opérations
- Fc2.3 : Optimiser les locations du banc

- Fc3 : Adapter le prototype sur une voiture

- Fc3.1 : Trouver une voiture
- Fc3.2 : Modifier la disposition des différentes pièces
- Fc3.3 : Tester le prototype sur la voiture

- Fc4 : Tenir compte des résultats de l'année précédente

- Fc4.1 : Recontacter les mêmes partenaires et le même client
- Fc4.2 : Tenir compte des démarches pour les protocoles des tests
- Fc4.3 : Utiliser les contacts médias de l'année précédente

- Fc5 : Respecter le contrat avec l'école

- Fc5.1 : Respecter le calendrier
- Fc5.2 : Répondre au cahier des charges de l'école
- Fc5.3 : Promouvoir l'image de l'école
- Fc5.4 : Rendre compte des activités auprès du tuteur

- Fc6 : Utiliser plusieurs supports médiatiques différents

- Fc6.1 : Démarcher la presse écrite
- Fc6.2 : Démarcher des médias télévisuels
- Fc6.3 : Obtenir un stand pendant la semaine du développement durable
- Fc6.4 : Mettre en place une conférence
- Fc6.5 : Utiliser internet

- Fc7 : Diffuser l'image des sponsors

- Fc7.1 : Réserver une place sur le site internet
- Fc7.2 : Créer des affiches avec logos des sponsors pour toutes les représentations médiatiques
- Fc7.3 : Demander des éléments publicitaires auprès des sponsors
- Fc7.4 : Réserver des places sur le capot de la voiture
- Fc7.5 : Faire figurer les sponsors dans tous les dossiers (dossier final, plaquettes)

- Fc8 : Respecter les procédures de tests

- Fc8.1 : Etre à l'heure aux rendez-vous
- Fc8.2 : Respecter les procédures de sécurité
- Fc8.3 : Etablir les protocoles des tests

- Fc9 : Analyser et comprendre les résultats obtenus après chaque test

- Fc9.1 : Etablir un compte-rendu après chaque test
- Fc9.2 : Mettre à jour le site internet
- Fc9.3 : Engager un processus d'amélioration suite aux tests

- Fc10 : Rendre attractif le prototype auprès de la population

- Fc10.1 : Montrer les performances du système
- Fc10 .2 : Rendre dynamique le site
- Fc10.3 : Présenter l'intérêt du système auprès des clients et du public

- Fc11 : Respecter le contrat avec le CRITT M2A

- Fc11.1 : Respecter le contrat de confidentialité
- Fc11.2 : Diffuser l'image du CRITT M2A
- Fc11.3 : Respecter les instructions du tuteur externe

- Fc12 : Baisser la consommation de carburant

- Fc12.1 : Trouver des solutions techniques
- Fc12.2 : Effectuer des mesures

- Fc13 : Chiffrer les performances

- Fc13.1 : Mesurer la consommation de carburant
- Fc13.2 : Mesurer la consommation d'eau
- Fc13.3 : Mesurer le couple
- Fc13.4 : Mesurer le taux de pollution
- Fc13.5 : Mesurer la puissance disponible
- Fc13.6 : Mesurer les différentes températures
- Fc13.7 : Comparer les résultats avec un moteur classique

- Fc14 : Gérer l'association

- Fc14.1 : Etablir les statuts
- Fc14.2 : Effectuer les démarches administratives
- Fc14.3 : Gérer les contacts avec l'école

- Fc15 : Etablir un dossier de validation

- Fc15.1 : Etablir une charte graphique
- Fc15.2 : Rédiger le dossier
- Fc15.3 : Imprimer et relier
- Fc15.4 : Présenter le dossier

- Fc16 : Etablir le dossier sponsoring

- Fc16.1 : Rédiger le dossier sponsoring
- Fc16.2 : Imprimer le dossier
- Fc16.3 : Transmettre le dossier aux entreprises

- Fc17 : Adapter le prototype au banc d'essais

- Fc17.1 : Dimensionner les pièces
- Fc17.2 : Trouver des solutions techniques

## 2.4. Caractères pluridisciplinaires

Le projet Echo-Moteur a déjà montré son caractère pluridisciplinaire l'année dernière. En effet ce projet touche à de nombreux domaines aussi bien techniques qu'administratifs

### 2.4.1. Dimension Scientifique et Technique

Le projet Echo-Moteur répond aux attentes de l'école concernant la dimension scientifique et technique. Ce dernier comporte une grande partie technique qui a nécessité l'utilisation des différents domaines étudiés à l'Ecole des Mines de Douai :

L'étude bibliographique est la toute première ressource que nous avons exploitée tout au long de ce projet. C'est en effet la base de notre travail qui s'est construit autour de notre expérience et de celles des « Pantonistes » (personnes qui utilisent et qui essaient de développer le système Pantone et ses dérivés.)

Le cours de transferts thermiques nous a été très utile, le système faisant intervenir de nombreux échanges de chaleur.

Pour concevoir les plans de notre système, nous l'avons tout d'abord modélisé à l'aide d'un logiciel de CAO (ou DAO). Nous avons donc mis en application les cours de DAO pour concevoir des plans nous permettant d'appréhender les différentes contraintes d'ergonomie ou de pertes de chaleur par exemple.

La mécanique des fluides nous a  permis de calculé des niveaux d'eau et d'utiliser divers systèmes afin de maintenir un niveau constant entre notre réservoir d'eau et le générateur de vapeur de notre système.

Nous avons du démonter le moteur d'une voiture et installer le kit de dopage à l'eau pour effectuer les tests sur banc. Le projet avait donc une forte dimension technique qui nous a permis de nous initier au domaine de la mécanique automobile. Nous étions assistés par les techniciens du CRITT M2A mais nous avons essentiellement développé nos connaissances techniques au fur et à mesure de nos tests.

### 2.4.2. Dimension expérimentale

Pour mener à bien ce projet, il est important de décomposer celui-ci en plusieurs phases. Après avoir effectué des recherches pour concevoir un premier prototype de système de dopage, nous avons été amenés à effectuer des tests sur banc moteur pour mesurer les résultats obtenus. Ces derniers ont été suivis d'une analyse qui nous a permis de conclure quant à l'efficacité du montage et le choix de nouvelles solutions techniques en vue de l'amélioration du système. Cette progression pas à pas basée sur l'expérimentation rentre tout à fait dans le cadre de la démarche d'un ingénieur.

### 2.4.3. Dimension économique

Le dopage à l'eau représente une possible solution au problème de consommation de carburant. Les ressources pétrolières constituent un enjeu économique important et les problèmes de hausses des prix ont un impact non négligeable sur le pouvoir d'achat. Diminuer la consommation des véhicules pourrait donc permettre à un automobiliste de réaliser des économies assez considérables. Cette dimension a constitué une source de motivation pour notre projet.

### 2.4.4. Impact sur la santé et l'environnement

Un des résultats attendus est une baisse de la quantité des gaz polluants rejetés. La pollution automobile est un thème récurent de notre époque. L'impact sur la couche d'ozone et les changements climatique est très important. La possibilité de rendre un véhicule moins polluant aurait constitué un progrès technologique important. De nouvelles voitures sont conçues pour rejeter moins d'émissions gazeuses mais aucune solution n'est apportée quant aux véhicules anciens encore en circulation. Concevoir un kit adaptable sur les voitures anciennes, souvent plus polluantes, représentait une nouvelle issue dans la recherche écologique.

### 2.4.5. Dimension organisationnelle et financière

Nous avons décidé, en accord avec les anciens membres de l'association Echo-Moteur, de reprendre cette dernière. Le budget étant assez conséquent, une association rend plus facile la gestion de l'argent. Nous disposions ainsi d'un compte bancaire qui facilitait nos différentes démarches financières. Le fait que l'association soit déjà créée a constituait un avantage supplémentaire. Les seules démarches que nous avons effectuées sont le changement de statut de celle-ci et du compte bancaire LCL.

## 2.5. Niveau de réussite

Nous avons déterminé trois niveaux de réussite (bas, moyen, haut) qui dépendent de l'état d'avancement de notre projet. Nos différentes hypothèses sont regroupées dans le tableau suivant :

| | **Niveau technique** | **Niveau Internet** | **Niveau communication** |
|---|---|---|---|
| **Hypothèse Haute** | Obtenir une baisse de consommation et une diminution des rejets de polluants | Nombreuses visites<br><br>Forum fonctionnel et actif | Télévision : +3<br><br>Presse : +5 |
| **Hypothèse Moyenne** | Obtenir un fonctionnement du moteur équipé analogue à celui du moteur d'origine | Site attractif et dynamique | Télévision : 1<br><br>Presse : 3 |
| **Hypothèse Basse** | Adapter un système de dopage à l'eau sur un moteur diesel et mesurer les performances | Faire un site HTML | Télévision : 0<br><br>Presse : 2 |

*Tableau 1 : Objectifs*

## 2.6. Caractères pluridisciplinaires

Les performances d'une voiture diesel équipée d'un système de dopage à l'eau n'ont jamais été mesurées de manière objective par un organisme agréé. Le caractère innovant de notre étude réside donc dans la réalisation de tests officiels.

La différence entre le projet Echo–Moteur de l'année dernière et le nôtre se situe dans l'utilisation d'un moteur diesel équipé d'un système G (dopage à l'eau). Ces principales divergences sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

| | **Echo-Moteur (2006-2007)** | **Echo-Moteur² (2007-2008)** |
|---|---|---|
| **Type de moteur** | moteur essence | moteur diesel |
| **Type d'admission** | carburateur | injection |
| **Type de montage** | 100% Pantone | Dopage à l'eau |
| **Fonctionnement** | injection de mélange gazeux eau+essence | injection directe de vapeur d'eau |

*Tableau 1 : Comparatif Echo-Moteur/Echo-Moteur²*

Pour finir, en fonction des résultats que nous obtiendrons, une équipe pourra éventuellement poursuivre nos travaux l'an prochain. Cette ouverture est rendue possible par le fait que notre configuration est assez ciblée : c'est un moteur de conception ancienne, dépourvu d'électronique sur lequel est greffé un système de dopage à l'eau dont l'optimisation ne sera peut être pas complète. Cela laisse donc le champ libre à des expérimentations sur des moteurs plus récents (HDi, TDi,..) et à d'autres montages de dopage à l'eau.

## 2.7. Légalité de notre démarche

Nous nous sommes renseignés auprès de la précédente équipe quant à la légalité de notre étude et les seuls brevets concernant le système Pantone (ou ses divers dérivés) ne sont plus valides. Nous pouvions donc travailler librement sur ce procédé, c'est-à-dire réaliser un système de dopage à l'eau pour moteur diesel, le tester et publier nos résultats.

ECHO-MOTEUR2

# Notre politique de communication

Evènements et partenariats

ECHO-MOTEUR2

# 1. Le système Gillier-Pantone et le grand public

Un des buts de notre projet était de faire découvrir ou redécouvrir le système Gillier-Pantone. Pour ce faire, nous avons notamment effectué les démarches auprès de multiples organismes de journalisme et nous sommes investis dans la semaine du développement durable, qui constituait pour nous l'objectif principal du point de vue communication.

## 1.1. Diffusion par la presse écrite

### 1.1.1. Les articles parus

Nous avons, lors de notre rencontre avec *l'Observateur du Douaisis*, présenté au journaliste notre projet dans son ensemble : notre démarche de tests face aux résultats annoncés sur internet. Nous avons également annoncé notre présence au forum du développement durable.

Cet article est également visible sur internet à l'adresse suivante :

http://www.lobservateurdudouaisis.fr/actualite/De-l-eau-comme-carburant-201.html

Douai

Sept étudiants de l'Ecole des Mines réalisent un moteur révolutionnaire

De l'eau comme carburant

Ce dispositif, à la fois écologique et économique, permettrait de réduire les émissions polluantes de 80 % et de diminuer la consommation de 30 %.

Une histoire de vapeur d'eau

Un peu de mécanique…

Aller plus loin que le test du mouchoir placé à la sortie du pot d'échappement

*Figure 5 : Premier article paru dans l'Observateur du Douaisis, 28 février 2008*

Tout en présentant notre projet à *La Voix du Nord*, nous avons mis en avant la semaine du développement durable, à laquelle nous participions. Le prototype (visible au premier plan) était réalisé, mais nous étions toujours en attente des différents tests.

LA VOIX DU NORD
samedi 5 avril 2008

DOUAI | 9

EXPÉRIENCE

**Les élèves ingénieurs des Mines testent le moteur Diesel dopé à l'eau**

**Des élèves de l'école des Mines présenteront lors d'une conférence, aujourd'hui au lycée agricole de Douai, un moteur Diesel équipé d'un système de dopage à l'eau. Un concept qu'ils ont étudié afin de vérifier s'il réduisait la consommation de carburant et la pollution.**

Le verdict devrait tomber aujourd'hui. En tout cas, c'est ce qu'espèrent les sept élèves ingénieurs en 2e année à l'école des Mines qui ont passé plusieurs mois à étudier le « système Gillier-Pantone » : un dopage à l'eau qui réduirait la consommation et la pollution des moteurs Diesel. Ils devraient confirmer ou pas l'efficacité de ce système, au vu des résultats qu'ils devraient obtenir cette semaine.

De quoi mettre un terme à différentes études contradictoires sur le sujet. « *Sur les moteurs à essence, cela ne marche pas véritablement car la baisse de consommation est liée à la baisse de la puissance induite par le système. Nous avons alors voulu tester le procédé sur un moteur Diesel* », explique Sylvain Carquin, un des étudiants. Et c'est depuis septembre que ce petit groupe, qui affiche une moyenne d'âge de 20 ans, bosse sur son projet d'année. L'école leur a accordé, à chacun, 100 heures pour effectuer les démarches administratives et financières, les recherches de partenariats, la partie technique, l'informatique...

Nawfal El Mkadmi, webmaster et trésorier, trouve les 1 500 euros nécessaires au projet. Ils achètent alors le moteur et s'installent au centre de recherches CRITT M2A, à Bruay-la-Buissière, leur tuteur externe qui leur met à disposition du matériel et des professionnels.

Encadrés par Yannick Benard, ils passent à la technique, sur le moteur. « *Nous nous sommes basés sur des plans qu'un Mosellan a bien voulu nous donner. Celui-ci a adapté le système sur une voiture alors que, bien souvent, il est utilisé sur des petits moteurs comme des tondeuses à gazon* », ajoute Sylvain. Mais à quoi ressemble ce « système Gillier-Pantone » ? En fait, pour les non-initiés, à une pièce de métal, pas très grande et sans forme bien distincte. Grâce à elle, le moteur fabrique de la vapeur, la composante essentielle du procédé. « *Celui-ci consiste à mélanger de l'eau et du gasoil. Les gaz d'échappement chauffent l'eau pour la transformer en vapeur et c'est cette vapeur qui induit une baisse de la consommation et de la pollution* », précise Gaëtan Barthélémy, nommé chef de projet.

Si la majorité du groupe pense que « *ça peut marcher* », quelques-uns se montrent plus sceptiques. « *J'attends de voir* », lance Philippe Rohart, le Lensois en charge de la partie technique avec Sylvain et Antoine Dubos. Il faudra donc attendre la conférence, où interviendra Christophe Martz, ingénieur et spécialiste du système, pour en avoir le cœur net. ■ M.-H. D.

**Conférence au lycée agricole de Douai, aujourd'hui à 10 heures et stand aujourd'hui encore au Forum du développement durable. Pour en savoir plus : www.echo-moteur.com ; www.economie-gie.com.**

Ces élèves ingénieurs testent le système Gillier-Pantone sur un moteur Diesel. PHOTO ÉMILIE DENIS

*Figure 6 : Second article paru dans la Voix du Nord, 5 avril 2008*

### 1.1.2. Les articles à paraître

#### *1.1.2.1. La voix du Nord*

Nous avons été interviewés à notre stand lors de la semaine du développement durable par un journaliste de *La Voix du Nord*. Cette interview a également concerné l'équipe du groupe projet Revecen. Nous sommes en attente de sa parution.

#### *1.1.2.2. Science et Avenir*

De plus, nous serons bientôt cités dans un hors-série du magazine Science & Avenir, qui comportera un sujet autour des procédés Pantone.

## 1.2. Diffusion par les médias télévisés

Nous avons contacté les journalistes d'ILTV, qui est une chaîne de télévision diffusée sur internet, associée à la communauté d'Hénin-Carvin. A ce titre, ils n'ont pas désiré venir au forum de la semaine du développement durable. Cependant afin d'assurer une continuité avec le sujet qu'ils avaient réalisé l'année précédente sur le groupe Echo-Moteur, ils ont exprimé leur volonté de pouvoir filmer notre système en cours de fonctionnement. Aujourd'hui nous essayons de trouver un créneau adapté à la fois aux élèves, au personnel du CRITT M2A ainsi qu'à l'équipe d'ILTV qui doit pouvoir assurer son déplacement jusqu'au CRITT M2A.

*Figure 7 : Le logo de la chaîne ILTV*

## 1.3. Diffusion sur Internet

Afin d'assurer une diffusion complète de l'information autour de notre projet, nous avons profité des capacités de communication que possède Internet. Nous avons ainsi activement participé aux forums ayant pour sujet le système Pantone, les économies d'énergie, l'environnement, et ce notamment sur econologie.com.

Mais nous avons également créé notre propre site internet : www.echo-moteur.com. Il est d'ailleurs à noter qu'en vue de marquer la continuité entre Echo-Moteur et Echo-Moteur² nous avons créé une page commune permettant d'accéder à l'un ou l'autre des sites.

### 1.3.1. Pourquoi un site internet ?

#### *1.3.1.1. Aspect informatif*

Etant donné qu'un grand nombre de français utilisent l'outil web pour leurs recherches ou leurs travaux, créer un site internet était donc une évidence qui s'est imposée, afin de diffuser nos résultats et de nous faire connaître à grande échelle.

En outre, notre site apporte des explications très précises sur le système du dopage à l'eau en diffusant des images du prototype que nous avons conçu, des vidéos permettant de le voir sous différents angles, et des vues en perspectives avec des explications afin de mieux comprendre notre étude.

Notre site internet servait aussi à publier les différents articles parus dans les journaux sur notre projet, afin de nous imposer comme un projet médiatisé, innovant mais aussi pour apporter à ce dernier une certaine crédibilité.

#### 1.3.1.2. Aspect financier

La création du site internet nous a permis de couvrir les différentes dépenses en proposant aux partenaires de publier leurs logos et/ou bannière, voire des pages entières descriptives de leurs activités.

### 1.3.2. Création du site internet

Avant de commencer la création du site, le webmaster devait d'abord se familiariser avec le langage HTML qui est le langage web de base utilisé dans tous les sites internet. En effet, le HTML permet de diffuser des informations de manière simpliste et basique.

Pour apporter plus de dynamisme à notre site, qui a joué un rôle décisif dans l'avancement du projet, il a fallu intégrer le langage PHP et MYSQL, qui a permis d'interagir avec les visiteurs (à travers notre livre d'or) et de récupérer les différentes informations laissées lors du passage.

### 1.3.3. Langages utilisés

#### *1.3.3.1. Langage HTML*

Comme mentionné précédemment, la visite d'un site entièrement fait en HTML est très simple. Le visiteur (ou client dans le langage informatique) demande l'accès à une page web au serveur. S'agissant d'une page entièrement en HTML, le serveur envoie directement la page au visiteur qui sera visualisée ensuite.

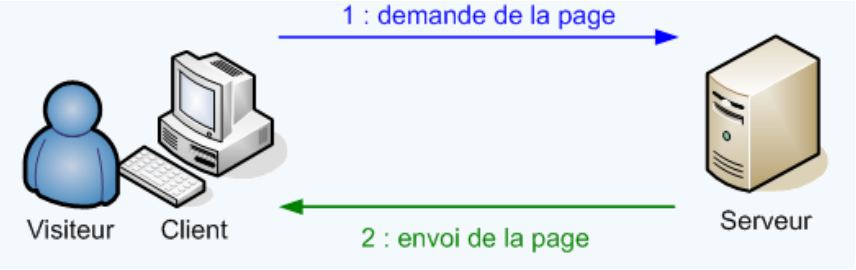



*Figure 8 : Fonctionnement de l'affichage d'une page en HTML*

#### *1.3.3.2. Langage PHP*

La seule différence entre le PHP et le HTML, se situe au niveau du serveur. En effet, lorsque le visiteur demande une page web, le serveur ne lui transmet pas directement la page car il s'agit du langage PHP, par conséquent, il doit générer cette page. Autrement dit, il doit traduire ce code PHP en code HTML que le client comprend.

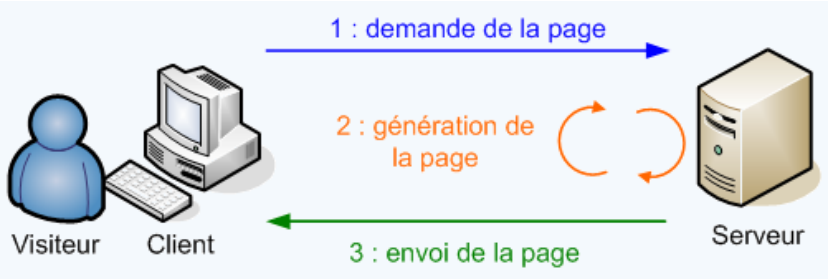



*Figure 9 : Fonctionnement de l'affichage d'une page en PHP*

Le client ne peut donc pas lire une page contenant du langage PHP, et c'est ce qui fait la puissance de ce langage qui s'est imposé comme un langage standard pour les sites dynamiques. Le but du PHP est d'adapter la page visitée en fonction du visiteur et du moment auquel ce dernier visite la page.

Voici quelques applications que le langage PHP permet de réaliser :

- Sécuriser les contenus des pages en appliquant un code d'accès
- Donner l'heure, le nombre de visiteurs qui ont déjà visité le site
- Créer un forum
- Créer un livre d'or
- Récupérer des cookies etc…

#### *1.3.3.3. Langage Flash*

Flash est une technologie de Macromedia qui permet de créer des séquences animées à base de dessins "vectoriels", c'est à dire présentant un très bon rapport entre la richesse de l'image et la faiblesse de son volume. De fait, ce logiciel a conquis la majorité des sites internet offrant ainsi une interactivité et un design très séduisants et ergonomiques. On retrouve ce langage dans l'animation d'accueil de notre site.

#### *1.3.3.4. Le Javascript*

Le langage Javascript permet de rendre un code html un peu plus dynamique. Il permet notamment l'ouverture de fenêtre supplémentaire lorsqu'on clique sur un lien par exemple. Nous avons utilisé ce langage sur notre site pour afficher l'heure en temps réel.

### 1.3.4. Contenu de notre site

Le site s'organise autour d'un menu général (1), d'un menu latéral détaillé (3) avec l'affichage de l'heure en temps réel. Un panneau latéral droit (5) intègre un compteur de visites et l'affichage des logos de nos partenaires les plus importants. Ces derniers permettent l'accès direct au site de chacun de nos partenaires lorsqu'un visiteur clique sur son logo. Au centre, on retrouve le contenu de chaque page (2) qu'il est possible de traduire en anglais via le choix de langue disponible dans le coin supérieur droit de la page. Cette structure se retrouve sur chaque page du site dont voici le détail ci-dessous.

Les pages de notre site internet :

- Accueil : contient une animation flash d'accueil et un système de news en en dessous.
- Projet : Présentation du projet, de l'équipe, des objectifs, du prototype, des tests effectués ainsi que des résultats obtenus.
- Documentation : Documentation diverse sur le principe de fonctionnement du moteur diesel et du dopage à l'eau ainsi que présentation des caractéristiques de notre moteur.
- Nos partenaires : Présentations de nos différents partenaires
- Presse : Mise en ligne des différents articles dans lesquels nous sommes parus.
- Nous contacter
- Livre d'or : Lien avec l'internaute qui peut laisser un message.

*Figure 10 : Aperçu de notre site Internet*

### 1.3.5. Difficultés rencontrées

#### 1.3.5.1. Rendre le site accessible à tous :

La première difficulté que rencontre un webmaster est d'adapter la taille du site aux différentes tailles d'écrans que les visiteurs utilisent. Il a fallu donc optimiser l'affichage du site afin qu'il puisse apparaitre correctement sur tous types d'écrans.

La seconde difficulté réside dans le fait de rendre le site compatible avec tous les types de navigateurs (Internet Explorer, Mozilla Firefox, Netscape…). En effet les différents navigateurs ne réagissent pas de la même manière à un code HTML, ce parce que les entreprises les développant ne s'accorde pas sur la transcription du code à l'affichage. Cet inconvénient reste limité à certaines instructions spécifiques.

Grâce à nos efforts, nous avons donc pu adapter notre site aux différents navigateurs et principalement à Mozilla Firefox et Internet Explorer, qui sont les deux navigateurs standards les plus utilisés en ce moment.

##### 1.3.5.2. Un problème d'hébergement à régler :

Pour mettre un site en ligne, il est nécessaire de payer un hébergeur qui fournit un espace pour publier son site et une adresse pour que les visiteurs puissent accéder à celui-ci.

Nous avons décidé de reprendre l'hébergeur 1&1 utilisé l'année dernière par la précédente équipe et donc de reprendre leur compte client.

Cependant, fin mars, suite à un paiement non reçu mais que nous avions envoyé, l'hébergeur a bloqué l'accès à notre site sans nous prévenir préalablement. Nous l'avons donc contacté par téléphone et après avoir trouvé une nouvelle solution de paiement, il s'est engagé à le remettre en ligne. Cependant cette dernière, pour des raisons techniques, apparaissait assez longue et nous nous trouvions dans une période où la nécessité de diffuser des informations était importante. Nous avons donc pris contact avec un de nos partenaires, le site econologie.com, qui nous a offert d'héberger gratuitement notre site. Cette solution s'avérant moins coûteuse, nous avons pris la décision de résilier notre compte client chez 1&1.

## 1.4. La Semaine du Développement Durable

### 1.4.1. Qu'est ce que la Semaine du Développement Durable

#### *1.4.1.1. Echelle nationale*

La Semaine du Développement Durable, ou SDD, est une initiative du ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durables (MEDAD). Elle a différents buts :

- informer un large public sur le développement durable, les domaines qu'il recouvre et ses enjeux à travers des actions concrètes.
- soutenir des changements de comportement en expliquant les pratiques à adopter en faveur du développement durable.
- mobiliser le public sur des objectifs nationaux de développement durable.

Elle consiste en une concentration d'activités (forum, expositions, conférences, découvertes..) organisées par des associations, des collectivités locales, des entreprises, des établissements scolaires ou encore des administrations.

Toutes ces activités sont annoncées et regroupées sur le site http://www.ecologie.gouv.fr/sdd/, ainsi que sur les plaquettes propres à chaque région de France. La plaquette de la région Nord-Pas-de-Calais est disponible sur internet : www.nord-pas-de-calais.ecologie.gouv.fr. D'ailleurs, la plaquette de la région Nord-Pas de Calais a désigné notre projet comme un coup de cœur de la semaine.

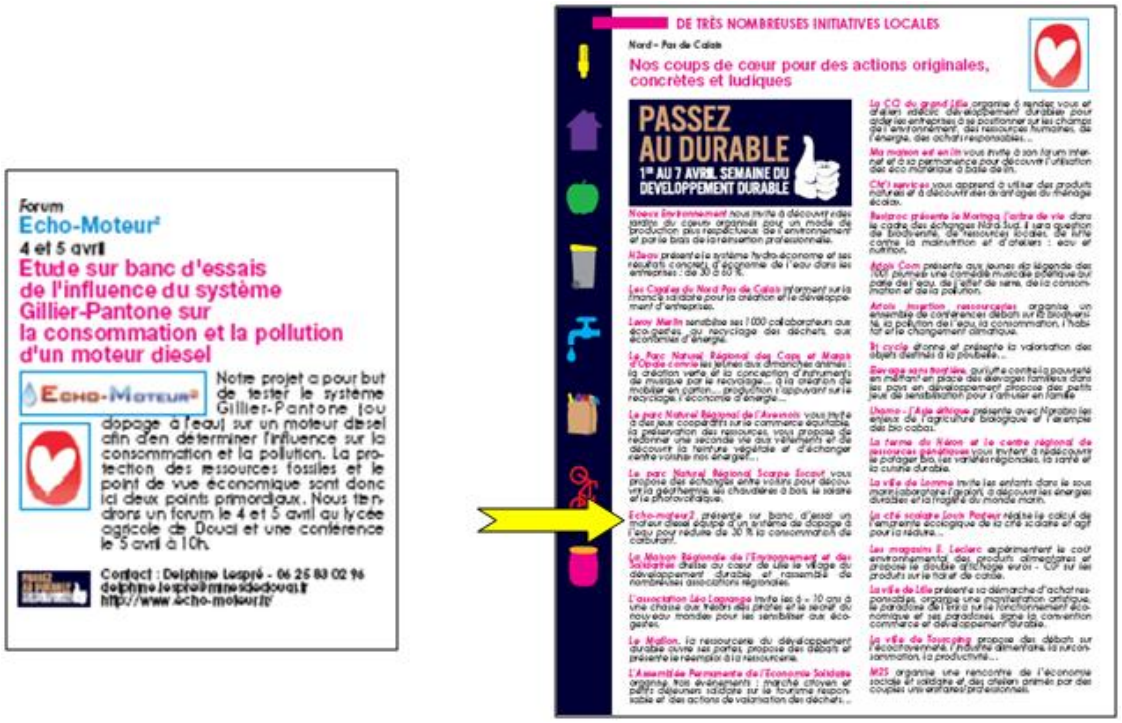



*Figure 11 : Plaquette de la SDD*

L'édition 2007 avait regroupé plus de 1600 participants à travers toute la France. Ce nombre ne cesse d'augmenter d'années en années depuis la première SDD. Pour cette année, le nombre de manifestations a augmenté de près de 60% et la région Nord-Pas-de-Calais se place en seconde position en termes de manifestations.

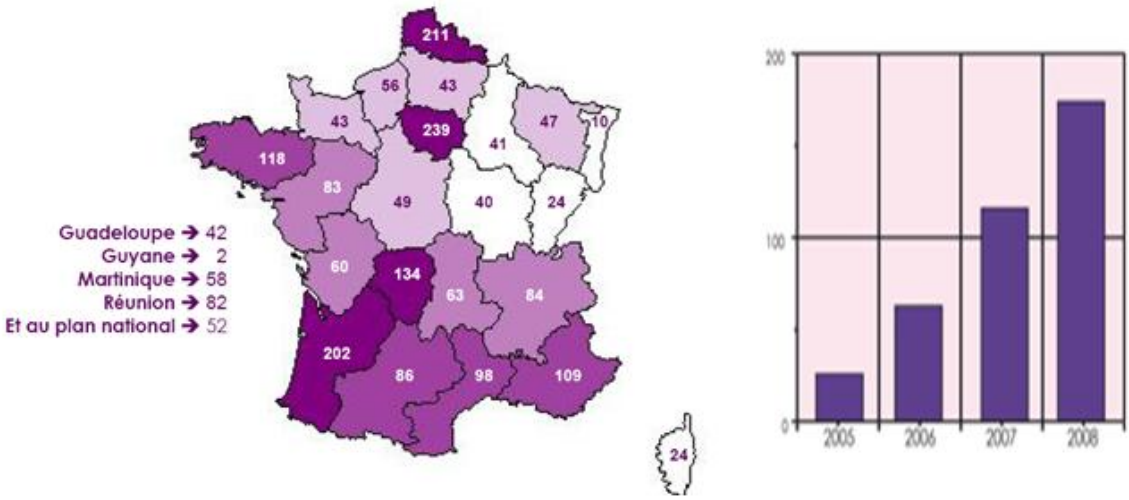



*Figure 12 : Evolution et répartition des manifestations pour la SDD*

#### 1.4.1.2. Echelle locale

Cette année, dans le cadre de la Semaine du Développement Durable, a eu lieu un forum au lycée agricole de Douai-Wagnonville, Ce forum s'est tenu les 4 et 5 avril, et comptait plus de 19 associations participantes. Il fut ponctué par des animations ainsi que des conférences et des débats.

*Figure 13 : Evolution et répartition des manifestations pour la SDD*

### 1.4.2. Notre action

Notre groupe a tenu un stand et donné une conférence très appréciée le samedi 5 avril à 10h. Monsieur Duriez et Monsieur Guillermo ont effectué une intervention pour présenter l'Ecole des Mines et l'intérêt des projets pour ses étudiants.

*Figure 14 : Evolution et répartition des manifestations pour la SDD*

Afin de rendre cette conférence la plus complète possible, nous avons fait intervenir Christophe Martz, responsable du forum Econologie.com, ainsi que le groupe projet précédent, représenté par Benoit Demarle. Nous avons présenté, lors de cette conférence notre système, sans toutefois pouvoir fournir les résultats attendus, les tests n'ayant pas encore été effectués à cette date.

# 2. Nos partenariats

## 2.1. Introduction

Pour un projet typiquement technique, trouver de bons partenaires est nécessaire, mais très difficile. En effet, si nous avons trouvé des personnes intéressées par un partenariat, rare sont celles qui nous ont permis d'obtenir un soutien d'ordre financier. Nous tenons donc ici à spécifier que le travail de recherche de partenaires a bien été effectué, mais que cette recherche n'a pas toujours fructueuse.

## 2.2. Notre démarche

### 2.2.1. Les forums

Nous nous sommes rendus à différents forums dans notre recherche de partenaires :

- Forum du Recrutement du Douaisis (20 septembre 2007)
- Jadde 2007 (15 novembre 2007)
- Forum entreprise de l'Ecole des Mines
- Forum de la Semaine du Développement Durable (26 mars 2008)

Les différents groupes contactés n'ont pas donné suite.

### 2.2.2. Les autres démarchages

Une recherche téléphonique a été effectuée auprès des garages et des concessions de Douai. Nous avons, par ce biais, pu constater que les enseignes associées à de grands groupes nationaux refusaient systématiquement tout type de partenariat, et que les petites enseignes n'étaient pas intéressées.

Nous avons également écrit à la mairie de Douai, au conseil régional et au conseil général du Nord-Pas-de-Calais, mais aucun accord n'a été conclu. Nous sommes toujours en attente d'une réponse de la mairie de Flers en Escrebieux.

Enfin, nous avons effectués des démarchages directs, notamment auprès des imprimeries, mais sans succès. D'autres, comme le CETIM, n'ont pas donné suite à notre entretien.

### 2.2.3. Les partenaires du groupe Echo-Moteur²

#### *2.2.3.1. Le CRITT M2A*

Le CRITT M2A a permis à l'équipe technique d'être soutenu par ses techniciens et a mis à leur disposition un banc d'essais. Il a également fait imprimer les plaquettes créées à l'occasion de la Semaine du Développement Durable.

*Figure 15 : Le logo de notre partenaire et client, le CRITT M2A*

#### 2.2.3.2. *L'Ecole des Mines de Douai*

L'Ecole des Mines de Douai est à l'origine du projet, puisqu'elle inscrit celui-ci dans le cursus de l'élève. Elle a soutenu notre projet financièrement, mais également techniquement, grâce à la collaboration du Centre Commun d'Usinage, le CCU.

*Figure 16 : Le logo de l'Ecole des Mines de Douai*

#### 2.2.3.3. *Le site Econologie.com*

*Figure 17 : Notre partenaire financier et technique, le forum Econologie.com*

Le site econologie.com est notre partenaire financier. Il a été également un atout majeur pour la diffusion de notre démarche et de notre projet en général. Nous pouvons ainsi noter de nombreuses apparitions du groupe dans ses forums sur les systèmes Pantone et également un lien hypertexte envoyant l'internaute sur notre site.

Son webmaster, Christophe Martz, a participé gracieusement à notre conférence donnée lors de la Semaine du Développement Durable, y apportant encore plus de crédit.

#### 2.2.3.4. *L'Union Ecologique de Flers (l'UEF)*

Nous avons contacté l'UEF, en vue d'obtenir un partenariat financier. Malheureusement, un partenariat de ce type n'était pas concevable cette année.

Son président, Alain Fiquet, a par contre entretenu les relations entre notre groupe projet et les organisateurs du forum tenu à l'occasion de la Semaine du Développement Durable. Il a ainsi permis aux membres du groupe projet d'éviter d'être absent à plus de 20h de cours, toutes les réunions se déroulant le jeudi matin.

#### 2.2.3.5. Association des centres sociaux de Douai

L'association des centres sociaux de Douai est représentée par Hervé Notter, qui est en fait l'instigateur du forum de la Semaine du Développement Durable. C'est donc grâce à cette association que nous avons pu obtenir un stand (avec le matériel nécessaire) et également donné notre conférence.

Nous garderons contact avec Monsieur Notter afin de guider efficacement tout prochain projet ouvert de deuxième année pouvant s'inscrire dans la Semaine du Développement Durable.

#### 2.2.3.6. Lycée Edmond LABBE

Le lycée Edmond Labbé a mis à notre disposition ses structures techniques, ce qui nous a permis notamment de construire certains éléments de notre prototype de système Gillier-Pantone.

*Figure 18 : Notre partenaire technique, le lycée Edmond LABBE*

#### 2.2.3.7. Le LCL

Le Crédit Lyonnais est la banque à laquelle est affiliée l'association Echo-Moteur². Elle nous a fourni gratuitement tous les services bancaires nécessaires à la gestion de notre budget.

*Figure 19 : Notre partenaire financier, la banque LCL*

# Echo-Moteur²

# Un projet technique

Etude du système Gillier-Pantone

ECHO-MOTEUR2

# 1. La phase de conception – réalisation

Avant de débuter notre travail de conception, nous avons procédé à une importante phase de prospection d'informations concernant ce principe. Voici donc une synthèse des renseignements que nous avons récoltés.

## 1.1. Recherche bibliographique : le dopage à l'eau ou système Gillier-Pantone

Il existe un grand nombre de montages du principe de dopage à l'eau sur des moteurs diesel. On distingue deux possibilités de réalisations. Parmi celles-ci figurent des montages avec ou sans bulleur, d'autres avec générateur de vapeur, qui ont pu être adaptés sur des machines aussi diverses que des tondeuses, des groupes électrogènes, des tracteurs, des machines agricoles, des voitures, des camions, des bateaux, et même des hélicoptères. En outre, le point commun de ces différents systèmes réside dans une adaptabilité, ne nécessitant pas d'importantes modifications du moteur d'origine.

### 1.1.1. Système avec bulleur

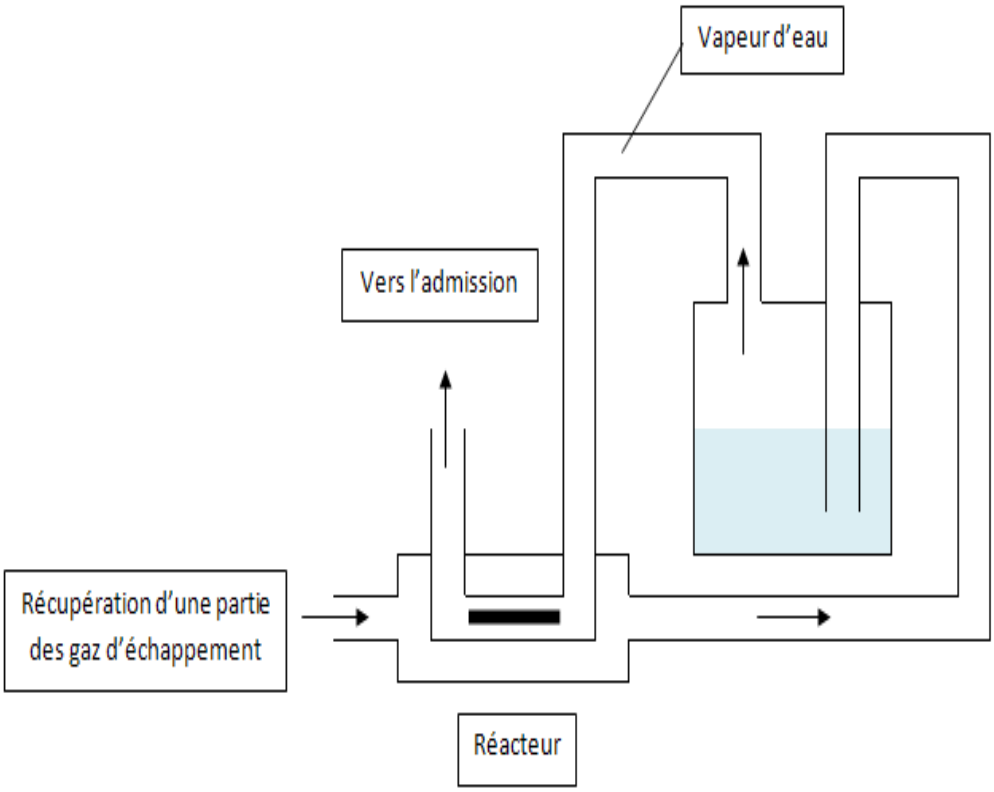



*Figure 20 : Système avec bulleur*

Dans cette configuration, une partie des gaz d'échappements est captée au niveau du collecteur d'échappement, elle est dirigée vers le « bulleur » qui est en fait un réservoir contenant de l'eau. Le contact entre les gaz d'échappement et l'eau, va, par transfert thermique, produire une certaine quantité de vapeur qui sera ensuite dirigée vers le réacteur. Ce mélange est ensuite directement administré dans l'admission du moteur.

### 1.1.2. Système avec Générateur de vapeur

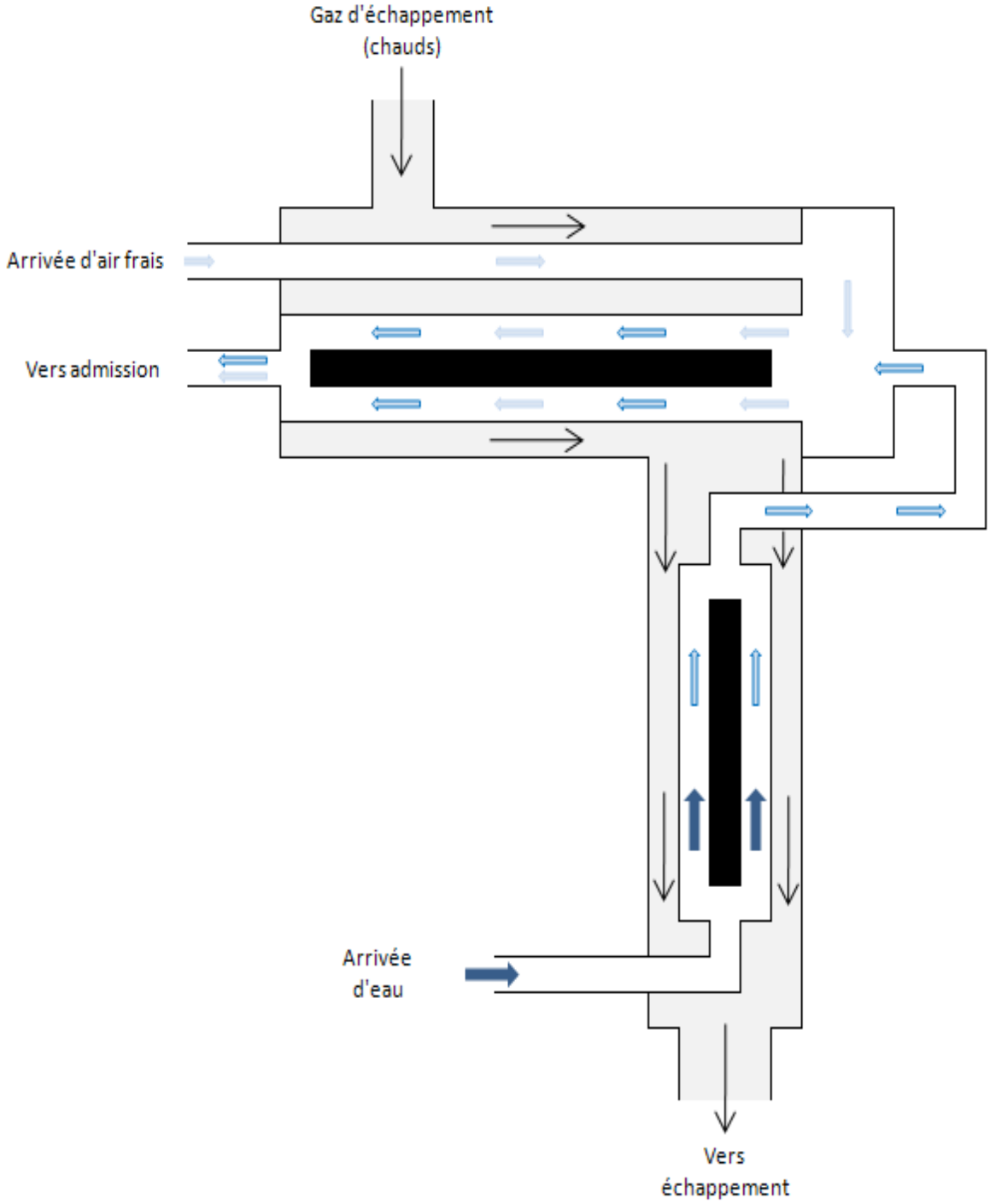



*Figure 21 : Système avec générateur de vapeur*

Dans ce cas, le bulleur est remplacé par un système appelé « générateur de vapeur » qui, comme son nom l'indique a pour vocation de produire de la vapeur d'eau. Ce système est constitué de deux tubes concentriques entre lesquels circule de l'eau qui devient vapeur grâce à la chaleur récupérée des gaz d'échappements. Cette vapeur est ensuite dirigée vers la « chambre mélangeuse » pour être mêlée à de l'air. Le mélange passe ensuite dans le réacteur avant d'être administré dans l'admission du moteur.

### 1.1.3. Analyse comparative des deux configurations

| | Avec bulleur | Avec GV |
|---|---|---|
| **Fonction** | Réservoir et évaporateur | Evaporateur |
| **Gaz échappement / eau** | Contact direct | Transfert thermique |
| **Zone de mélange air / eau** | Au niveau de l'admission | Dans le GV |

*Tableau 3 : Comparaison entre les 2 configurations*

### 1.1.4. Analyse comparative des deux systèmes

Le premier gros avantage de la deuxième version est que la production de vapeur est le résultat d'un simple transfert thermique entre l'eau et les gaz d'échappements. Il n'y pas de contact direct entre la vapeur et les gaz d'échappements et donc pas de gaz déjà brulés renvoyés dans l'admission du moteur, ce qui favorise assurément la combustion.

Le second avantage concerne le temps de réponse du système en fonction de la sollicitation du moteur. Le volume de vapeur créé par unité de temps dépend de la quantité de chaleur, et donc de la quantité de gaz d'échappement, rejetée par unité de temps par le moteur. Ce dernier paramètre dépend en particulier du régime et de la sollicitation du moteur. Puisque le niveau d'eau liquide dans le GV est constant et inférieur au contenu du bulleur, on diminue l'inertie thermique, et par la même occasion le temps de réponse du système.

C'est principalement pour ces deux raisons que nous avons décidé d'étudier un système avec générateur de vapeur.

## 1.2. La phase de conception

Nous avons donc dans un premier temps réalisé bon nombre de recherches afin de définir l'orientation de notre réalisation. Cette étape importante a bien évidemment été faite par le biais d'Internet - et plus particulièrement sur le site econologie.com puisque l'on y retrouve bon nombre d'exemples.

### 1.2.1. Présentation du système de l'association « La Pierre Angulaire

Au cours de nos recherches, nous avons pris connaissance de la réalisation d'un dopage à l'eau dont les résultats apparaissaient plutôt convaincants. En effet, nous avons pris connaissance d'un dossier de presse diffusé par la Commune de Vitry sur Orne (57). Il s'avérait que cette marie, visiblement très impliquée dans la préservation de l'environnement, avait installé un système Giller-Pantone (ou dopage à l'eau) sur un de ses véhicules utilitaires, un Citroën C15 diesel. Un reportage télévisé avait également été diffusé sur le Journal Régional de France 3 à cette occasion.

Cette installation a donc été réalisée en mai 2007 principalement grâce au soutien des Ingénieurs Alexandre GREGOIRE de l'Association La Pierre Angulaire et Christophe MARTZ, webmaster du site econologie.com.

Vous trouverez dans la suite le schéma du montage réalisé par la Mairie de Vitry sur Orne ainsi que les résultats très prometteurs qu'elle a annoncés.

#### *1.2.1.1. Schéma du montage*

Voici donc le schéma de la réalisation de la Mairie de Vitry sur Orne, agrémenté d'annotations explicatives du fonctionnement et de la circulation des différents fluides.

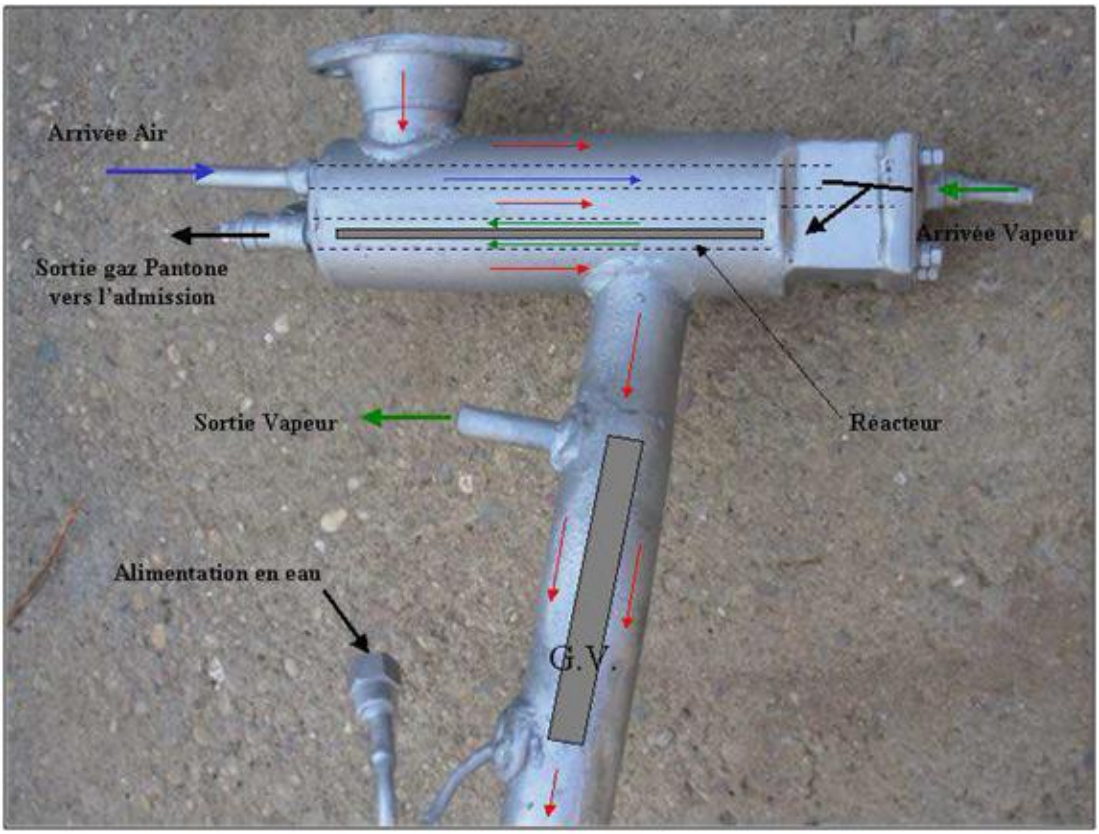



*Figure 22 : Montage de la commune de Vitry sur Orne*

Insistons sur le fait que cette réalisation est le fruit de nombreuses heures de recherches. C'est en quelque sorte une synthèse des nombreuses réalisations de dopage à l'eau établies par des particuliers. Ces nombreuses réalisations sont consultables sur le site www.econologie.com.

#### 1.2.1.2. *Résultats annoncés*

Afin de vérifier l'efficacité du montage ainsi réalisé, des mesures de la consommation et de l'opacité des gaz ont été effectuées.

Après avoir réalisé une centaine de kilomètre avec le véhicule dopé à l'eau, une mesure de l'opacité des gaz d'échappement a été réalisée dans un centre de Contrôle Technique automobile. Ce test a relevé une diminution notable de l'opacité des gaz d'échappement de l'ordre de 80%.

Ensuite, des mesures approximatives de la consommation de gazole (mesure de la distance parcourue avec un plein) ont été réalisées. Après avoir testé le véhicule modifié sur plus de 900 km, la consommation s'établissait à 5,3L/100km, alors qu'elle atteignait initialement une valeur de 8,25L/100km, soit une baisse de près de 36%.

C'est pour ces raisons que nous avons alors souhaité réaliser un montage du même type, voire amélioré. Ceci dans le but d'apporter une étude plus scientifique et concrète, principalement grâce au matériel agréé de haut niveau de notre client, le CRITT M2A.

### 1.2.2. Présentation de nos plans personnels et de nos choix techniques

#### 1.2.2.1. *Phase de conception du système*

Afin d'obtenir de plus amples renseignements quant à la réalisation du montage, nous avons contacté Alexandre GREGOIRE de l'Association La Pierre Angulaire. Nous lui avons présenté les objectifs de notre projet et notre démarche l'a particulièrement intéressé. Il nous a alors très aimablement fourni deux croquis de sa réalisation ainsi que les dimensions et matériaux des différents éléments constitutifs que voici.

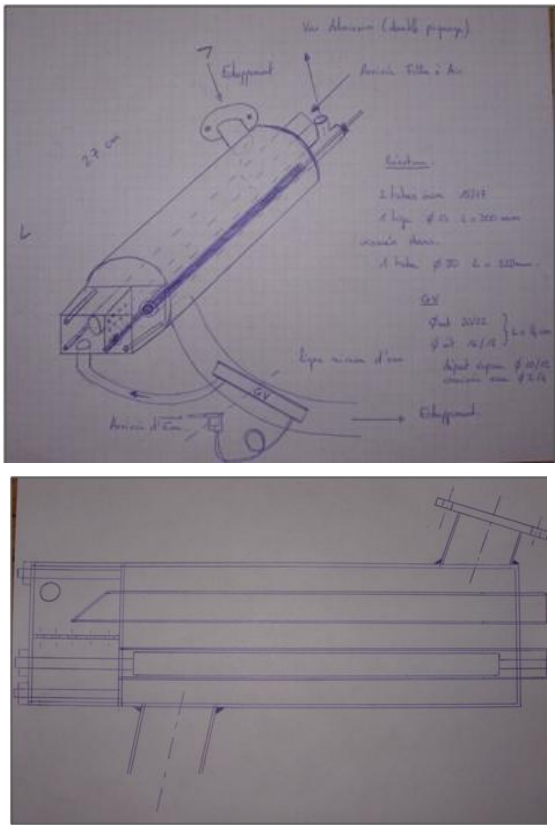


*Figure 23 : Croquis fournis par Alexandre GREGOIRE de l'Association La Pierre Angulaire*

Souhaitant avoir une meilleure vision de son système original, nous avons réalisé l'intégralité du montage sur le logiciel de Dessin Assisté par Ordinateur (DAO) SolidWorks. Depuis déjà plusieurs années, nous avons suivi des cours d'utilisation d'un tel logiciel très performant, utilisé par les entreprises pour la conception virtuelle de pièces et d'assemblages.

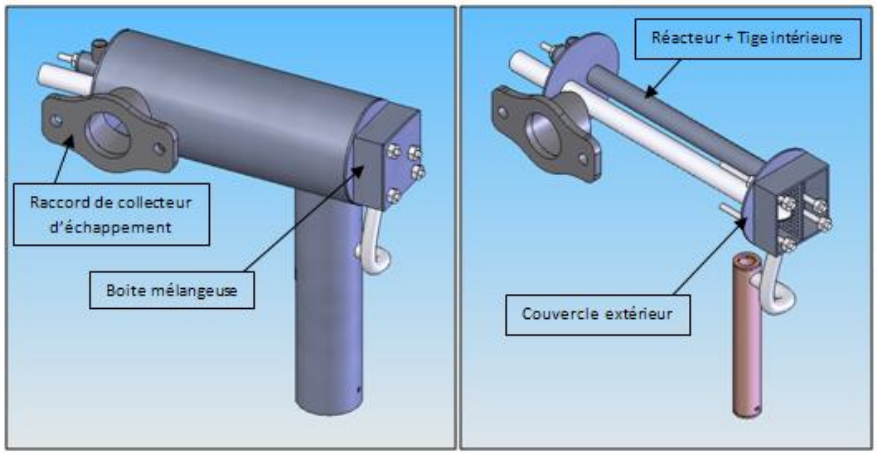



*Figure 24 : Version originale retranscrite sur SolidWorks*

#### 1.2.2.2. Notre système

Cette partie de réalisation nous a permis de nous interroger sur la réalisabilité des différentes pièces du montage et aussi alertés sur la faisabilité. Ainsi, afin de faciliter l'étape de réalisation, nous avons procédé à quelques modifications, avec l'accord ou les conseils de Monsieur GREGOIRE.

Ainsi, dans un premier temps, nous avons ainsi opté pour la réalisation d'une boite mélangeuse, non plus carrée mais ronde. Cela afin de faciliter la soudabilité de celle-ci sur le couvercle extérieur.

Ensuite, il était important que nous puissions inter changer la tige du réacteur. En effet, nous avions projeté de tester le système avec deux tiges de diamètres différents et sans tige. Nous avons donc réalisé un bouchon démontable, permettant d'extraire cette tige une fois l'assemblage terminé. De même, la tige a été conçue en une seule pièce, supprimant l'utilisation de goujons. Nous avons limité ainsi les opérations d'usinages et le nombre de composants. Les tiges ont donc été créées d'une seule pièce, en filetant leurs extrémités.

Puis, il a été lancé l'idée de favoriser au mieux l'écoulement des gaz d'échappement dans le système, afin de limiter le bridage du à son adjonction sur le moteur. D'autant plus que nous étions quasiment exempts de contraintes de place sur le banc d'essais, contrairement à l'adaptabilité sous capot moteur. C'est pourquoi nous avons cherché à rendre le plus linéaire possible le montage. Nous avons alors imposé des angles au niveau du raccord du collecteur d'échappement et de la tubulure d'échappement. Toutefois, cela a relativement compliqué la réalisation technique, nécessitant deux angles importants respectivement de 30 et 60 degrés. Heureusement, le personnel du CCU s'est montré professionnel et la solution envisagée a été réalisée avec succès.

Notons aussi qu'étant donné que le dimensionnement du montage est fonction des caractéristiques du moteur, nous avons comme dit dans la suite, cherché à nous procurer un moteur semblable à celui de la Mairie de Vitry sur Orne. Nous avons ainsi pris possession d'un moteur de Peugeot 205 diesel, identique à celui du Citroën C15D. Plutôt que de réaliser le raccord de collecteur d'échappement à la géométrie difficile, un employé du CRITT M2A nous en a donné un, récupéré sur un même modèle, que nous avons ensuite soudé au montage.

Voici donc la version définitive que nous avons envisagé de réaliser pour la suite du projet.

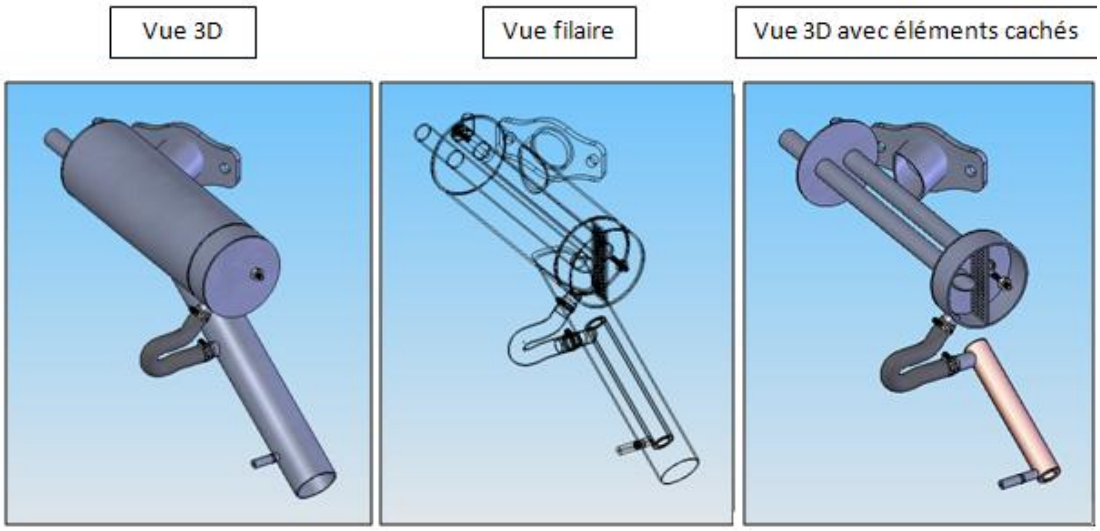



*Figure 25 : Version définitive virtuelle envisagée*

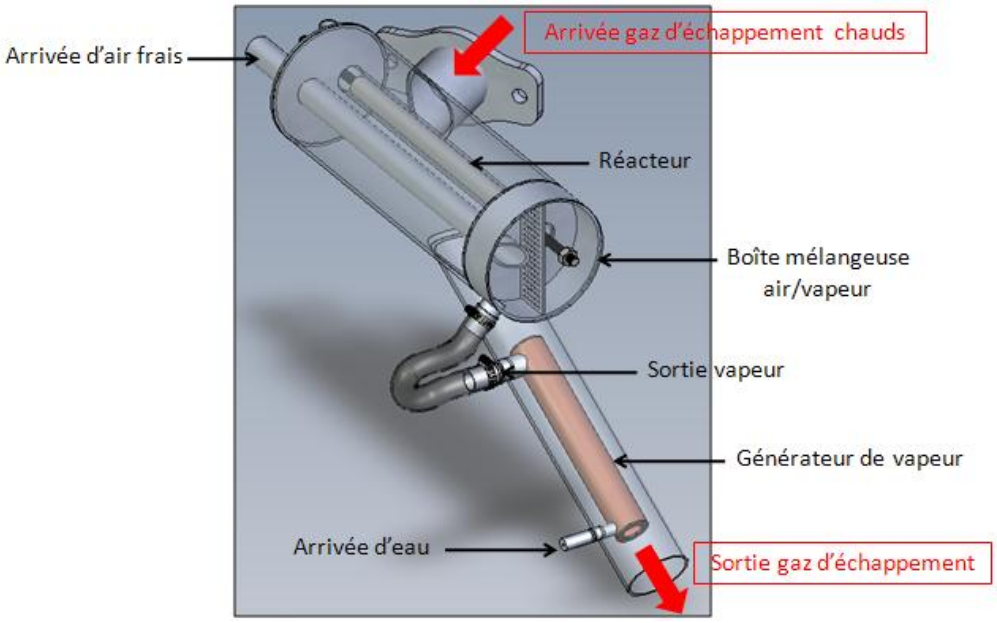



*Figure 26 : Fonctionnement de notre système*

Nous allons, dans la partie suivante, vous détailler les solutions techniques que nous avons retenues pour répondre aux divers soucis à prendre en compte lors de la conception.

### 1.2.3. Solutions techniques retenues

Le système Gillier-Pantone, que nous avons conçu, peut être vu comme un ensemble d'éléments, répondant à des besoins techniques précis. Ce sont ces points que nous allons développer dans cette partie

#### *1.2.3.1. Conduire les gaz d'échappement*

La récupération de la chaleur des gaz d'échappement nécessite la mise en place d'un circuit spécifique. Il doit guider la circulation des gaz d'échappement, tout en limitant les transferts de chaleur vers l'extérieur.

La solution retenue est l'utilisation de tubes de différents diamètres, en acier inoxydable, un matériau disposant du meilleur rapport isolation thermique / prix.

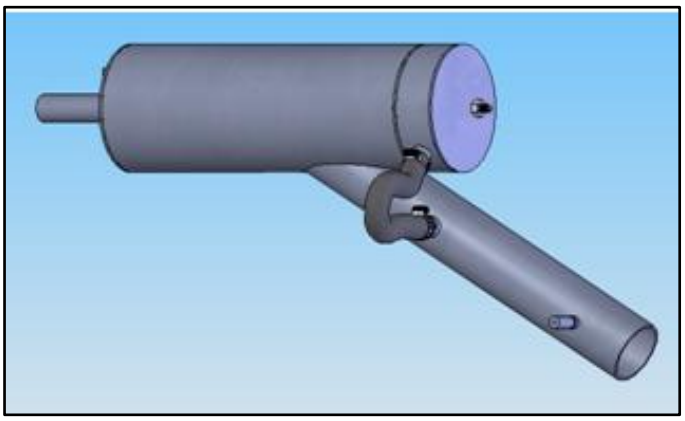


*Figure 27 : La tubulure d'échappement*

#### *1.2.3.2. Obtenir des flux homogènes*

La récupération de la chaleur, pour être optimale, doit être le siège de flux homogènes.

La solution technique retenue porte sur les formes circulaires que possèdent la plupart des éléments.

#### *1.2.3.3. Limiter le bridage*

Le risque le plus commun, lors du détournement du trajet des gaz d'échappement, réside dans le fait que le moteur a plus de difficultés pour expulser ces gaz brûlés. Cette gêne se traduit par un effet de bridage, qui nuit aux performances du moteur.

Pour limiter cet effet, et donc pour perturber au minimum le trajet des gaz, la solution technique retenue a été de donner au système une forme linéaire.

#### *1.2.3.4. Produire de la vapeur*

Le système Gillier-Pantone étant un système de production de vapeur, la partie créant la vapeur d'eau est primordiale. Outre cette fonction, elle ne doit également pas gêner de manière excessive le passage des gaz d'échappement.

La solution technique retenue est la réalisation d'un petit réservoir, contenant en permanence quelques millilitres d'eau, constitué de tubes concentriques. La surface de contact avec les gaz d'échappement est importante, alors que l'épaisseur de l'ensemble, de 3 millimètres, ne crée pas de turbulences pour les gaz. Le matériau retenu est le cuivre qui, derrière l'argent et le diamant, inenvisageables financièrement, possède la meilleure conduction thermique.

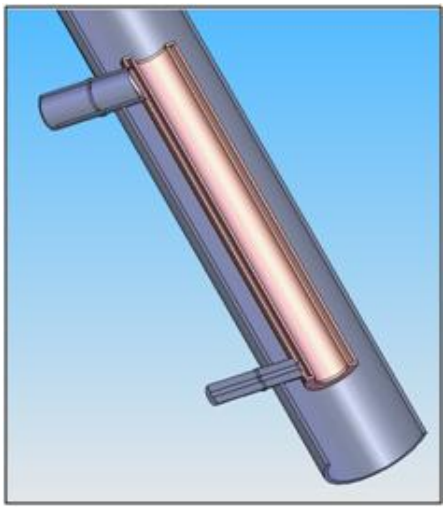


*Figure 28 : Le générateur de vapeur*

#### *1.2.3.5. Conserver un niveau d'eau constant dans le système*

Un système de régulation simple du niveau de l'eau dans le générateur de vapeur a été mis en place, afin d'éviter la contrainte du remplissage trop fréquent du réservoir interne du système. Néanmoins, il fallait également prévenir tout risque de voir le système se remplir d'eau, et ainsi noyer le moteur.

Si nous avons dans un premier temps réfléchi à la conception d'un système de cuve à niveau constant, avec la réalisation d'un flotteur oscillant, nous avons constaté que l'extrême précision qu'il nécessitait, en particulier pour assurer l'étanchéité, rendait le système trop peu fiable. La solution technique retenue a donc été trouvée dans une animalerie. Il s'agit d'un abreuvoir pour chiens et chats, qui présentait également un coût très réduit.

*Figure 29 : La cuve à niveau constant*

#### 1.2.3.6. Mettre en place une arrivée d'air supplémentaire

Une arrivée d'air a été réalisée sur notre système. Cet air frais supplémentaire, chargé en dioxygène, permet au moteur de brûler de manière plus complète le carburant.

La solution technique retenue est donc l'ajout d'un tube en acier inoxydable, qui permet de réchauffer l'air, et a fortiori de ne pas trop refroidir la vapeur. Ce réchauffement est volontairement limité, puisque l'air chaud possède un volume molaire plus important, et donc une concentration volumique en dioxygène plus faible.

#### 1.2.3.7. Assurer le mélange entre l'air et la vapeur

La production d'un mélange d'air et de vapeur d'eau doit être accompagnée d'une bonne homogénéité de celui-ci.

La solution technique retenue est l'usinage d'une chambre dite mélangeuse, en deux parties, séparées par une cloison percée. La première partie reçoit les deux gaz, qui se mélangent, traversent ensuite la paroi, et sont alors prêts pour traverser la dernière partie du système.

#### 1.2.3.8. Conduire le mélange à l'admission d'air

Elément déterminant du procédé Pantone, le circuit du mélange d'air et de vapeur d'eau traverse enfin le réacteur. De nombreuses théories ont été développées sur les transformations mises en jeu dans cette partie du système, mais aucune n'a pour le moment été prouvée scientifiquement. Néanmoins, l'hypothèse la plus crédible concerne une ionisation partielle de la vapeur d'eau. Les frottements sur les parois, rendus possible par le faible espace disponible pour le passage du mélange, arracheraient des électrons.

La solution technique retenue est donc un réacteur formé d'une tige et d'un tube concentriques. L'acier inoxydable est de nouveau utilisé pour la limitation du transfert thermique.

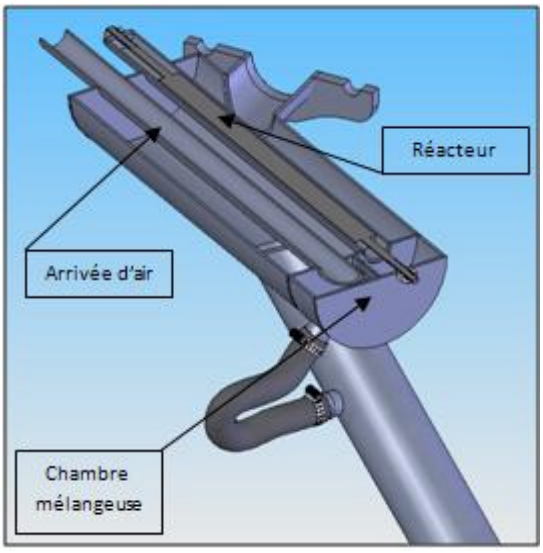



*Figure 30 : Mise en évidence de l'arrivée d'air, de la chambre mélangeuse, et du réacteur*

## 1.3. Phase de réalisation

### 1.3.1. Rappel des lieux d'usinage

La réalisation concrète de notre projet a nécessité divers types de matériaux et usinages, qui ont donc été réalisés chez plusieurs de nos partenaires. Les voici, dans l'ordre chronologique de leur intervention.

#### *1.3.1.1. Le CCU*

Le CCU, ou Centre Commun d'Usinages de l'Ecole, a été le premier partenaire avec qui nous avons été en contact pour la réalisation du système. Avec l'aide de Richard METHNER, nous avons revu les plans de notre système, de manière à faciliter, voire à rendre possible, sa réalisation. Certaines de nos dimensions ont reçu quelques modifications, en particulier certains diamètres de tubes, afin de pouvoir se servir de pièces disponibles directement à l'achat.

Le CCU a, en outre, proposé les services de ses techniciens, ainsi que le matériel nécessaire pour les activités de perçage, de découpage, et de soudage. C'est, enfin, auprès du CCU que la majeure partie de la matière brute a été commandée.

#### *1.3.1.2. Le lycée Edmond LABBE*

Le lycée Edmond LABBE possède des tours à commande numérique, qui permettent d'usiner des pièces cylindriques de manière précise. Cette précision était nécessaire, dans la mesure où nous recherchions une étanchéité parfaite, afin d'avoir les mesures les plus fiables possible. Professeur dans cet établissement, Monsieur KASPERSKY nous a proposé son aide pour la réalisation d'une pièce de notre cuve à niveau constant.

#### *1.3.1.3. Le CRITT M2A*

Disposant également d'un atelier, le CRITT M2A nous a permis d'effectuer les derniers ajustements nécessaires, pour finaliser l'adaptation du système sur le moteur. Nous y avons rallongé les différentes pipes, afin d'assurer la compatibilité entre notre montage et les flexibles, dont la résistance aux hautes températures était limitée.

### 1.3.2. Le suivi des différents stades de l'assemblage

L'assemblage a donc débuté au CCU. La majeure partie du montage y a en outre été réalisée.

*Figure 31 : assemblage du générateur de vapeur*

*Figure 32 : Système en cours de réalisation*

*Figure 33 : Système assemblé*

La pièce, permettant de relier la cuve à niveau constant à un flexible, a été réalisée au lycée Edmond LABBE.

*Figure 34 : Pièce rajoutée sur la cuve à niveau constant*

Enfin, l'ensemble a pris place sur notre moteur, lui-même déposé sur le banc d'essais, au CRITT M2A. Les derniers ajustements y ont été usinés.

*Figure 35 : Système adapté sur notre moteur*

# 2. La phase de tests

## 2.1. Présentation et description de notre moteur

Le système Gillier-Pantone se greffant directement sur les motorisations diesel, nous nous sommes efforcés de trouver un véhicule dès la validation du projet. Après quelques rencontres avec des particuliers, nous nous sommes finalement procurés auprès du garage France Dépannage, situé à Calais. Cette solution nous évitait par la même occasion la laborieuse opération de dépose du moteur.

Il s'agit donc d'un moteur issu d'une Peugeot 205, de type XUD7. Ayant équipé une large gamme de véhicules PSA, il développe une puissance de 60 chevaux, pour une cylindrée de 1.8 litres, et a déjà parcouru plus de 190 000 kilomètres. Moteur d'ancienne génération, et ne disposant donc pas de gestion électronique, il ne comporte pas non plus de turbocompresseur. Il correspond donc parfaitement à notre cahier des charges.

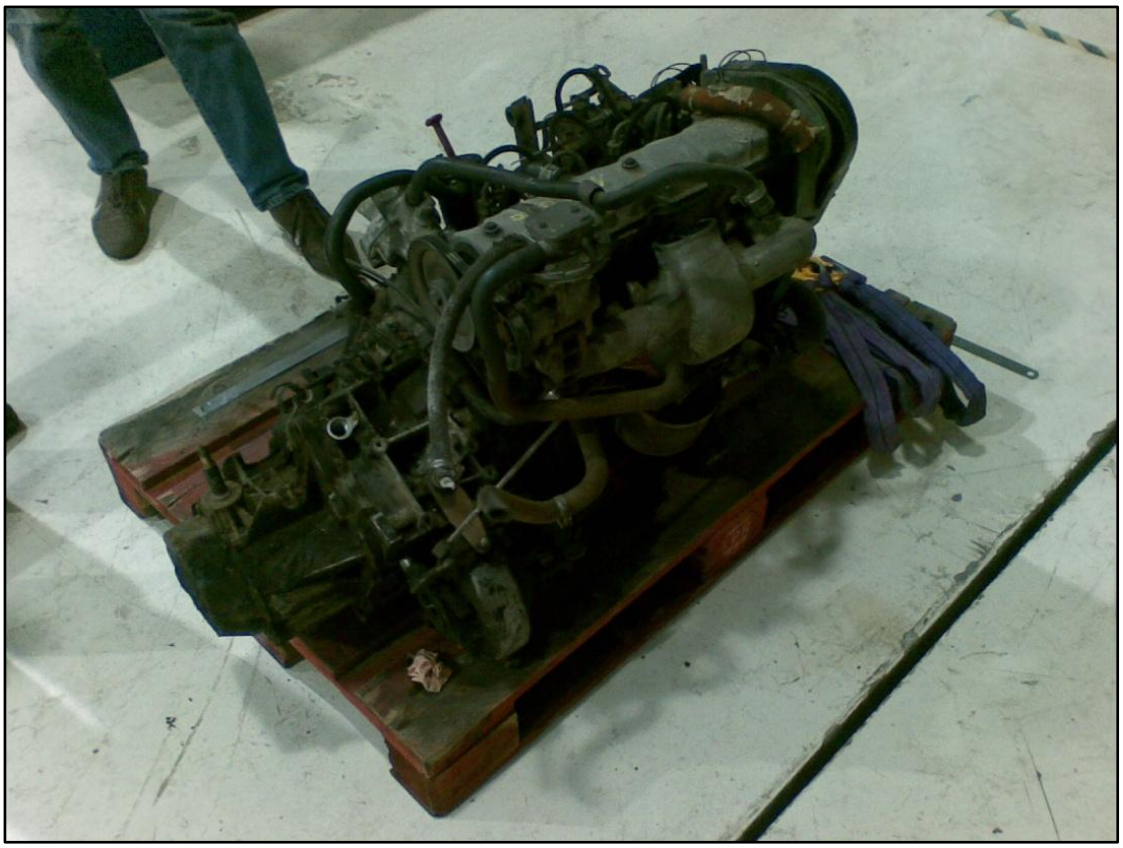


*Figure 36 : Le moteur XUD7*

## 2.2. Présentation et description de notre banc d'essais

Afin d'obtenir des résultats solides, notre moteur modifié a été testé sur un banc d'essais certifié, qui nous a été prêté par le CRITT M2A. Il s'agit du banc Arpège, qui développe une puissance maximale de 220 kilowatts, et peut appliquer un couple maximal sur le moteur d'une valeur de 500 N.m. Bien qu'il puisse donner à tout moment la plupart des paramètres primordiaux pour un moteur, comme la puissance développée, le régime moteur, ou encore la consommation de carburant, il ne dispose pas de baie d'analyse des gaz.

*Figure 37 : Le banc Arpège*

## 2.3. Présentation et description de notre protocole de tests

Pour avoir des résultats exploitables, il était nécessaire d'établir un protocole de tests précis, afin de savoir ce que nous cherchions à démontrer, ou au contraire à infirmer.

Trois paramètres principaux régissent le fonctionnement du moteur. Il y a le régime du moteur, le couple développé, ainsi que le débit de la pompe à injection. Cette dernière grandeur, gérée par la tension du câble d'accélérateur, sera appelée par la suite « sollicitation du moteur ». Elle est adimensionnelle, et se présente sous la forme d'un pourcentage. Il s'agit du rapport entre le travail fourni par le moteur à un certain régime, sur le travail maximal que peut fournir le moteur à ce régime.

| PHASES DE TESTS | DESCRIPTIF GENERAL | BUT DU TEST |
|---|---|---|
| PHASE 1 | Cartographie du moteur sans système | Témoin / Base comparative |
| PHASE 2 | Cartographie du moteur avec système non raccordé à l'admission | Effet bridage sur l'échappement |
| PHASE 3 | Cartographie du moteur avec système raccordé à l'admission | Effet du système |
| PHASE 4 | Cartographie du moteur sans système | Décrassage ? |

*Tableau 4 : Récapitulatif des essais principaux à effectuer*

| OPTIONS | DESCRIPTION DU TEST | METHODOLOGIE |
|---|---|---|
| Option 1 | Test pH | Acide / Neutre / Basique |
| Option 2 | Tige | Présence ou non / Différents diamètres de tige |
| Option 3 | Tige magnétisée | Magnétisation de la tige |

*Tableau 5 : Récapitulatif des essais optionnels à effectuer*

Un test sur banc d'essais se prépare de la façon suivante : l'utilisateur impose deux des paramètres décrits précédemment, qui seront fixés pour la durée du test. De son côté, le banc agit sur le paramètre restant, afin de réaliser les deux conditions précédentes. C'est le paramètre dont on va étudier l'évolution au cours du temps.

Nous avons choisi, pour l'ensemble de nos tests, d'imposer le régime du moteur et le couple, et de regarder l'évolution de la sollicitation. Cette configuration présentait plusieurs avantages. Elle était celle qui nous offrait le plus de stabilité, et elle permettait surtout d'imposer la puissance développée par le moteur, ce qui avait le mérite de rendre possible la comparaison directe entre les consommations de carburant.

Son seul inconvénient réside dans le fait qu'elle est un peu moins compréhensible au premier abord. En effet, il faut comprendre la logique inversée de ce type de courbes : une courbe plus élevée, qui présente des valeurs de sollicitation plus importantes, est le signe que le moteur est plus proche de ses performances maximales, et qu'il peine donc plus pour satisfaire les deux conditions imposées. Inversement, une courbe plus basse signifie que le moteur satisfait les conditions plus facilement, et qu'il dispose d'une marge plus importante s'il doit entraîner des charges plus conséquentes.

Néanmoins, en raison de certaines situations que nous avons rencontrées au cours des tests, nous avons du revoir quelques configurations, en ayant toujours pour but de pouvoir établir des bases de comparaison.

## 2.4. Présentation des résultats obtenus

### 2.4.1. Première phase

Afin de connaître les performances initiales du moteur, nous avons testé en première phase une configuration sans ajouter le système, avec un couple constant de 50 N.m, et des régimes de moteur de 1500, 2000 et 2500 tours par minute.

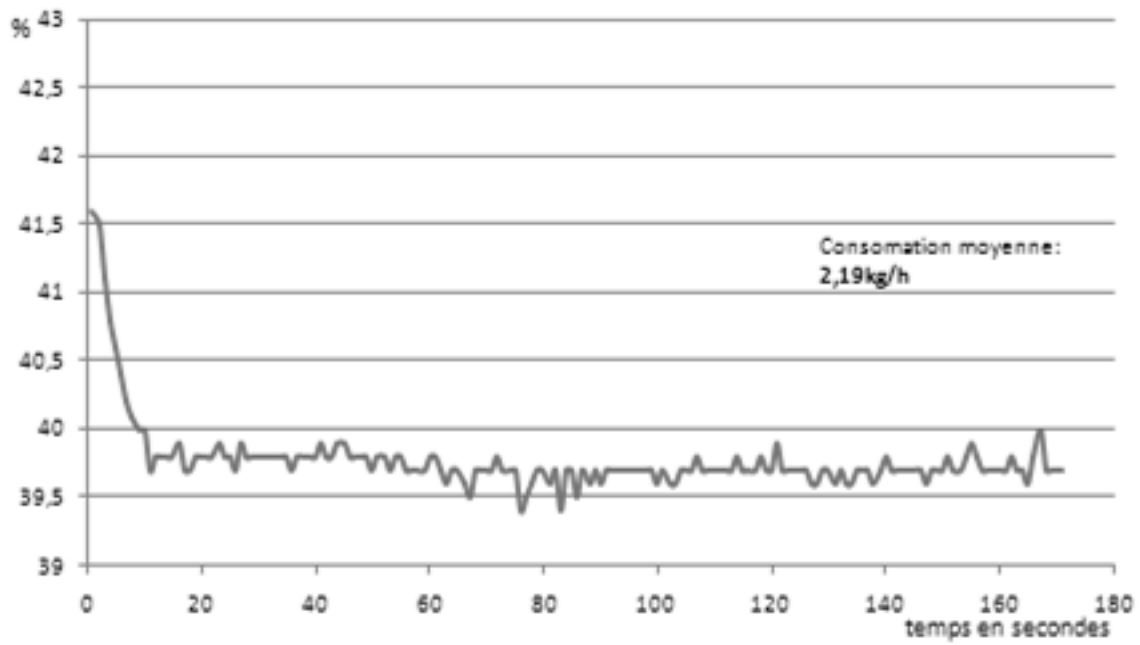



*Figure 38 : Evolution de la sollicitation du moteur au cours du temps, à un régime de 1500 tours/minute et un couple de 50 N.m*

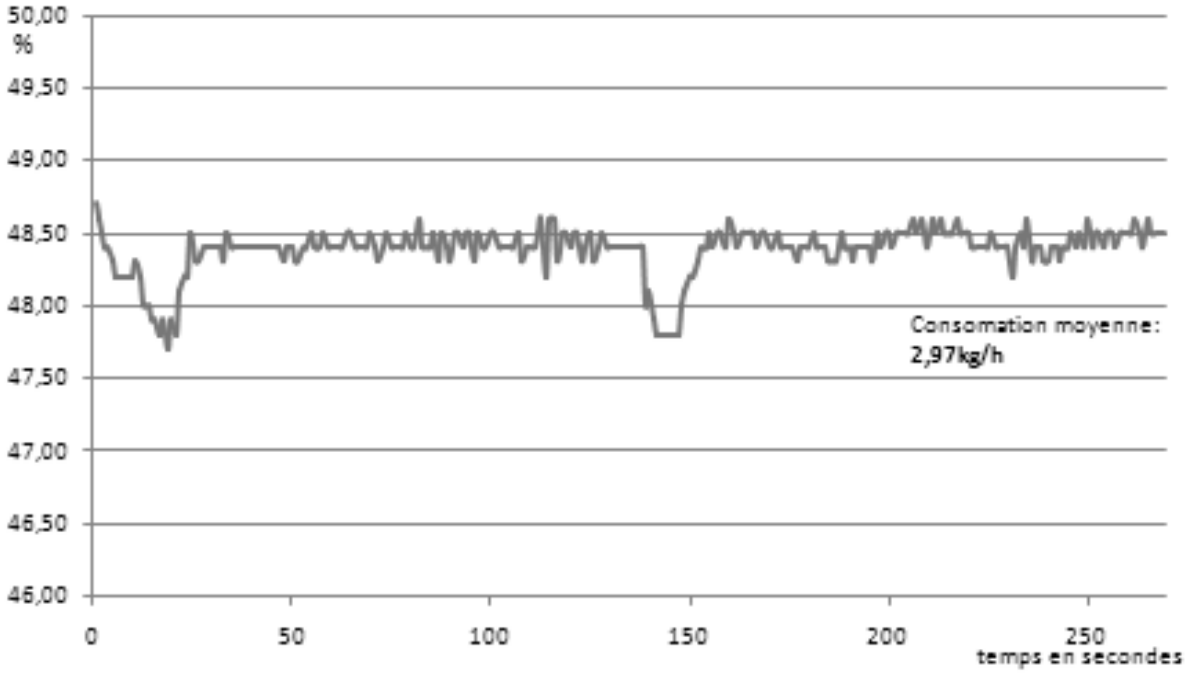



*Figure 39 : Evolution de la sollicitation du moteur au cours du temps, à un régime de 2000 tours/minute et un couple de 50 N.m*

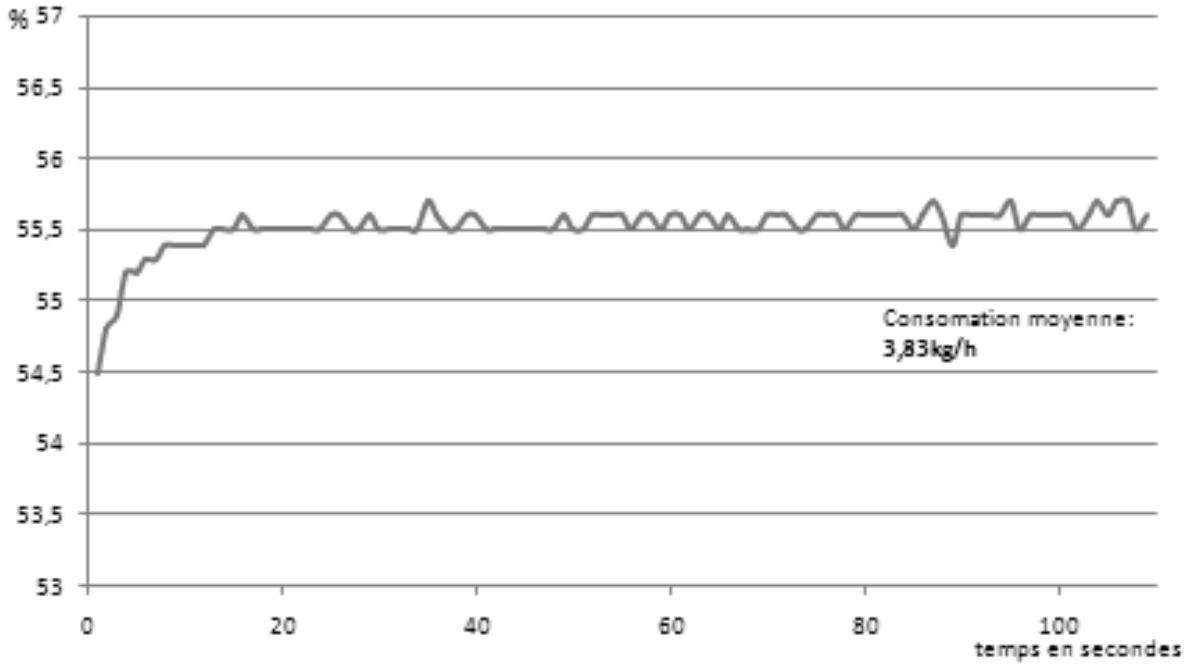



*Figure 40 : Evolution de la sollicitation du moteur au cours du temps, à un régime de 2500 tours/minute et un couple de 50 N.m*

### 2.4.2. Deuxième phase

Pour la deuxième phase des essais, nous avons reproduit ces mêmes configurations, en y rajoutant le système, mais sans produire de vapeur. Cette phase servait avant tout à quantifier le bridage que pouvait engendrer notre système de dopage à l'eau.

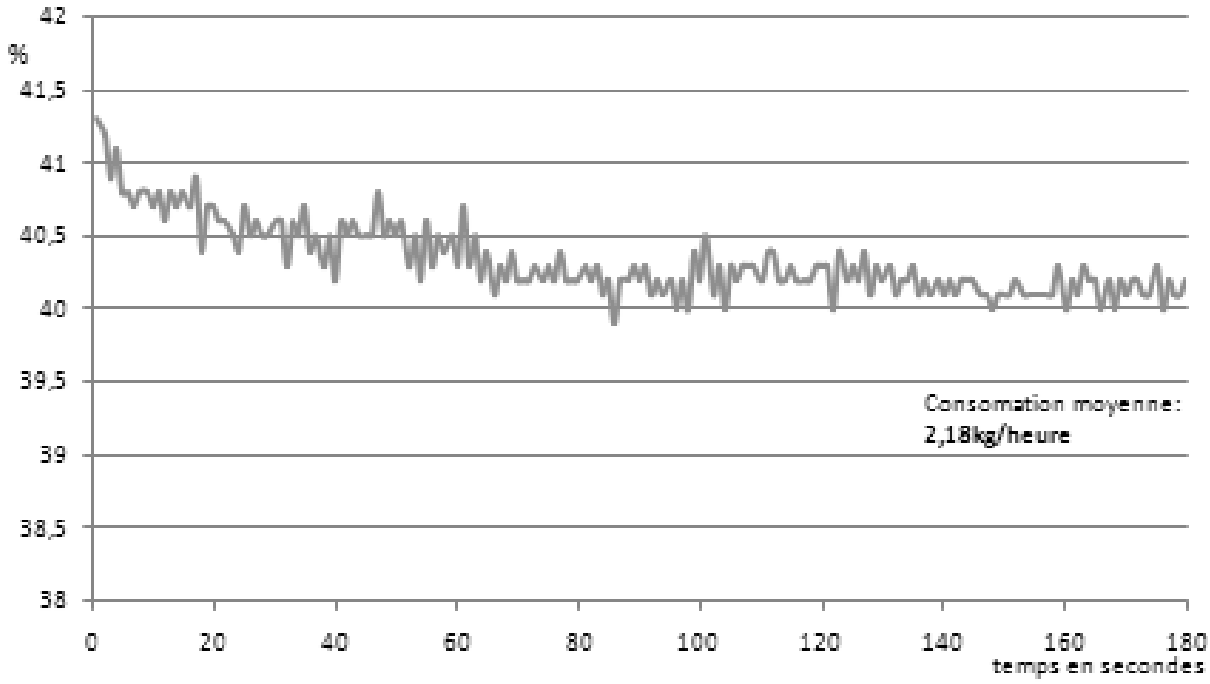



*Figure 41 : Evolution de la sollicitation du moteur au cours du temps, à un régime de 1500 tours/minute et un couple de 50 N.m*

*Figure 42 : Evolution de la sollicitation du moteur au cours du temps, à un régime de 2000 tours/minute et un couple de 50 N.m*

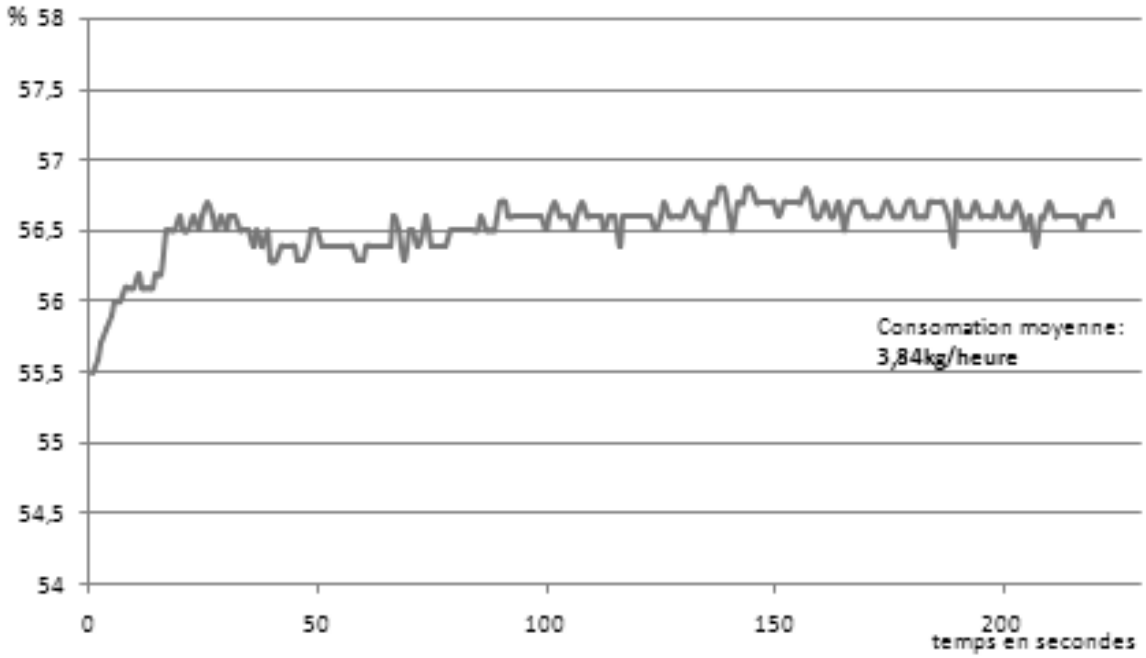



*Figure 43 : Evolution de la sollicitation du moteur au cours du temps, à un régime de 2500 tours/minute et un couple de 50 N.m*

Nous constatons que les valeurs de sollicitation ont une tendance très légère à augmenter, ce qui était prévisible, dans la mesure où l'ajout du système rend un peu plus tortueux le trajet des gaz d'échappement. Suivant la configuration utilisée, nous obtenons des variations de consommation nettement inférieures à 1%. La précision du banc d'essais, en termes de consommation, étant de 2%, on peut donc dire que le bridage engendré influe de manière négligeable sur les performances du moteur.

### 2.4.3. Troisième phase

La troisième phase des essais correspondait à l'évaluation concrète de l'influence de l'injection de la vapeur d'eau dans l'admission du moteur. Plusieurs problèmes sont alors apparus. Tout d'abord, nous avons constaté que les configurations que nous avions établies ne correspondaient pas avec la fenêtre de fonctionnement du générateur de vapeur. La production de vapeur était inexistante à 1500 tours par minute, et vraiment très faible à 2000. Il fallait donc augmenter la sollicitation du moteur, mais sans chercher à utiliser un régime trop élevé, afin de rester dans la plage optimale d'utilisation du moteur. Nous avons donc décidé, pour la suite des opérations, d'effectuer les tests à 2500 tours par minute, mais en prenant des valeurs de couple de 50, 70 et 80 N.m.

La tige trop grosse dans le réacteur y a fait grimper la pression, suffisamment pour que nous rencontrions notre second problème. L'effet d'aspiration du moteur n'étant pas assez important, la vapeur d'eau avait une tendance marquée à s'échapper par la voie d'arrivée d'air de notre système, et ne se dirigeait donc pas vers l'admission. Nous avons corrigé ce problème en plaçant un bouchon sur cette entrée.

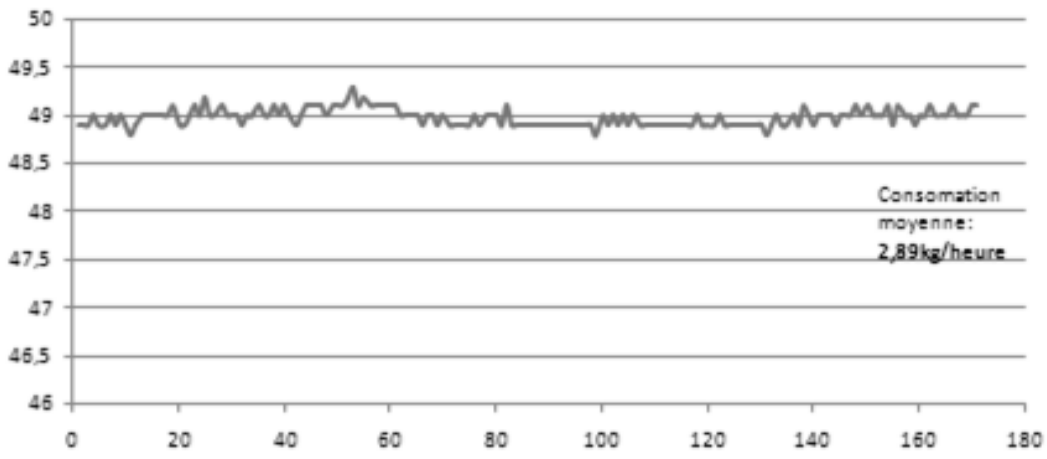



*Figure 44 : Evolution de la sollicitation du moteur au cours du temps, à un régime de 2000 tours/minute et un couple de 50 N.m, système enclenché, avec bouchon*

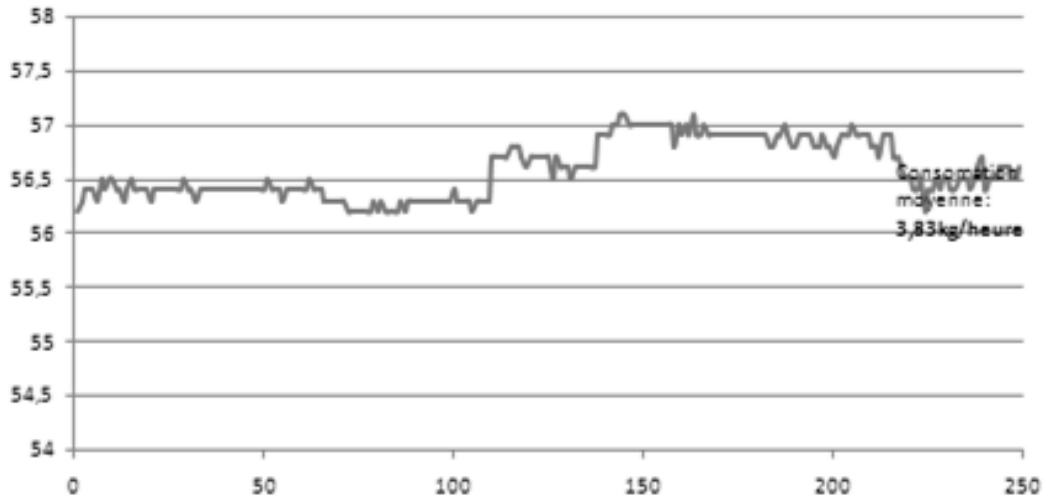



*Figure 45 : Evolution de la sollicitation du moteur au cours du temps, à un régime de 2500 tours/minute et un couple de 50 N.m, système enclenché, avec bouchon*

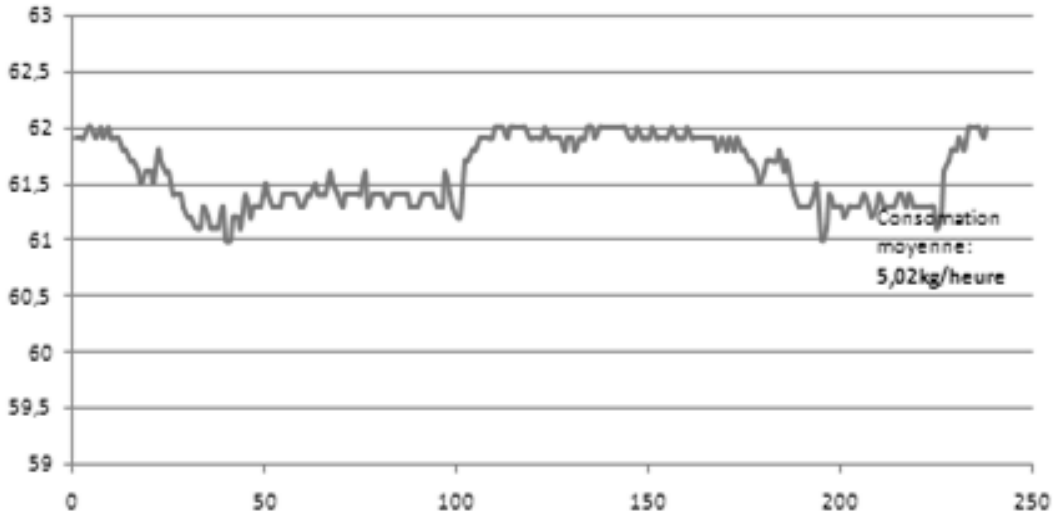



*Figure 46 : Evolution de la sollicitation du moteur au cours du temps, à un régime de 2500 tours/minute et un couple de 70 N.m, système enclenché, avec bouchon*

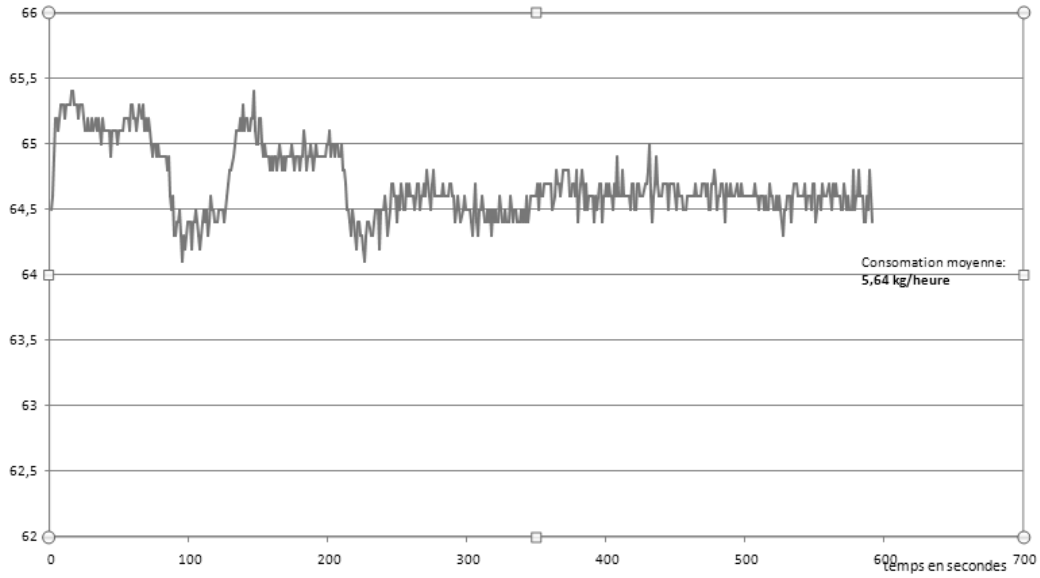



*Figure 47 : Evolution de la sollicitation du moteur au cours du temps, à un régime de 2500 tours/minute et un couple de 80 N.m, système enclenché, avec bouchon*

Seules les deux premières courbes peuvent faire l'objet d'une comparaison. On constate alors une évolution de la consommation de respectivement 1 et 0.8%.

Les deux configurations suivantes ont été réalisées pour pouvoir être comparées par la suite. Elles permettront d'évaluer les performances du moteur, lorsqu'il est alimenté par une quantité significative de vapeur.

### 2.4.4. Quatrième phase

Le but de la quatrième phase était de vérifier l'hypothèse, selon laquelle le système de dopage à l'eau permettait un décalaminage du moteur. Le système a donc été déconnecté du moteur, et nous avons refait les tests dans les conditions de la première phase.

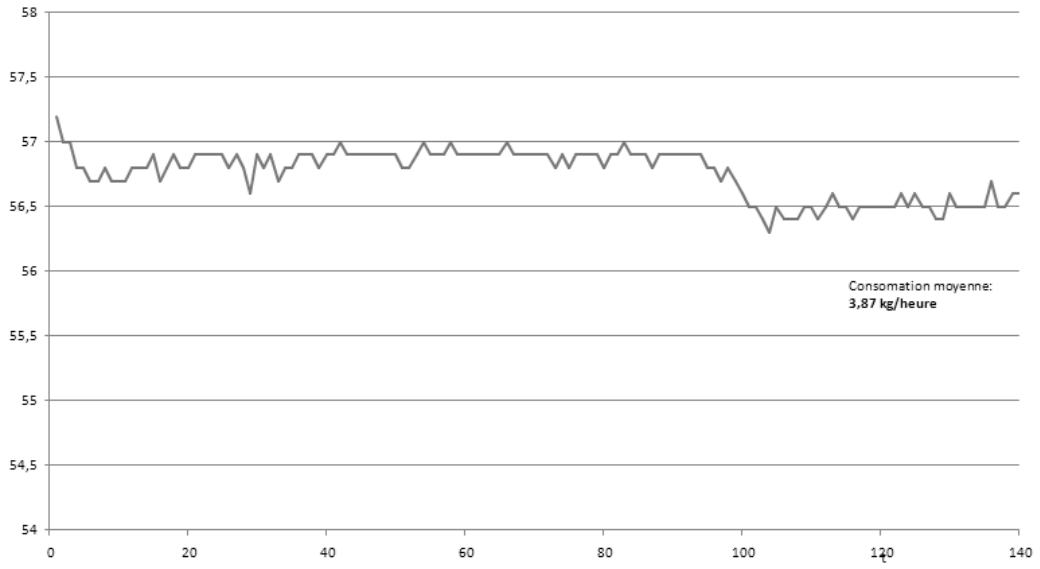



*Figure 48 : Evolution de la sollicitation du moteur au cours du temps, à un régime de 2500 tours/minute et un couple de 50 N.m, test du décalaminage*

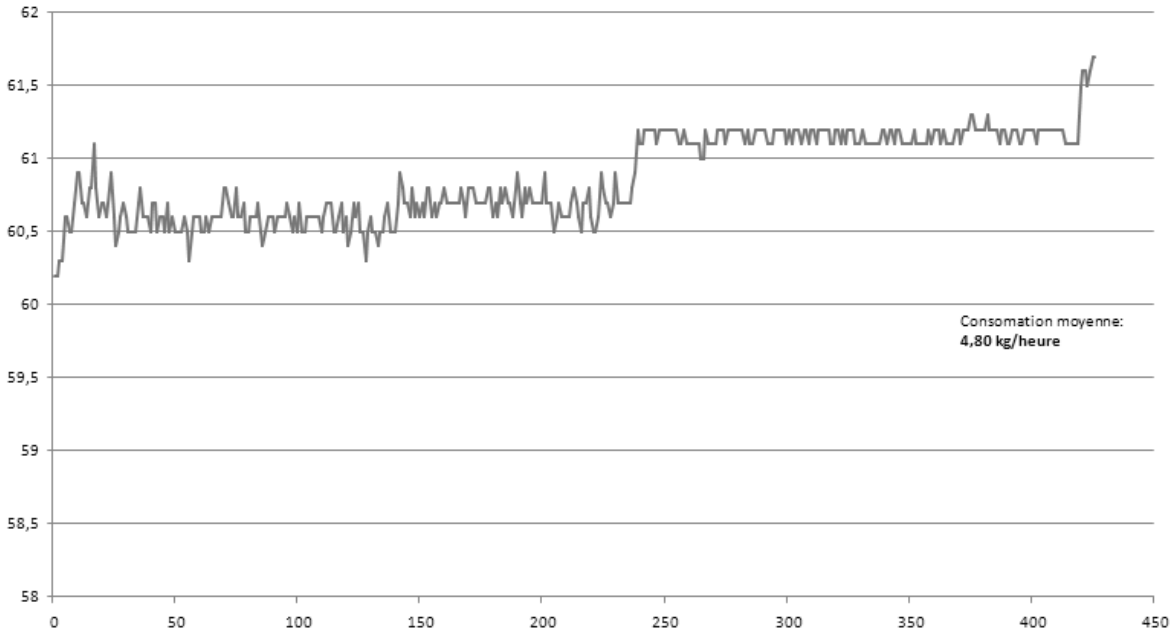



*Figure 49 : Evolution de la sollicitation du moteur au cours du temps, à un régime de 2500 tours/minute et un couple de 70 N.m, test du décalaminage*

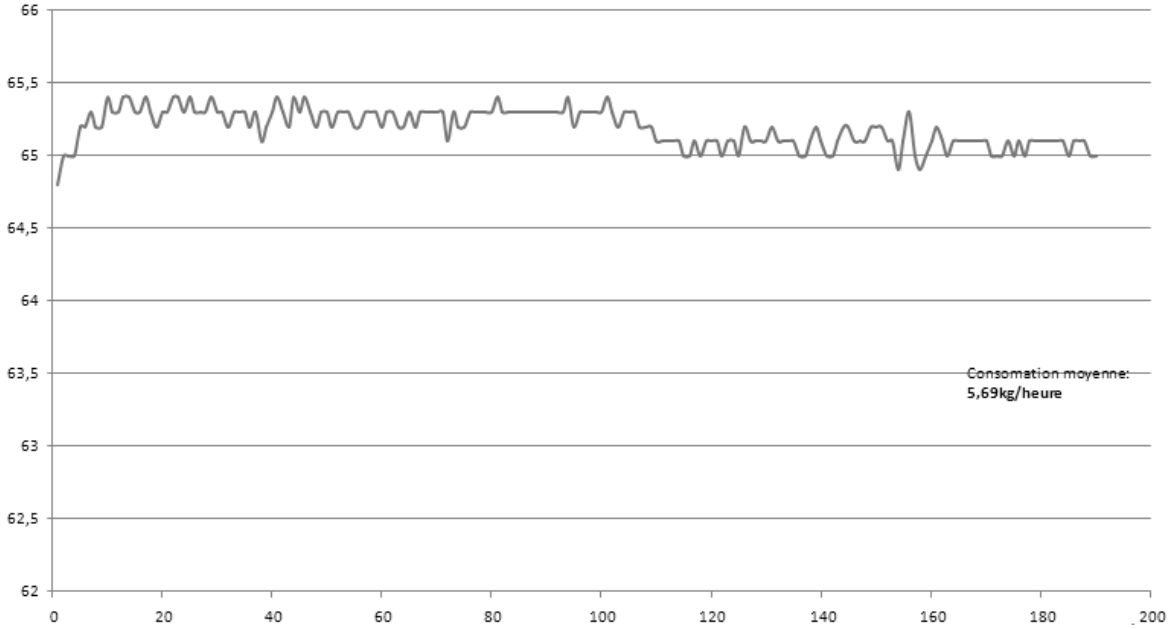



*Figure 50 : Evolution de la sollicitation du moteur au cours du temps, à un régime de 2500 tours/minute et un couple de 80 N.m, test du décalaminage*

L'hypothèse était la suivante : les performances du moteur n'étaient pas améliorées par l'injection même de la vapeur, mais plutôt par l'effet décalaminant de celle-ci. Et c'est donc, une fois le système retiré, que l'influence bénéfique du système aurait été mise en évidence. Mais les résultats que nous avons obtenus ne soutiennent pas cette hypothèse. La première courbe, que l'on peut comparer avec celle de la phase 1, montre en effet une évolution de la consommation nulle. Nous avons donc poursuivi les essais avec les autres configurations, qui ont donc servi de base comparative. Nous avons donc constaté, par rapport à la phase 3, des écarts de consommations respectifs de 1,  4 et 1%.

### 2.4.5. Cinquième phase

La cinquième phase de ces tests correspondait à la reprise des conditions de la troisième phase des tests, avec pour principal changement le remplacement de la tige du réacteur par une autre tige de diamètre inférieur. Nous avons constaté cette fois que le bouchon sur l'arrivée d'air n'était plus nécessaire.

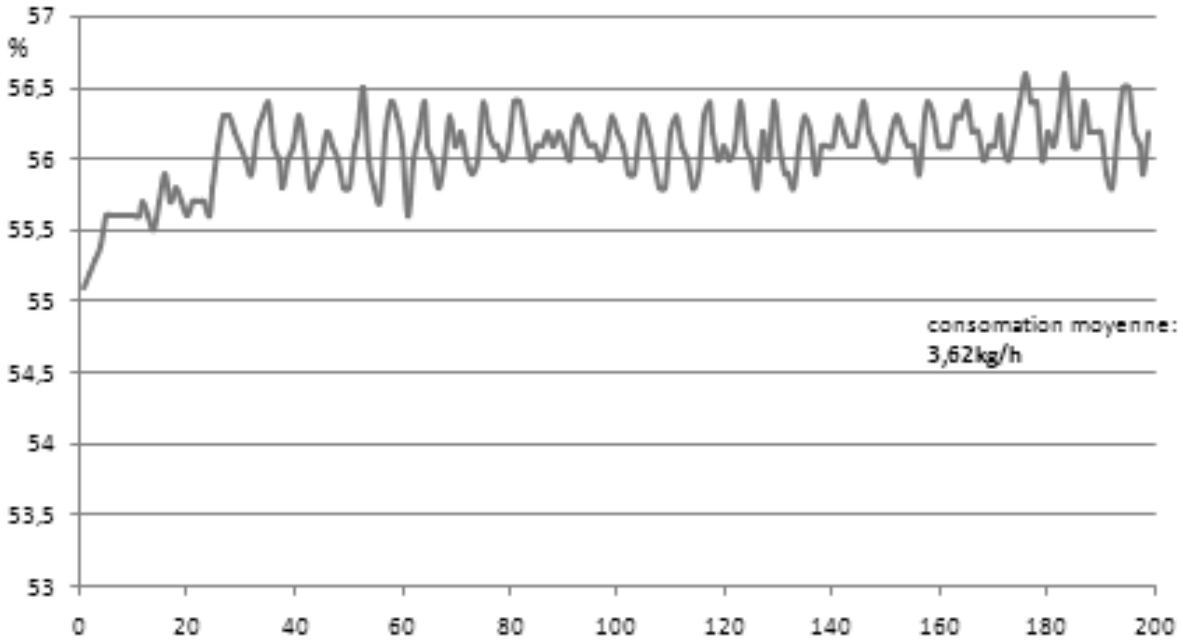



*Figure 51 : Evolution de la sollicitation du moteur au cours du temps, à un régime de 2500 tours/minute et un couple de 50 N.m, test de la tige fine*

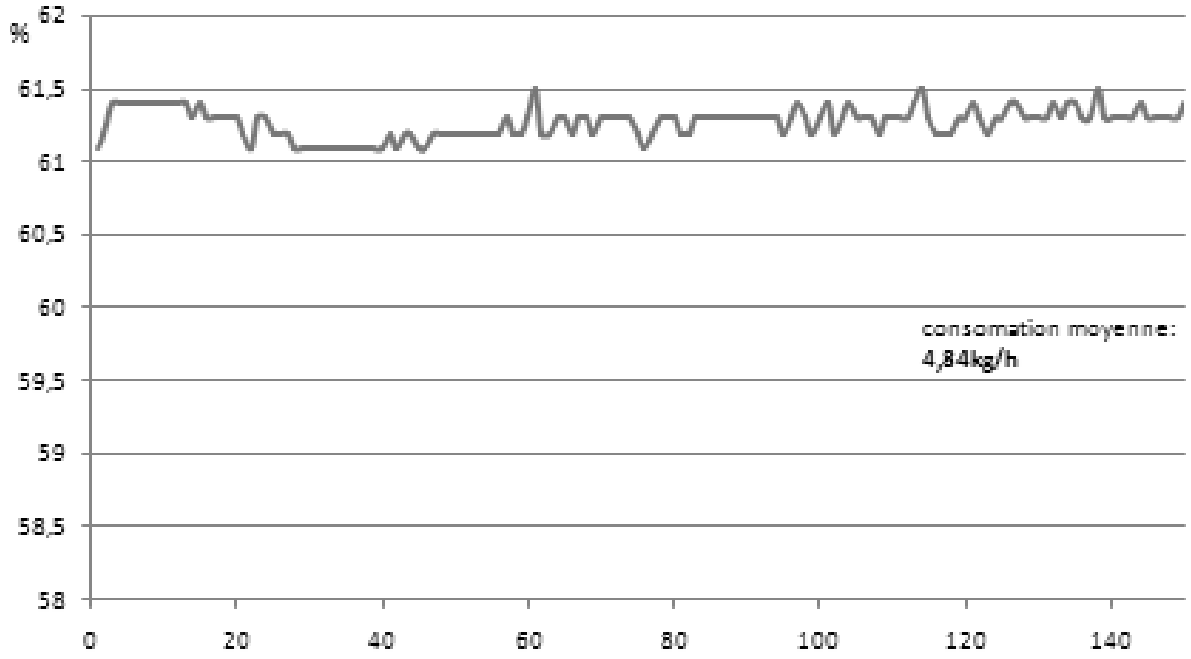



*Figure 52 : Evolution de la sollicitation du moteur au cours du temps, à un régime de 2500 tours/minute et un couple de 70 N.m, test de la tige fine*

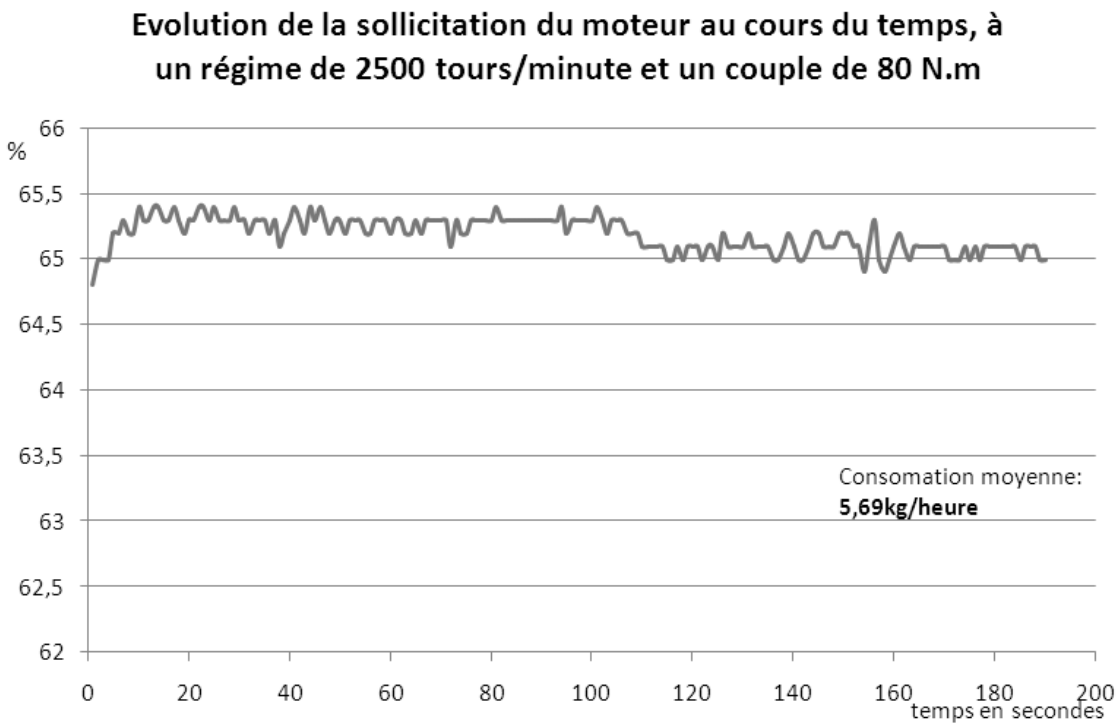



*Figure 53 : Evolution de la sollicitation du moteur au cours du temps, à un régime de 2500 tours/minute et un couple de 80 N.m, test de la tige fine*

Cette phase de tests a permis d'utiliser le système tel qu'il devait fonctionner, c'est-à-dire qu'il a produit lui-même le mélange d'air et de vapeur d'eau. Mais par rapport à la phase 4, les évolutions de consommations constatées se sont élevées à 2% pour la première courbe, et à moins de 1% pour les deux suivantes.

## 2.5. Analyse des résultats et conclusions

Afin établir une comparaison plus facile des résultats, nous avons regroupé les données dans le tableau qui suit.

| | | Phase 1 | Phase 2 | Phase 3 | Phase 4 | Phase 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| DEMARCHE INITIALE | 1500 tr/min 50Nm | 2,19 kg/h | 2,18 kg/h | Pas de vapeur | | |
| | 2000 tr/min 50Nm | 2,97kg/h | 2,99 kg/h | 2,89 kg/h | | |
| | 2500 tr/min 50Nm | 3,83 kg/h | 3,84 kg/h | 3,83 kg/h | 3,87 kg/h | 3,62 kg/h |
| OPTIMISATION | 2500 tr/min 70Nm | | | 5,02 kg/h | 4,80 kg/h | 4,84 kg/h |
| | 2500 tr/min 80Nm | | | 5,64 kg/h | 5,69 kg/h | 5,64 kg/h |

*Tableau 6 : Récapitulatif des consommations obtenues en fonction de la configuration utilisée*

D'après les courbes que nous avons obtenues, la première conclusion que nous puissions faire est que le système ne rend pas instable notre moteur. On a pu constater, quelle que soit la phase, que la courbe d'évolution de la sollicitation au cours du temps présentait des variations peu importantes, dépassant rarement une amplitude de 1%. On remarque également que la sollicitation du moteur évolue, a puissance égale, très peu au cours des différentes phases.

Mais le second point que nous avons pu mettre en évidence est la faible influence du système sur la consommation en carburant. En effet, bien que nous ayons remarqué ponctuellement des baisses frisant les 5%, il n'a jamais été question d'une tendance régulière, constatée sur plusieurs configurations. Il s'agissait en effet de conditions particulières, avec un régime de moteur et un couple précis.

Pour expliquer ces résultats, il faut rappeler que nous avons tenté de modifier le moins possible certains paramètres non cités entre chaque phase. En effet, chacune d'elle n'a été réalisée que pour une unique température du liquide de refroidissement, en l'occurrence 90°C. De plus, si les tests se sont étalés sur plusieurs jours consécutifs, ils ont été effectués sur des créneaux horaires similaires, à savoir l'après midi. Il n'y a pas eu d'importantes variations des conditions météorologiques, et donc pas de grosses variations des températures de l'air d'admission.

Néanmoins, malgré cette prise de précautions, il y a certaines sources d'erreurs et d'incertitudes, auxquelles nous n'avons pu apporter aucune action corrective. Elles proviennent en particulier du matériel dont nous avons disposé. Comme cela a été précisé précédemment, la précision des mesures de consommation en carburant prises par le banc est de 2%. Le moteur lui-même qui, avant son passage sur le banc, n'avait plus tourné depuis une période assez longue, a pu voir ses performances personnelles évoluer légèrement au cours du temps.

Mais, malgré ces imprécisions, les 30% de réduction de consommation en moyenne, qui avaient été évoqués par la plupart de nos contacts, étaient bien supérieurs à ces sources d'erreurs, et auraient par conséquent pu être constatés sur les chiffres que nous avons obtenus. Mais ces résultats très prometteurs n'ont jamais été approchés au cours de nos diverses expérimentations.

Pourtant, on ne peut pas pour autant décréter que le système Gillier-Pantone n'est pas efficace. Si l'injection de vapeur a eu un effet sur les performances du moteur, il a été trop faible pour être estimé. Cela pourrait provenir d'une quantité de vapeur inadaptée, et donc des dimensions de notre système. De plus, la vapeur dépassant les 100°C, et ayant été aspirée par le moteur, elle a considérablement augmentée la température de l'air admis, ce qui aurait pu nuire au rendement du moteur, et à la consommation en carburant. En effet, le volume molaire de l'air croissant, la concentration de l'air en dioxygène a baissé. On peut donc imaginer, dans le cas de notre montage, que l'effet bénéfique de la vapeur aurait compensé l'effet négatif de l'augmentation de la température.

Finalement, si notre étude n'a pas permis de confirmer que le système de dopage à l'eau était efficace, nous ne pouvons pour autant affirmer que le système Gillier-Pantone n'a aucune influence sur les performances du moteur. Une étude complémentaire, avec d'autres formes de systèmes, d'autres moteurs, et éventuellement d'autres configurations, serait nécessaire, pour vérifier aussi bien la consommation en carburant que les rejets polluants, qui n'ont pas pu être analysés.

ECHO-MOTEUR2

# Notre budget

Gestion des ressources

ECHO-MOTEUR2

## 1. Comparaison entre le budget prévisionnel et le budget réel

Ce tableau comparatif permet de voir la différence entre nos prévisions et la réalité. Les recettes et les différentes dépenses vont être expliquées par la suite.

| | | Budget prévisionnel | | Budget réel | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Dépenses(€) | Recettes (€) | Dépenses(€) | Recettes (€) |
| Réalisation du système | Achat de pièces | Don en nature | | Don en nature | |
| | Achat du moteur | 200 | | Don en nature | |
| | Frais de livraison du moteur | 80 | | 45 | |
| | | | | | |
| Réalisation des tests | Utilisation des bancs d'essai du CRITT M2A | Don en nature | | Don en nature | |
| | Frais de déplacement | 100 | | 185,5 | |
| | Achat de carburant | 150 | | Don en nature | |
| | | | | | |
| Communication | Frais d'impression | 50 | | 53,5 | |
| | Frais de fonctionnement | 50 | | 32 | |
| | Frais de déplacement | 50 | | 25 | |
| | Frais de restauration | 30 | | 15 | |
| | | | | | |
| Webmaster | Frais d'hébergement du site | 45 | | 45 | |
| | | | | | |
| Equipe technique | Frais de déplacement | 30 | | 20 | |
| | Frais de restauration | 40 | | 15 | |
| | Frais d'impression | 40 | | 10,5 | |
| | | | | | |
| Financement | Ecole des Mines | | 306 | | 306 |
| | Econologie | | 150 | | 150 |
| | Garage | 50 | | Don en nature | |
| | CCU | Don en nature | | Don en nature | |
| | Autres | | 500 | | |
| **TOTAL** | | **915** | **956** | **446** | **456** |

*Tableau 7 : Résumé de la gestion du budget*

## 2. Recettes

Nous avons pu bénéficier d'un financement de 150 € de la part du site internet Econologie.com, sans oublier la somme de 306 € que l'école donne pour soutenir tous les projets ouverts et qui a permis de prendre en charge une partie des frais de déplacement.

## 3. Dons en nature

### 3.1. Utilisation des bancs d'essai du CRITT M2A

La majorité des dons en nature nous ont été fournis par le CRITT M2A, et comprennent l'utilisation des bancs d'essai, l'achat des pièces et l'achat du carburant pour les tests. Nous ne pouvons évaluer la valeur des dons effectués par le CRITT M2A. En effet les services fournis ne sont pas tous évaluables :

- location des bancs d'essai
- aide de techniciens du CRITT M2A
- usinage de certaines pièces pour adapter le moteur sur le banc

### 3.2. Moteur utilisé pour la réalisation des tests

Le moteur nous a été fourni par un garage automobile préférant ne pas être cité. Il ne nous a donc rien coûté e nous avons pu économiser au minimum 200€.

## 4. Dépenses

### 4.1. Achat de pièces

Le CRITT M2A a pris en charge tout achat (ou presque) concernant les pièces nécessaires à la réalisation du système, ce qui a permis de diminuer nos dépenses de manière considérable. Il a également permis l'impression d'une cinquantaine de plaquettes destinées à la présentation de notre projet.

Le CCU (Centre Commun d'Usinage) de l'Ecole a également fournit du matériel nécessaire à la réalisation du prototype même.

### 4.2. Frais de fonctionnement

Globalement, les frais de fonctionnement étaient de l'ordre de 95 €. Ces frais se décomposaient de la manière suivante : 32 € pour les frais de téléphone et de courrier, 63 € pour les frais d'impression. Pour ce qui est du budget prévisionnel, nous avions surestimé ces frais à 140 €. Cette différence provient du fait que nous avons su gérer ces dépenses surtout au niveau des frais téléphoniques en utilisant des moyens économes pour appeler moins cher.

### 4.3. Frais de rapatriement du moteur

Les frais de déplacement du moteur sont conformes aux prévisions puisque nous n'avons pas dépassé les 80 € prévus.

### 4.4. Frais de déplacement

Les frais de déplacements sont les frais les plus conséquents au niveau de notre budget. En effet, ils représentent 42% de nos dépenses totales. Nous n'avons néanmoins rencontré aucun problème dans la gestion de notre budget car le CRITT M2A a également proposé de nous fournir le carburant lors des tests.

ECHO-MOTEUR2

# Bilan du projet Echo-Moteur²

Les résultats du projet

ECHO-MOTEUR2

# 1. Ce que le projet a apporté.

## 1.1. Bilan personnel des membres du groupe projet

### Chef projet : Gaëtan BARTHELEMY

*« Le rôle de chef projet m'a permis de me confronter à la gestion d'une équipe avec toutes les difficultés que cela peut entraîner. Le sujet très technique du projet m'a permis de m'initier au domaine de la mécanique automobile, domaine qui me passionne depuis très longtemps. Mettre en relation notre sujet avec le contexte économique et écologique actuel fut une expérience très enrichissante. Echo-Moteur² a également participé au développement de mes capacités relationnelles et m'a permis de mettre en évidence mes lacunes, aussi bien dans ce domaine que dans celui de la gestion et de l'organisation. L'émergence de nombreux problèmes m'a permis de tester ma résistance à l'échec et d'apprendre à gérer les imprévus pour continuer à progresser vers nos objectifs.»*

### Trésorier, responsable du site internet : Nawfal EL MKADMI

*« Les langages web que j'ai pu apprendre en tant que webmaster m'ont permis de créer un site internet dynamique dans le but de publier nos résultats et financer notre projet. La puissance des ces langages résident aussi dans la capacité à attirer des visiteurs et interagir avec eux pour faire avancer nos recherches. Quant à mon deuxième rôle, de trésorier, le fait de gérer un budget m'a permis de mieux connaître le logiciel Excel de Microsoft Office, qui est parmi les logiciels les plus prisés en matière de comptabilité. »*

### Chargé de communication, secrétaire : Delphine LESPRE

*« Mon rôle de responsable communication m'a permis de gagner en assurance, aussi bien auprès de mon groupe qu'auprès des personnes contactées dans les diverses démarches effectuées. Ce rôle m'a également permis d'apprendre à communiquer efficacement en fonction de l'interlocuteur et de délégué mon travail auprès de mon subalterne. La plus grande difficulté que j'ai rencontrée résidait dans ce dernier point, le travail que je demandais n'étant jamais réalisé dans les temps impartis (voire pas du tout effectué) ce qui me donnait une surcharge de travail. Cette difficulté m'a tout de même appris à mettre un ordre de priorité sur les différentes démarches à effectuer. »*

## Chargé de communication : Philippe ARMANDO

*« Ce projet m'a beaucoup apporté autant sur le plan personnel que sur le plan professionnel. J'ai du faire face à de nombreux refus et faire preuve de persévérance et de patience. De même j'ai due apprendre à mieux démarcher les entreprises, à défendre mes idées et mes projets avec ferveurs pour arriver à mes objectifs. »*

## Responsable technique : Philippe ROHART

*« L'aventure Echo-Moteur² touche à sa fin, et le sentiment qui prédomine est somme toutes très positif. Bien que tout n'ait pas toujours été rose au cours de cette année, la pédagogie par projet est une méthode d'enseignement très enrichissante qui nous a, pour la première fois, mis au plus près du métier d'ingénieur, et de ses difficultés. Ce fut également pour moi une première confrontation directe entre un travail et un centre d'intérêt, qui s'est avérée être extrêmement positive. »*

## Membre de l'équipe technique : Sylvain CARQUIN

*« Avoir participé au bon déroulement du projet Echo-Moteur² pendant cette année scolaire avec mon équipe est pour moi une fierté. Outre le fait que nous ayons contribué à l'étude du dopage à l'eau, j'ai pour ma part apprécié de construire une campagne d'information pour présenter notre travail le plus professionnellement possible aux principaux intéressés. Cela m'a donc permis de développer des capacités indispensables à mon futur métier d'ingénieur. »*

## Membre de l'équipe technique : Antoine DUBOS

*« J'étais très intéressé par le fait de chiffrer les performances d'un système qui fasse tant parler de lui. En tant que membre de l'équipe technique, j'ai trouvé très intéressant de rechercher des informations, de concevoir notre système, de le tester et d'en tirer les conclusions. La phase d'essai moteur, m'a particulièrement plu. L'aspect découverte du travail d'équipe sur une si longue durée a été très intéressant car j'ai pu voir comment ont évolué les relations entre les membres de l'équipe en général. Ce projet a été très bénéfique aussi bien sur le plan technique qu'humain. »*

## 1.2. Ce que le projet nous a apporté.

### 1.2.1. Les difficultés rencontrées

Les problèmes techniques furent nombreux mais d'importances différentes.

#### *1.2.1.1. Problèmes de conception*

Les premières difficultés sont apparues très tôt. Dès la phase de conception du système, les problèmes de délais quant à la commande et à la livraison de la matière première ont décalé notre planning prévisionnel de plus d'un mois. L'équipe technique a profité de cette période pour apporter toutes les modifications sur le système afin de l'optimiser.

L'optimisation du système a conduit à des choix plus complexes de géométrie de pièces. Ceci les a donc rendu plus difficiles à usiner par le CCU. Ces problèmes d'usinage se sont ajoutés aux problèmes de soudabilité des différents matériaux utilisés.

C'est suite à de nombreuses discussions avec nos partenaires et avec l'équipe du CCU, que nous avons pu réaliser l'ensemble de notre système.

#### *1.2.1.2. Problèmes de tests*

Nos tests ont été effectués au CRITT M2A et donc dans un milieu industriel. Par conséquent, nous avons été confrontés à des problèmes de disponibilité du banc d'essais ainsi que du personnel d'encadrement. De ce fait, le déroulement des premiers essais a été retardé.

Cependant, le problème technique le plus grave est survenu à un moment clef du projet. En effet, il y eu quelques difficultés à raccorder notre moteur sur le banc d'essais du CRITT M2A, l'arbre de transmission ré-usiné pour l'occasion s'est rompu quatre fois de suite, remettant en cause le déroulement même des essais. Ceci aurait été extrêmement frustrant pour l'ensemble de l'équipe qui a passé beaucoup de temps à la réalisation du système.

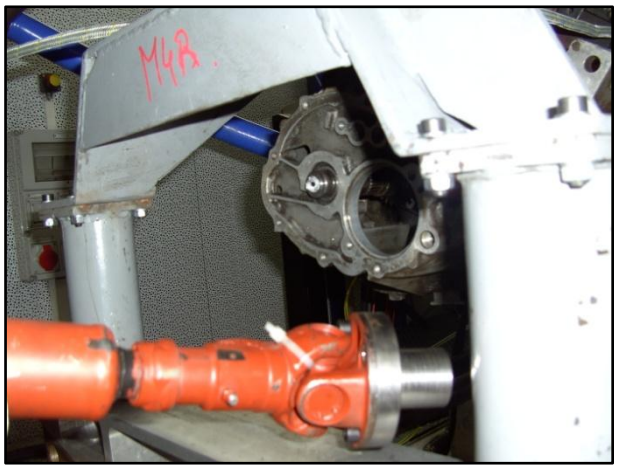



*Figure 54 : Casse au niveau de l'arbre de transmission*

Nous nous sommes alors tous réuni afin de déterminer comment réagir si les tests n'avaient pas eu lieu. Mais fort heureusement le spécialiste chargé du raccord de notre moteur sur le banc est parvenu à redimensionner l'arbre, mettant fin à cette situation critique.

*Figure 55 : Solution aux problèmes de casses*

Le dernier souci que nous avons rencontré est l'indisponibilité du matériel nécessaire à la mesure d'opacité des gaz d'échappement. Nous nous sommes donc focalisés sur les mesures de consommations.

### 1.2.2. Une source d'apprentissage incontestable

Le projet a rempli ses objectifs de part le fait qu'il nous a permis d'acquérir des connaissances aussi nombreuses que variées.

En effet, du point de vue technique, nous avons eu l'occasion de nous initier à de nombreux domaines que nous avons mis en relation pour faire aboutir le projet. Nous avons plus particulièrement pu nous perfectionner en DAO en utilisant SolidWorks pour concevoir notre prototype. Nous avons aussi pu découvrir le milieu de la recherche automobile et des tests sur bancs d'essai.

Le projet nous a également confrontés à la réalité en nous faisant découvrir les difficultés pour financer nos recherches. En effet, il nous a paru assez compliqué de trouver des moyens financiers de part la nature de notre sujet qui apparaît peu crédible au premier abord. Cependant, nous avons su surpasser ces difficultés en s'entourant de partenaires solides crédibilisant nos recherches. De par ce fait, le projet nous a appris à mettre en valeur un sujet et à vendre son travail. Nous nous sommes également heurtés à la difficulté de gérer un planning. En effet, certains retards indépendants de notre volonté ont bousculé nos prévisions et la gestion de ces contretemps est une compétence que nous avons acquise et qui nous sera plus que bénéfique dans notre futur métier. Une des expériences les plus profitables est le travail en équipe qui a présenté ses avantages tout comme ses inconvénients. La gestion des conflits à l'intérieur d'un groupe et la répartition des tâches sont des éléments que nous devons maîtriser pour accomplir le plus efficacement notre travail d'ingénieur.

Ce projet a été pour nous une source de connaissances formidables. Il apparaît comme une première expérience dans la démarche d'ingénieur autour d'un travail concret mettant en relation des connaissances acquises pendant notre scolarité.

### 1.3. Ce que le projet a apporté à nos partenaires.

Echo-Moteur² a permis à nos partenaires une couverture médiatique basée sur un projet solide. Le débat sur l'efficacité des systèmes de dopage à l'eau (appliqués aux moteurs automobiles) grandissant, le sujet de notre projet a suscité l'intérêt du public. Nous avons donc mis en valeur nos partenaires à travers des moyens médiatiques tels que la presse ou Internet.

En effet, nous avons systématiquement cité nos partenaires dans les différentes interviews auxquelles nous avons participé afin de diffuser leur image à travers la médiatisation de notre projet. De plus, nous avons présenté chacun d'entre eux sur notre site Internet et inséré leur logo sur chacune de nos pages. Le site ayant eu une fréquentation relativement importante variée, nous avons permis diffuser largement leur image que ce soit en France ou à l'étranger.

La diversité des outils de communication employés est un atout supplémentaire dans la mise en valeur de nos partenaires.

### 1.4. Ce que le projet a apporté au public

Echo-Moteur² est né du désir d'apporter des réponses à une polémique de plus en plus grande. De nombreux particuliers ont équipé leur véhicule d'un système de dopage à l'eau avec la conviction de réduire ainsi leur consommation en carburant. Beaucoup de gens se posent néanmoins des questions sur la réelle efficacité d'un tel système. Nous avons pu constater que le projet Echo-Moteur² était attractif et que de nombreuses personnes attendaient avec impatience nos résultats. Le nombre important de messages d'encouragement et de félicitations nous ont prouvé l'intérêt du public pour notre travail. Nous avons constaté que notre travail d'information était important pour pouvoir apporter des réponses aux personnes intéressées par le sujet

# 2. Auto-évaluation

## 2.1. Evaluation du niveau de réussite.

### 2.1.1. Domaine technique

Les résultats dans le domaine technique ont été très satisfaisants puisque nous avons atteint notre objectif principal en réalisant et testant un prototype de système Gillier-Pantone sur un banc d'essai. Nous avons amélioré les plans d'un montage existant réputé fiable en partenariat avec son concepteur. Cela nous a permis d'étudier un système optimal.

Nous avons testé différentes configurations faisant varier divers paramètres. Nous avons ainsi essayé de trouver le réglage optimal permettant une réduction de consommation. Après de multiples essais, nous avons abouti à la conclusion que l'efficacité de notre système était nulle, le moteur équipé de ce dernier fonctionnement tout de même sans problème. L'efficacité du système était une donnée que nous ne pouvions pas garantir mais que nous tentions de déterminer. Nous estimons donc que notre travail a rempli ses objectifs.

### 2.1.2. Domaine communication

Les objectifs dans le domaine de la communication s'articulaient autour de 2 axes principaux :

- Recherche de partenariats
- Présentation de notre projet au public et diffusion de nos résultats

Notre recherche de partenariats a été laborieuse de par le fait de l'originalité de notre projet. En effet, il a été difficile d'obtenir des fonds pour tester un système apparaissant comme folklorique. Nous avons tout de même eu des contacts avec des entreprises bénéficiant d'une crédibilité importante comme le CETIM. Nous avons tout de même obtenu un sponsor financier par le site econologie.com en rapport direct avec notre sujet.

La diffusion de notre démarche est passée par la prise de contact avec divers médias aussi bien télévisuels que journalistiques. Nous avons obtenu plusieurs articles dans la presse et divers promesses de publications de la part de 2 magazines scientifiques et d'une chaîne de télévision régionale. Le retard (abordé plus bas) des tests a entrainé un retard des publications d'article. Par ailleurs, nous avons rempli tous nos objectifs quant à la création d'un site Internet dynamique très fréquenté présentant l'ensemble de notre travail. Nous avons intégré divers outils informatiques qui ont rendu le site attractif.

### 2.1.3. Domaine financier

La majorité des dépenses résident dans les frais de déplacements. L'aide financière de l'Ecole et les recettes issues de notre partenariat avec le site econologie.com ont couvert ces frais. Tout le matériel nécessaire à la fabrication du système ainsi que le moteur ont été obtenus par l'intermédiaire de dons en nature.

### 2.1.4. Gestion du temps

La gestion du temps a été l'aspect le plus difficile et la cause principales des problèmes. La réalisation du système a été retardée par des problèmes de livraison de matériel dans un premier temps puis des difficultés de réalisation. Au moment de cette dernière, le CCU, département de l'Ecole fabricant notre système, s'est trouvé surchargé de travail et nous avons donc eu des difficultés à rester dans les délais que nous nous étions imposés.

La deuxième source de retard fut les ruptures systématiques d'un arbre de liaison reliant le moteur au banc. Après un travail de réflexion sur l'usinage de cet arbre, le personnel du CRITT M2A a réussi à résoudre le problème et deux membres de l'équipe technique ont pris la décision d'écourter leurs congés scolaires pour effectuer tous les tests prévus. Le retard n'a finalement pas empêché la réalisation des objectifs techniques qui ont été remplis.

## 2.2. Les objectifs ont-ils été atteints ?

- Conception et réalisation du système : **100%**
- Tests sur bancs d'essai en suivant un protocole de tests précis : **100%**
- Baisse de consommation : **85%**
  - Nous ne pouvions contrôler cette donnée. Le but était d'effectuer des améliorations du prototype pour tenter de faire baisser la consommation. Nous avons optimisé le prototype au maximum mais les résultats n'ont pas été positifs.
- Parutions dans la presse et reportage télévisé : **50%**
  - 3 articles dans des journaux régionaux
  - 1 citation dans un numéro hors-série du magazine Sciences&Avenir
  - 1 publication de nos résultats dans le magazine Sciences&Avenir à venir
  - 1 article dans Science&Vie à venir
  - 1 reportage sur IL-TV à venir
  - Citation dans divers articles présentant la Semaine du Développement Durable

    ➔ Diffusion dans la presse très large mais quasiment pas de contact positifs avec la télévision. Les objectifs sont à moitié remplis
- Création d'un site Internet dynamique : **100%**
- Nombre important de visiteurs sur le site : **100%**
  - Plus de 4500 à ce jour
  - Estimation à plus de 5000 d'ici le mois de mai
- Mise en place d'un forum : **90%**
  - Forum inutile car déjà existant sur le site partenaire econologie.com
  - Mise en place d'un livre d'or préférable
- Présentation directe de notre projet et des résultats : **100%**
  - Forum au lycée agricole de Douai (Semaine du Développement Durable)
  - Conférence au lycée agricole de Douai (Semaine du Développement Durable)

**➔90,625% des objectifs atteints**

## 2.3. Fiche d'auto-évaluation

| | Totalement | Partiellement | Pas du tout | Justification |
|---|---|---|---|---|
| Les objectifs ont été atteints | 90,625% | | | Des tests retardés qui ont à leur tour retardé l'édition d'article et la réalisation de reportage |
| Les délais ont été respectés | | X | | Casses successives de l'arbre de liaison moteur/banc |
| Le budget a été respecté | | X | | • Peu de financements<br>• Déplacements coûteux |
| Vous avez été efficaces | X | | | |
| Vous avez été bien perçus | X | | | Que ce soit sur notre livre d'or ou sur les forums auxquels nous participions, nous avons reçu beaucoup d'encouragement et de félicitations. |
| Vous avez fourni un travail suffisant | X | | | |
| Vous avez eu une attitude correcte vis-à-vis de vos tuteurs et/ou des experts | X | | | |
| Vous avez été honnêtes dans le rendu de votre travail | X | | | |
| Vous avez été réguliers dans votre effort | X | | | |
| Vous avez été équitables dans la répartition des tâches | | X | | L'équipe technique a eu un travail plus conséquent.<br>Une personne en plus aurait été nécessaire pour une bonne répartition des tâches. |

**Note que vous accorderiez à votre travail : 18**

**Commentaire :**

L'appréciation de notre travail ne peut être totalement objective mais nous avons jugé que ce dernier méritait une note à la hauteur du travail fourni. En effet, plusieurs arguments justifient notre désir d'obtenir une telle note :

- Nous avons répondu au cahier des charges imposé par l'Ecole en présentant un sujet innovant à dominante technique.
- Nous avons fixé des objectifs élevés que nous avons réussis à atteindre.
- Nous ne nous sommes pas limités à l'aspect principal du sujet qui était de réaliser et tester un prototype de système de dopage à l'eau. Nous avons également décidé de réalisé une couverture médiatique importante et diversifiée en utilisant le maximum d'outils mis à notre disposition.
- Nous avons, à travers notre couverture médiatique, mis en valeur l'image de l'Ecole des Mines de Douai.
- Nous avons surmonté les nombreux problèmes et imprévus qui ont rendu l'aboutissement du projet plus difficile. Nous avons su garder une motivation suffisante pour réagir et trouver les solutions.
- Nous avons bénéficié de la confiance d'un centre de recherche reconnu qui nous a permis de crédibiliser nos tests.
- Des magazines renommés ont décidé de nous accorder leur confiance et de publier nos résultats.
- Nous ne nous sommes pas contentés de reprendre un projet existant. Nous avons fait évoluer ce dernier et reconsidéré l'objet de notre étude aux vues des conclusions du projet Echo-Moteur.
- Nous avons décidé de reprendre un projet au niveau de réussite très élevé avec la volonté de faire mieux. Nous considérons notre projet comme l'un des plus ambitieux de part les objectifs techniques élevés accompagnés d'un travail de communication conséquent.
- Ce projet ne fut pas pour nous un devoir scolaire mais plutôt un sujet qui nous a intéressé autour duquel nous avons acquis une somme de connaissances considérable.

ECHO-MOTEUR2

# CONCLUSION

Ainsi s'achève pour nous le projet Echo-Moteur², qui nous a permis de nous retrouver véritablement dans la cadre de notre futur métier d'ingénieur. Ce projet, à caractère écologique, nous a concrètement mis face aux difficultés que nous rencontrerons demain. Il a par ailleurs fourni à chacun de nouvelles connaissances spécifiques.

Il s'agit tout d'abord de nouvelles compétences professionnelles, qu'il n'est pas possible d'acquérir avec des méthodes classiques d'enseignement. Nous avons alors rencontré, puis appris à traiter, des problèmes d'organisation causés par le temps, avec les délais à respecter, mais également avec l'accordement toujours délicat des emplois du temps de chacun. Et si, d'autre part, la plupart des difficultés rencontrées dans le domaine technique ont pu être résolues, c'est la gestion des problèmes relationnels, engendrés par le projet, auquel nous n'avons pas l'habitude d'être confrontés, qui restera très enrichissante. En effet, jamais auparavant nous n'avions eu l'occasion de réaliser un tel travail d'équipe, s'étalant sur une durée aussi longue.

La mise en place d'une véritable politique de communication a, par ailleurs, mis en évidence la difficulté de trouver des financements. A de nombreuses reprises, l'absence de composante humanitaire dans notre projet a été vécue comme un handicap. Mais même si cela nous a imposé de travailler avec un budget limité tout au long de l'année, les dons en nature de nos partenaires nous ont permis de mener à bien notre travail. La diffusion de notre démarche n'en a en outre pas pâti, puisque nous avons pu retenir notre place au forum du développement durable, et y tenir une conférence. Internet s'est par ailleurs révélé être une plateforme de communication formidable.

Enfin, concernant les conclusions techniques que nous avons pu tirer sur le système Gillier-Pantone, nous avons pu constater que, malgré le nombre important de personnes, toujours croissant, convaincues des bénéfices procurés par le procédé, aucun gain significatif, en termes de consommation, n'a jamais été constaté au cours de notre période de tests. Ce n'est pourtant pas suffisant pour considérer le principe du dopage à l'eau comme un mythe, tiré de fabulations de ses partisans, comme certains le pensent. Le nombre de paramètres susceptibles d'agir sur les performances du moteur étant considérable, il n'a pas été possible, pour des questions de temps comme de budget, de tous les étudier. En outre, l'influence sur la pollution n'a pas pu être quantifiée.

Le projet Echo-Moteur² restera donc finalement une expérience des plus enrichissantes

ECHO-MOTEUR2

# BIBLIOGRAPHIE

**[1]** Dossier final Projet Echo-Moteur - Equipe Echo-Moteur 2006-2007

**[2]** Article « Moteur PANTONE...et si çà marchait ? »,
Science & Vie n°1082 - Novembre 2007

**[3]** Site Internet du projet Echo-Moteur 2006-2007 (Page consultée le 14/11/07)
www.echo-moteur.fr

**[4]** Site Internet Econologie (Page consultée le 14/11/07)
www.econologie.fr

**[5]** Site Internet Quanthomme (Page consultée le 14/11/07)
www.quanthomme.fr

**[6]** Site Internet Passerelleco (Page consultée le 14/11/07)
www.passerelleco.info

**[7]** Site Internet Wikipédia (Page consultée le 14/11/07)

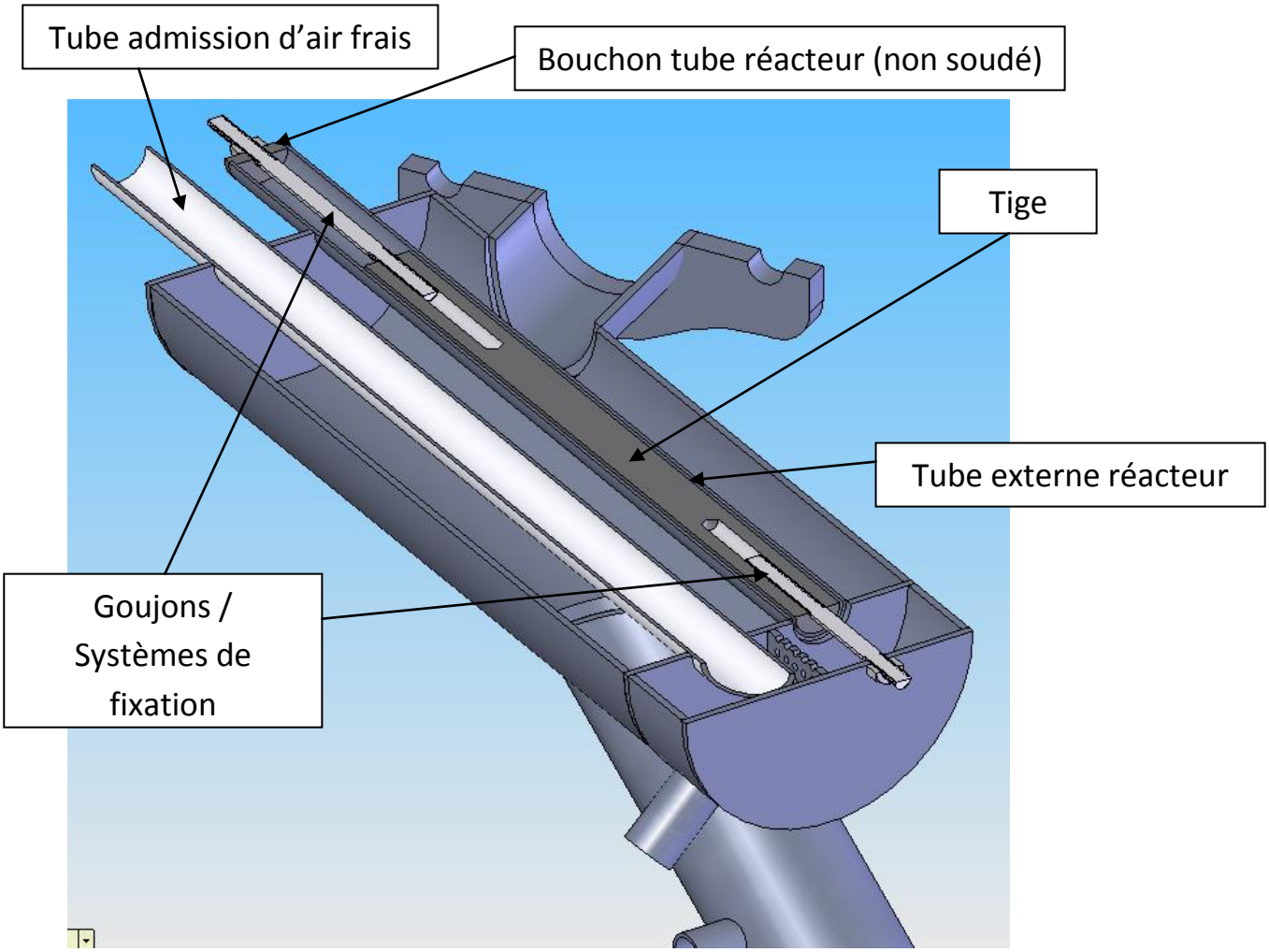
http://fr.wikipedia.org/wiki/Injection_d'eau_dans_les_moteurs

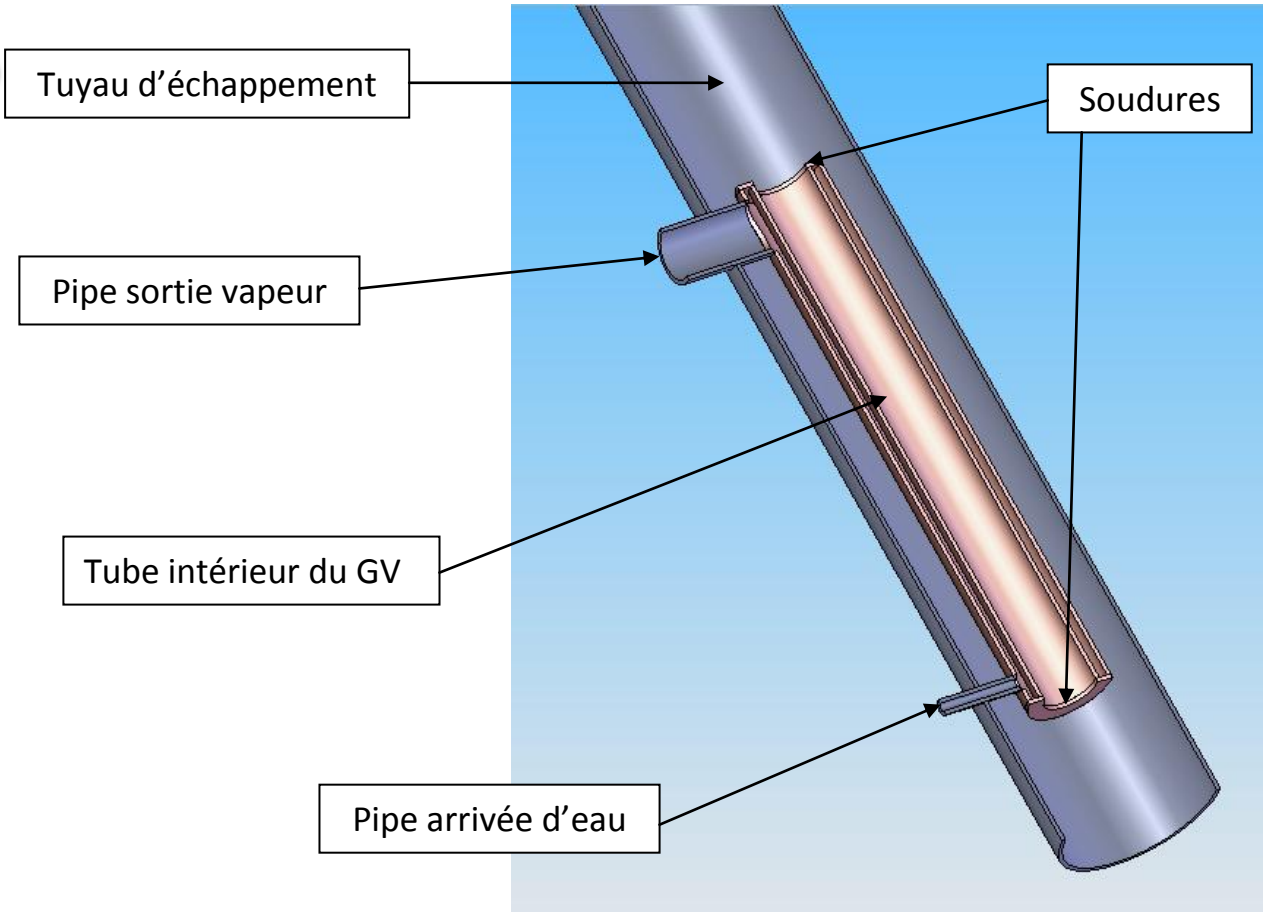
**[8]** Site Internet Quanthomme (Page consultée le 14/11/07)
www.quanthomme.fr

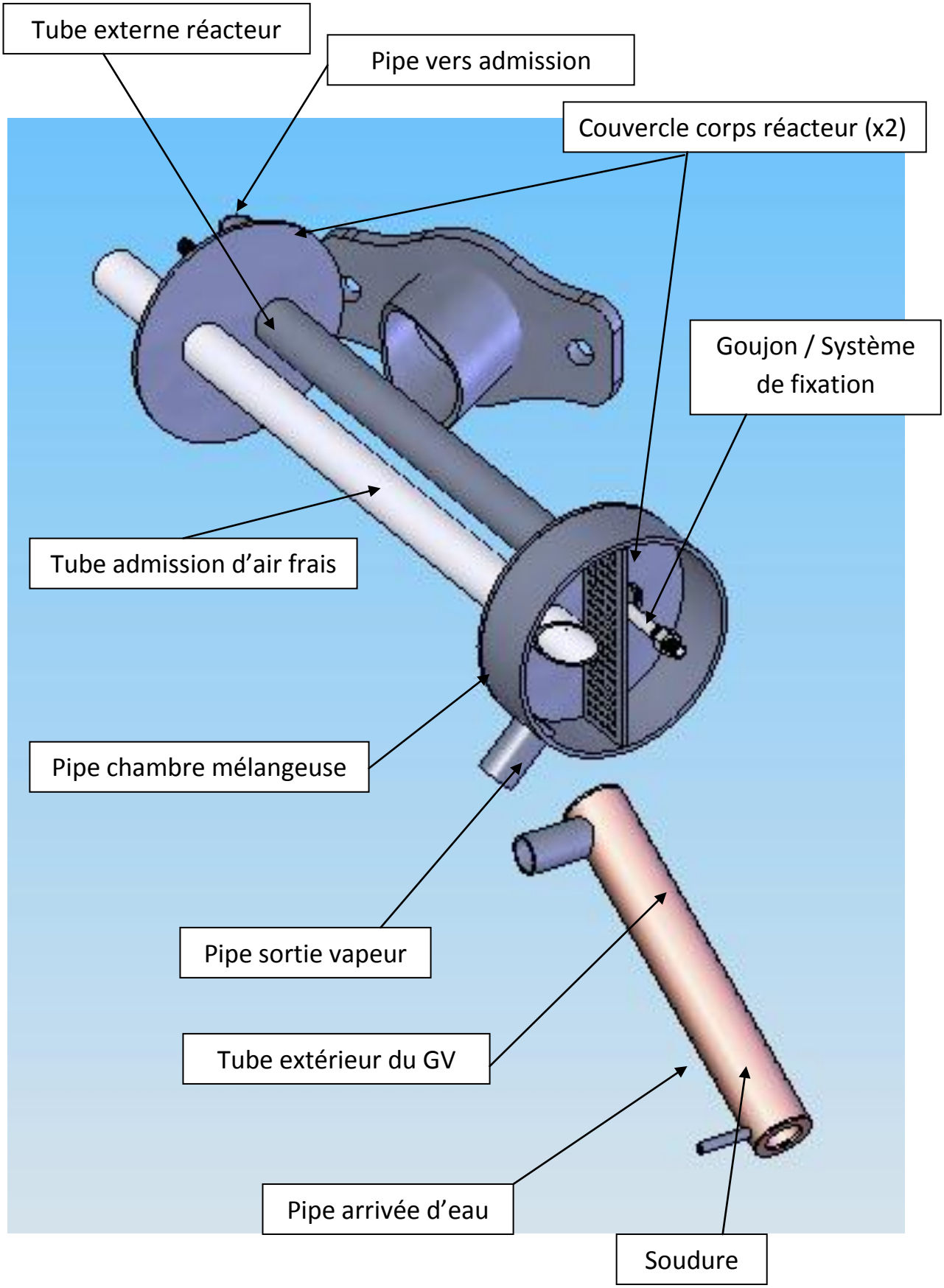
**[9]** Site Internet Passerelleco (Page consultée le 14/11/07)
www.passerelleco.info

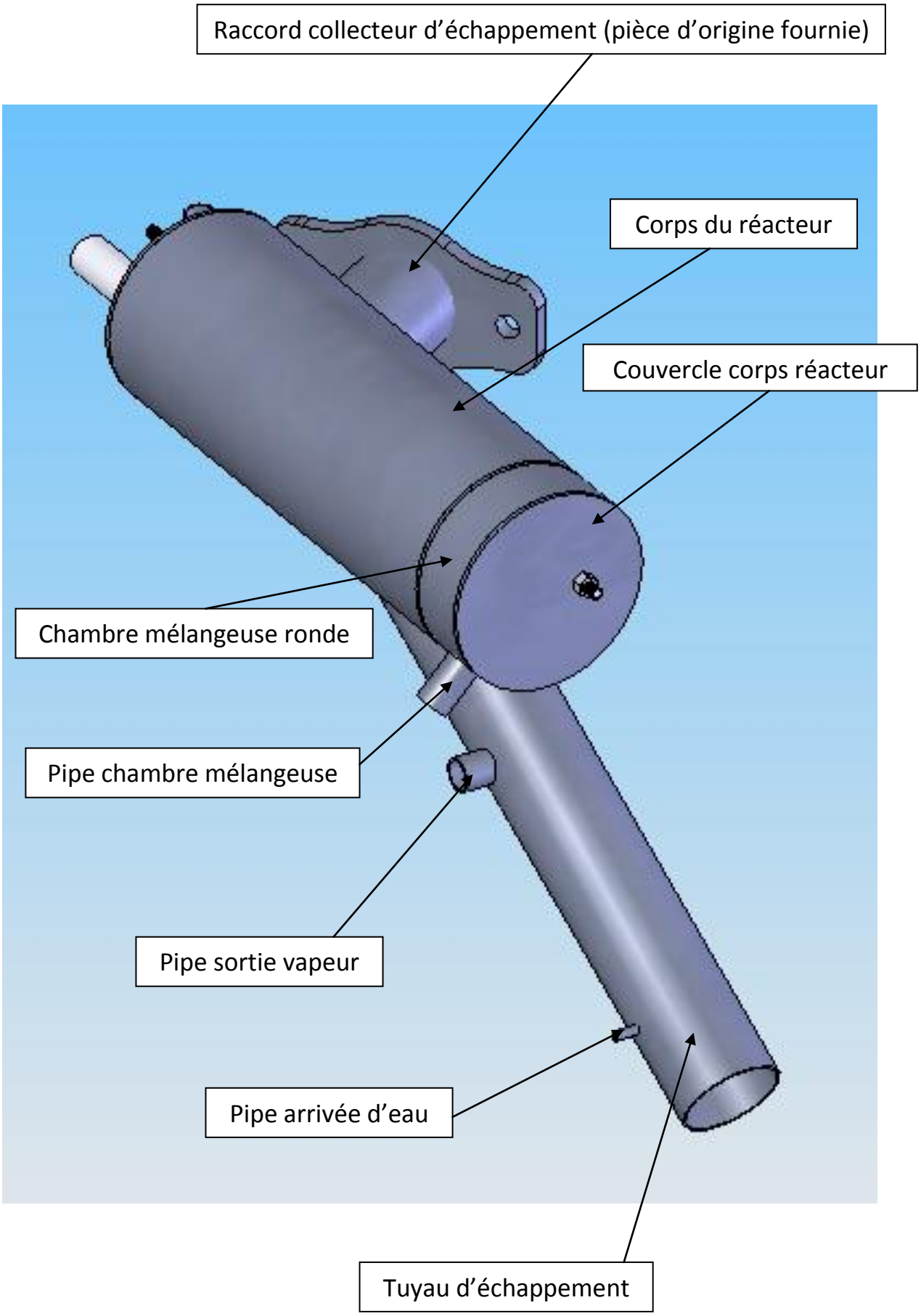
ECHO-MOTEUR2

# ANNEXES

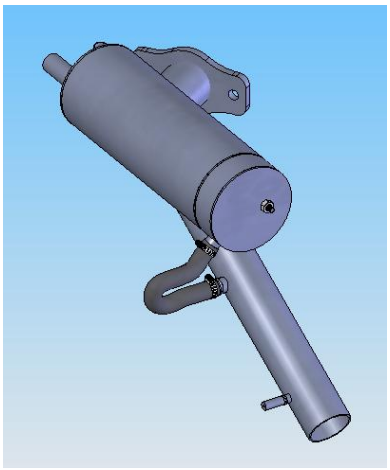

Tube admission d'air frais
Bouchon tube réacteur (non soudé)
Tige
Tube externe réacteur
Goujons / Systèmes de fixation


Tuyau d'échappement
Soudures
Pipe sortie vapeur
Tube intérieur du GV
Pipe arrivée d'eau

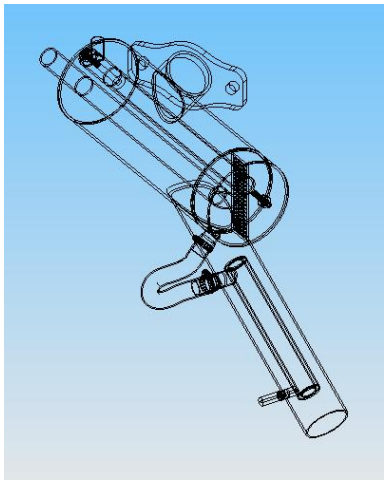

Tube externe réacteur
Pipe vers admission
Couvercle corps réacteur (x2)
Goujon / Système de fixation
Tube admission d'air frais
Pipe chambre mélangeuse
Pipe sortie vapeur
Tube extérieur du GV
Pipe arrivée d'eau
Soudure


Raccord collecteur d'échappement (pièce d'origine fournie)
Corps du réacteur
Couvercle corps réacteur
Chambre mélangeuse ronde
Pipe chambre mélangeuse
Pipe sortie vapeur
Pipe arrivée d'eau
Tuyau d'échappement

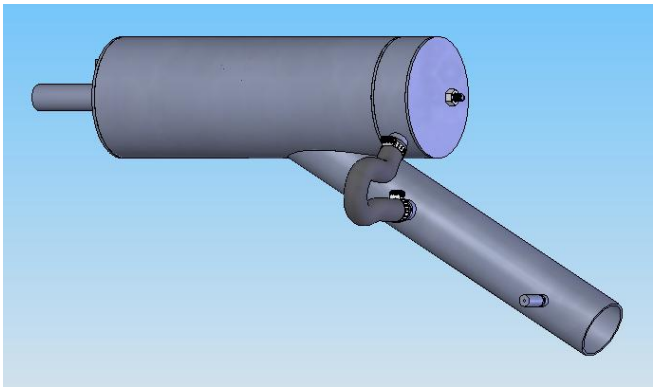
**Vue 3D**



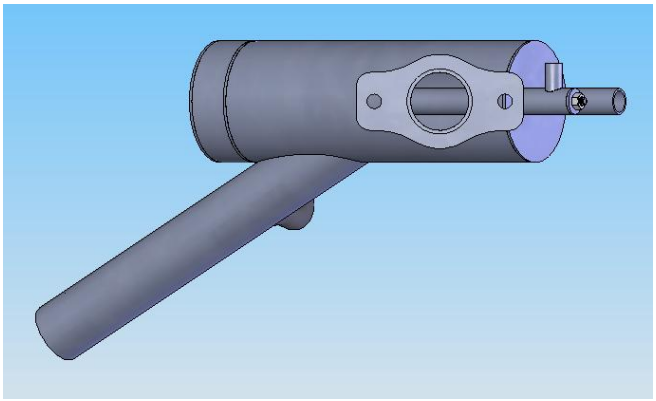
**Vue filaire**



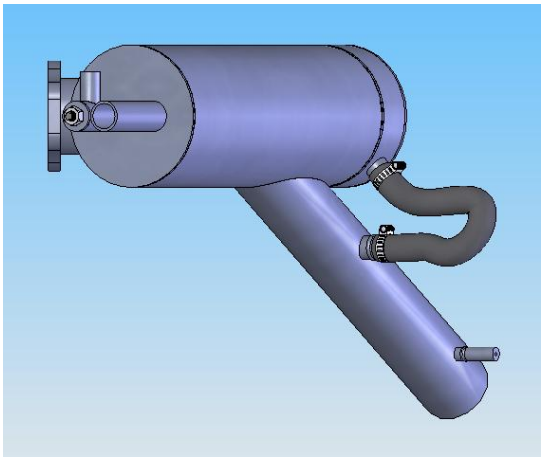
**Vue de face**



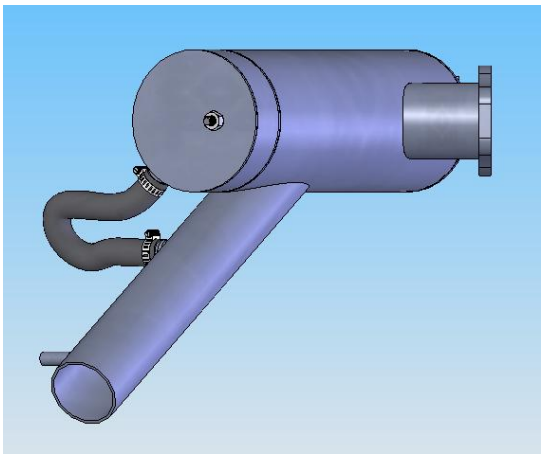
**Vue de derrière**



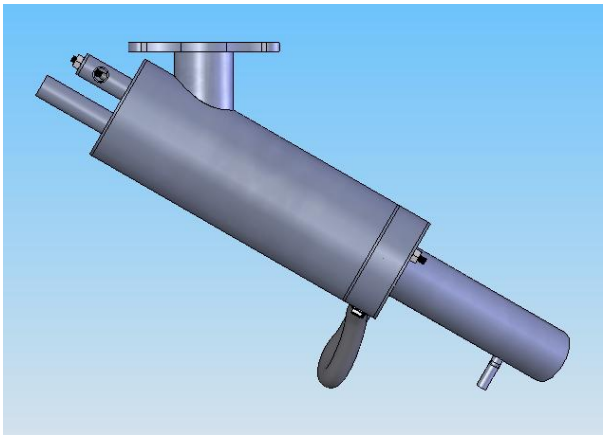
**Vue de gauche**



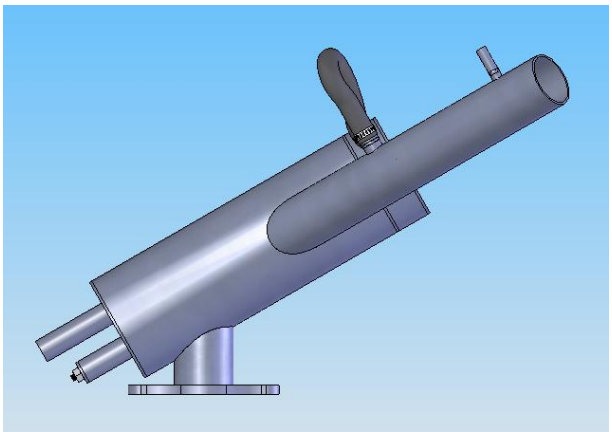
**Vue de droite**



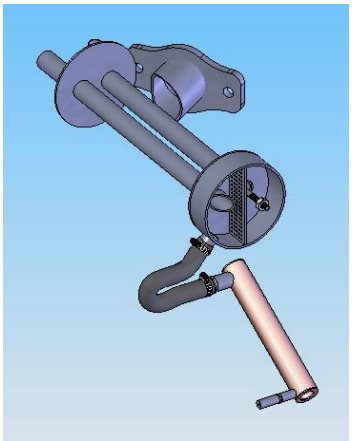
**Vue de dessus**



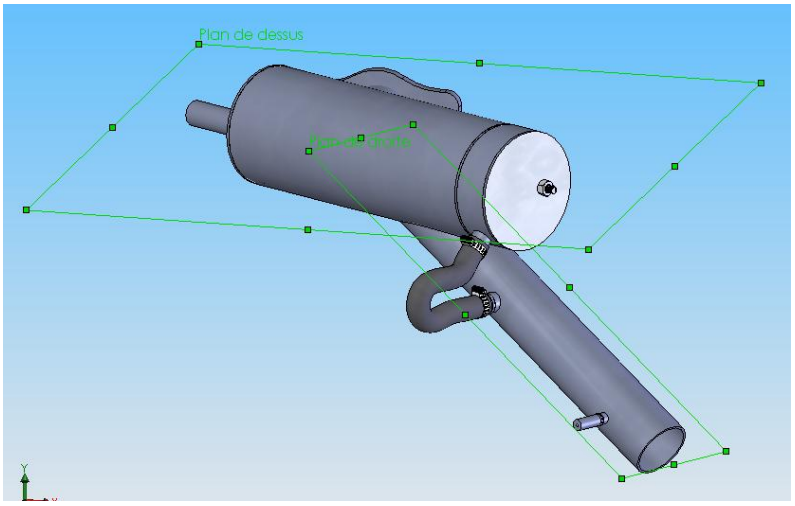
**Vue de dessous**



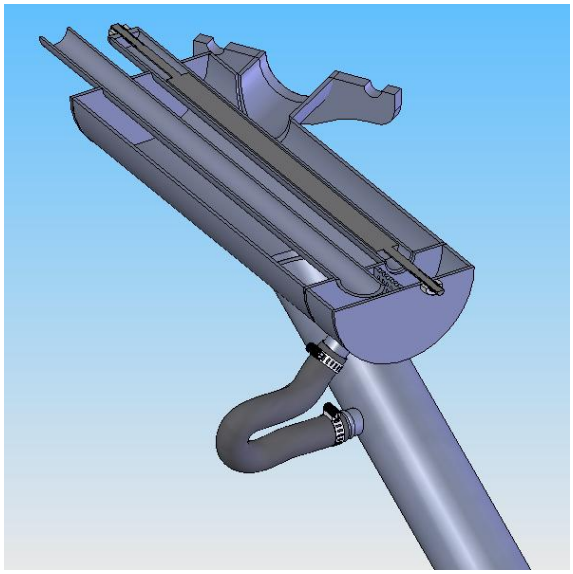
**Vue 3D avec cartouche, tubulure d'échappement et couvercle arrière de la boîte mélangeuse d'échappement cachés :**

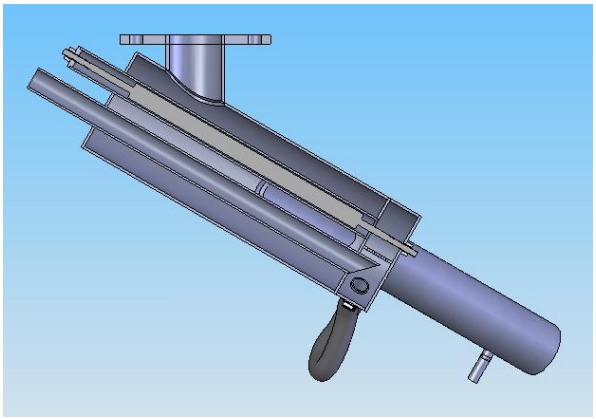
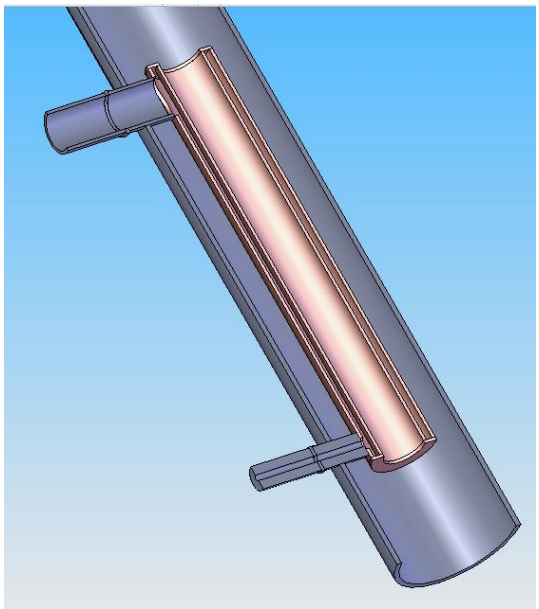


**Vue montrant les 2 plans de coupe :**




**Vues en coupe suivant le plan passant par la cartouche :**





**Vues en coupe passant par la tubulure d'échappement (avec flexible caché) :**