

# Projet d'évaluation du réacteur Pantone.

Dans ce document, je vais tenter de faire la synthèse de ce que j'ai appris à la lecture du forum PMC et des différentes publications glanées sur le Web, notamment sur le site de Quanthomme, les excellentes pages de Mr David, et le rapport de Christophe Marz.

Par la suite, je présenterai un dispositif de test, (et de mise au point), ainsi qu'une méthodologie, permettant de trouver des réponses concrètes aux problèmes de dimensionnement du réacteur, de débit, etc. permettant d'adapter le montage à tout les cas de figure.

Je dois dire que pour moi, le principe de fonctionnement le plus étonnant est celui du « dopage à l'eau », si magistralement appliqué aux tracteurs par nos amis agriculteurs.

En effet, une multitude d'expérimentations conduites suivant ce principe mettent en évidence l'existence de ce gaz « GEET », dont le pouvoir calorifique est méconnu, mais forcément réel, et important.

Suivant le dimensionnement du réacteur et des autres paramètres, on obtient une baisse de la consommation en carburant fossile plus ou moins importante.

Il apparaît alors clairement qu'il faut répondre à un certain nombre de questions préalables cruciales si l'on veut aller vers l'efficacité maximum du procédé.

La première question concerne ce gaz GEET. Nous savons comment le produire, grâce au réacteur. Nous avons une idée approximative de la température nécessaire pour enclencher le cracking de la vapeur sèche d'eau.

Nous ne connaissons pas son pouvoir calorifique, puisque dans nos montages, ce gaz entre directement dans la chambre de combustion du moteur, où il est mélangé au carburant fossile avec lequel il va réagir. Ne nous reste comme possibilité que de procéder à un bilan énergétique « global », basé sur l'étude de la consommation en carburant fossile et mesures des différentes pollutions.

La deuxième chose que nous ne savons pas vraiment, c'est si ce gaz GEET peut être utilisé seul pour produire une réaction de combustion, ou si cette réaction exothermique a besoin d'un auxiliaire (comme le gasoil) pour se produire...

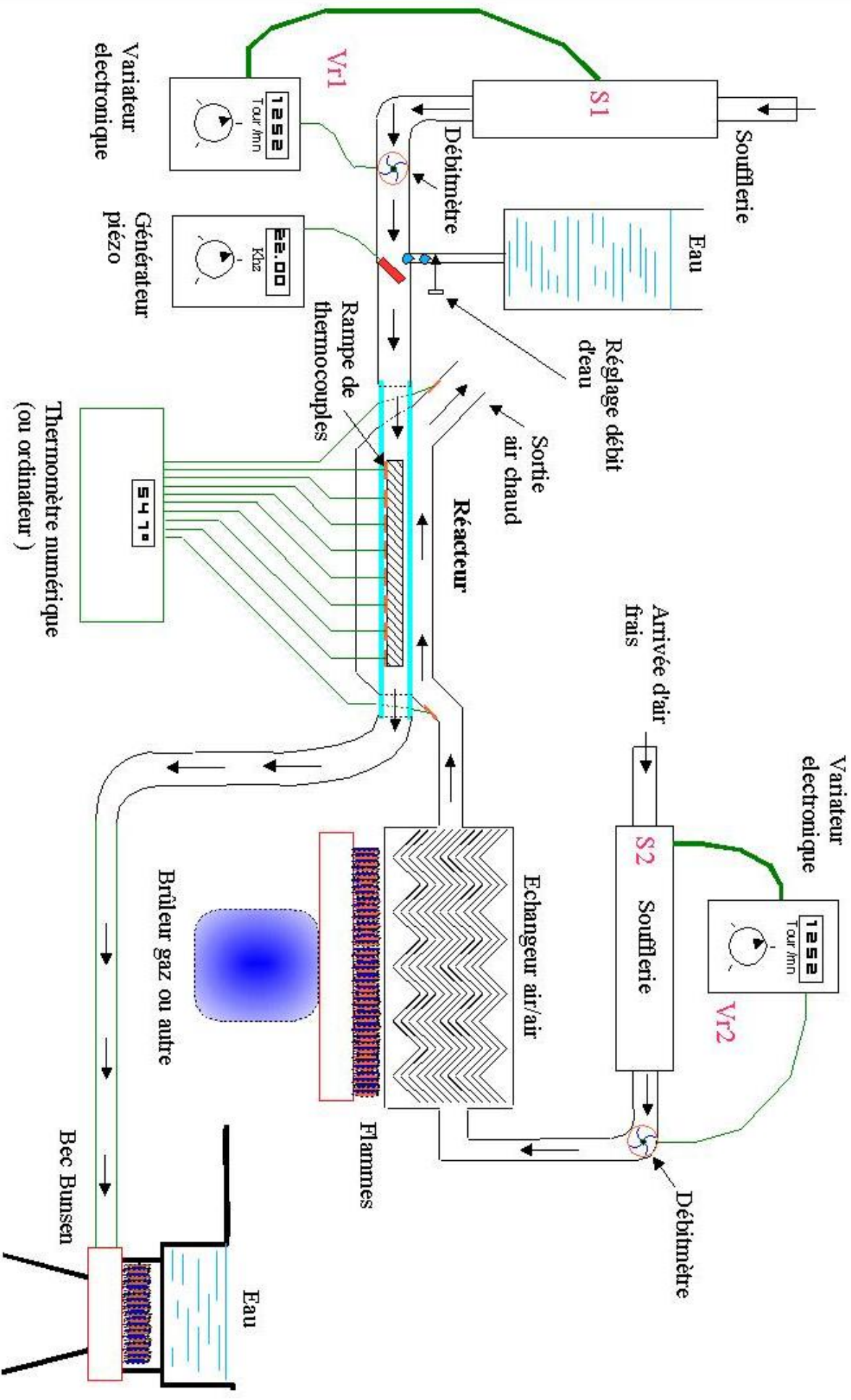
Je pense qu'au-delà des problèmes pratiques d'implantation du procédé dans telle ou telle voiture, et si nous voulons être efficace pour le plus grand nombre à brève échéance (pas vrai Christophe ;-)) nous devrions songer fortement à mettre en place un système d'évaluation « de laboratoire » permettant de tester le système en ayant la maîtrise du maximum de paramètres.

Ce système devrait être à mon sens délivré des contraintes liées à son implantation sur un moteur thermique imposant, bruyant, et pas forcément disponible. Autrement dit nous irions un cran plus loin que le principe du banc de test de Christophe, avec moteur thermique, réacteur, bulleur et appareils de mesure, tout en se simplifiant la tâche concernant sa réalisation.

D'autre part, ce système doit avoir pour qualité essentielle la simplicité, tant dans sa construction, que dans sa mise en œuvre. Il est en effet primordial que nous puissions le réaliser avec nos moyens - (on peut se prendre à rêver, et considérer la communauté des expérimentateurs Pantone comme autant de chercheurs en puissance ou avéré, mettant en commun leurs talents, imaginations, compétences, moyens matériels et financiers pour créer une sorte de centre de recherche « virtuel », basé sur le principe de la coopération...)

Le principe de ce nouveau banc de test consiste à simuler les interactions du moteur thermique avec l'ensemble réacteur-bulleur/sublimateur. Le dessin ci-après en donne une description sommaire :

# Synoptique du banc de test « sans moteur thermique »



On retrouve au centre notre réacteur, voir schéma n°2, ayant subi quelques modifications, pour les besoins de l'expérimentation. Le tube intérieur, réalisé avec du tube à essai en verre spécial devrait nous permettre de voir le plasma, s'il y en a, au travers d'une fenêtre en verre idem posé sur le tube « d'échappement ». A l'intérieur du tube en verre, on retrouve notre noyau en acier, les points de centrage étant remplacés par des sondes thermocouple disposées contre la paroi du tube en verre (cf. schéma n°2). A gauche, nous voyons la soufflerie S1, dont le rôle est de propulser l'air à l'intérieur du tube intérieur du réacteur. Un débitmètre permet de contrôler, via un variateur de puissance électronique, la quantité du mélange air/eau vers le réacteur. Nous avons ensuite un réservoir d'eau, qui envoie via une vanne de réglage, une petite quantité d'eau qui débouche, par un piquage sur le tube principale, à l'aplomb d'un résonateur piézo-électrique. Son rôle est de provoquer la brumisation des gouttes d'eau arrivant. Nous avons donc un mélange air/eau vaporisée qui entre dans le tube primaire du réacteur.

A droite, on voit une deuxième soufflerie S2 dont le rôle est d'envoyer un certain débit d'air, réglable par le variateur Vr2 et un second débitmètre, à l'intérieur d'un échangeur air/air, réchauffé par une rampe de brûleur. Le but de cette partie du montage est de produire de l'air chaud à au moins 800 °C en sortie, c'est-à-dire à l'entrée du tube extérieur du réacteur (le tube « d'échappement »).

Enfin, en bas à droite, on voit un bec Bunsen (ou équivalent) , dont le rôle est bien évidemment de tester le pouvoir calorifique du gaz GEET (nous verrons comment plus loin).

Cette description sommaire nous permet de voir en un coup d'œil les paramètres sur lesquels nous pouvons agir, à savoir : - débit des gaz d'admission (entrée du réacteur) , - débit (donc chaleur) des gaz d'échappement, -débit de l'eau à l'entrée du réacteur. Nous maîtrisons ainsi les paramètres essentiels de notre dispositif.

Il est prévu en outre une mesure des températures tout le long du tube intérieur, plus une en entrée et en sortie du tube « d'échappement »

Principe d'une manip à réaliser :

1° - Mettre en route la soufflerie S2 à faible puissance, puis mise en route de la rampe de brûleur.

2° - Mettre en route la soufflerie S1 à faible puissance, puis surveiller les températures aux différents points clé du réacteur.

3° - Lorsque la température côté chaud dépasse les 800°C, et que rien n'a pété, on entre dans une phase de régulation, de sorte à maintenir cette température dans une fourchette de 100 °C .

C'est là où nous allons régler les débits d'air primaire et « d'air » secondaire, en nous guidant avec les quelques indices dont nous disposons :

- nous savons qu'un réacteur possède un méchant différentiel de température entre l'entrée et la sortie de son tube de réchauffage (par ex. échappement), certains parlent même d'une réaction endothermique où le circuit secondaire (gaz GEET) « pompe » les calories du gaz d'échappement.
- Apparemment, les dimensions du réacteur influent considérablement sur son efficacité, *suivant les conditions (type de moteur, emplacement) de son implantation*. On peut penser qu'une dimension arbitraire de réacteur peut donner le meilleur d'elle-même si les conditions de débit de mélange, ainsi que sa proportion air/eau, ainsi que le débit des gaz d'échappement réchauffeurs sont bien réglés.
- Il paraît évident qu'il doit exister une vitesse idéale des gaz dans l'espace annulaire intérieur du réacteur, qui donnera son optimum à la réaction.

En partant de ces observations, on se rend compte que l'on doit procéder à la résolution d'une équation paramétrique à n variables, sachant que chaque paramètre a une influence sur les autres.

On pourrait la représenter de manière assez simpliste sous une forme polynomiale du genre :

$Q = D_{ac} T^{ac} \max(D_{air}/D_{eau})$  où Q est la quantité de gaz GEET produit,  $D_{ac}$  le débit d'air chaud,  $T^{ac}$  la température de l'air chaud,  $D_{air}$  et  $D_{eau}$  les débits d'air et d'eau à l'entrée du réacteur.

On peut lire cette équation en français du style : La quantité de gaz GEET produit est proportionnelle au débit et à la température du gaz « réchauffeur » et au meilleur ratio air/eau /débit à l'entrée du réacteur.

Ne nous reste qu'à faire des essais pour différents débits en entrée, pour un débit de réchauffement constant, puis nous guider avec le monitoring des températures du réacteur.

Nous savons, par les réalisations déjà effectuées, que la tige centrale du réacteur (que nous appellerons noyau dans la suite de ce texte) voit une distribution des températures plus ou moins large dans sa longueur. On observe des maxima et minima diversement situés, suivant sans doute les conditions réelles évoquées plus haut.

Il existe probablement un ratio (débit de mélange gazeux en entrée) / (apport calorifique) qui donne une répartition des températures optimale sur toute la longueur du noyau, c'est-à-dire avec la température nominale côté sortie du réacteur à par exemple 850°C, et une température *la plus basse possible* côté entrée du réacteur.

C'est ce critère que nous allons observer scrupuleusement, car nous sommes sans doute là au cœur de la réaction. Que se passe t'il ? Nous savons que la création du gaz GEET passe par une réaction endothermique. Il y a pompage des calories des gaz d'échappement (ou de l'air chaud dans le cas de notre banc de test) par le mélange passant dans le réacteur.

On peut gager que plus on produit du GEET, et plus on pompe de calories, et ce, sans limitations à priori. De ce pompage des calories, il résulte une différentielle des températures entrée/sortie plus ou moins importante. Nous tenons là un excellent moyen pour trouver les bons réglages à ce système, en cherchant la différentielle maximale des températures pour un mélange et un débit donné.

Lorsque nous tenons ces valeurs de base, nous allons pouvoir par exemple augmenter graduellement le pourcentage d'eau entrant dans la composition du mélange air/eau, et voir comment la réaction évolue. Dès que la température de sortie des gaz chauds commence à remonter, c'est qu'on a atteint le maximum des possibilités du réacteur *pour un débit d'air chaud donné !*

Nous allons dès lors nous amuser à augmenter le débit d'air chaud graduellement et refaire la manip précédente, en prenant soin de tracer une abaque des débits optimum entrée réacteur / gaz de réchauffement au fur et à mesure, par itérations successives.

Nous pourrons également, tout au long de ces expérimentations, tester le gaz GEET à l'aide d'un brûleur genre bec Bunsen, apprécier sa flamme (vigueur, couleur, odeurs), mesurer son pouvoir calorifique...

Pour cela, il nous faut un chronomètre, un thermomètre, une casserole contenant mettons un litre d'eau froide, à une température de par exemple 16°C.

Nous posons la casserole sur le réchaud, et nous déclenchons le chronomètre. Lorsque la température atteint par exemple 90°C, on arrête le chronomètre, et on note ce temps t.

Ne nous reste plus qu'à appliquer la fameuse formule  $Q = mc \Delta T$ , où Q est la quantité de chaleur en kilocalories, m la masse de matière réchauffée en kg, c la constante massique (1 pour l'eau), et  $\Delta T$  la différence température finale moins température initiale (90-16=74°C).

Connaissant maintenant la quantité de chaleur, nous pouvons déduire la puissance de notre flamme par la formule suivante :  $P = 4,18 Q / t$ , avec P en Kilowatt, Q en Kilocalories, et t en secondes (74 kC)

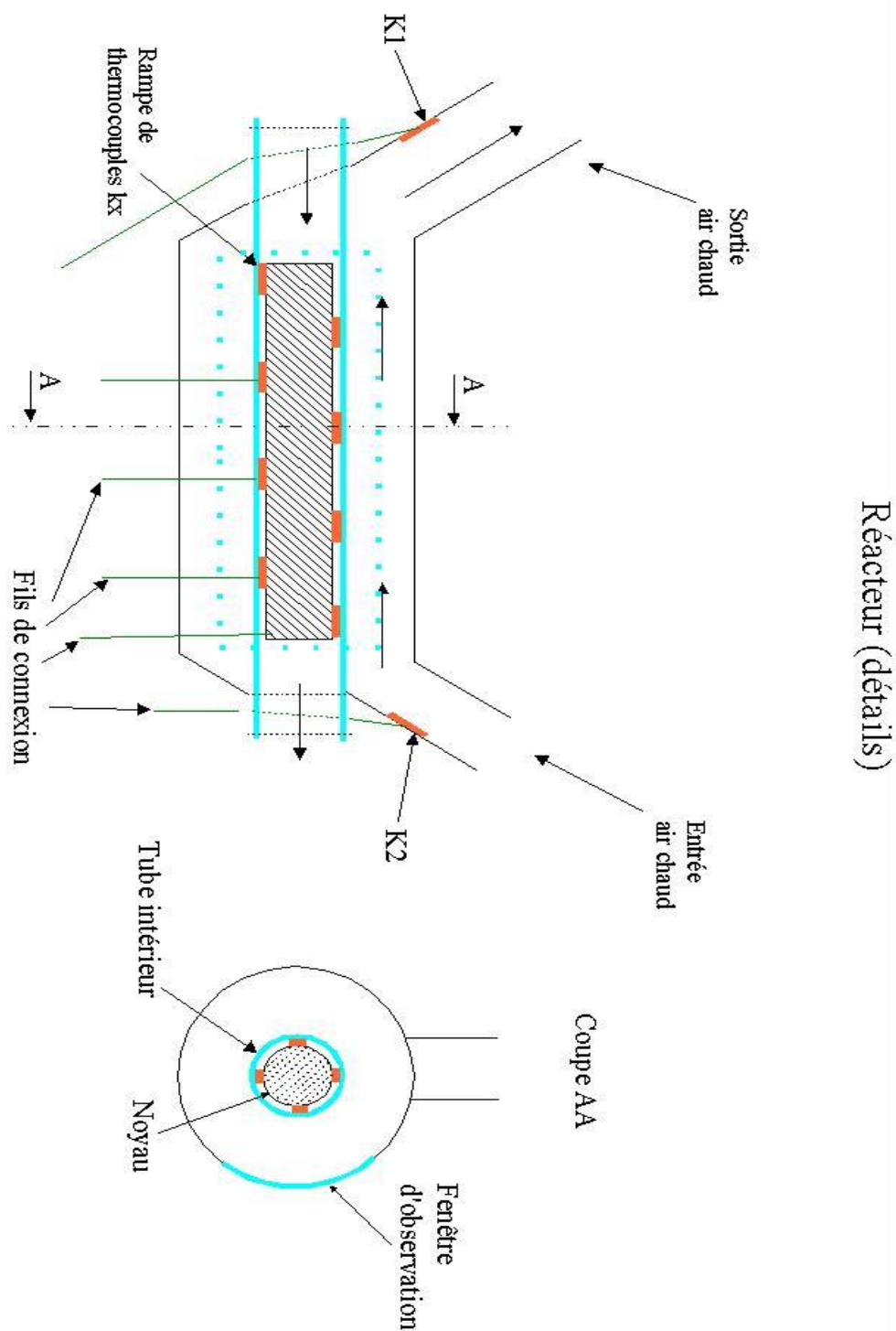
Avec un litre d'eau, la formule totale devient  $P = 4,18 \Delta T / t$  (ça c'est de la formule peinarde !)

S'il nous a fallu 5 mn trente secondes pour produire ce  $\Delta T$ , cela correspond à 330 s, donc  $4,18 * 74 / 330 = 0,937$  kW, soit 937 Watts.

A priori, on peut dire avec une bonne approximation, que la quantité de gaz GEET est à peu près égale à la quantité d'air en sortie de S1 (vers le débitmètre).

Connaissant le débit de gaz GEET en litres/mn, mettons 10 l/mn, nous avons pour  $t = 5'30''$  une production de 55 litres. Dans le même temps, le gaz GEET a fourni un apport calorifique de 74 kc, ce qui donne  $74 / 55 = 1,34$  kc/litre. Nous tenons là le pouvoir calorifique du gaz GEET, élément primordial pour la suite de notre aventure...

## Etude détaillée du réacteur :( fig.2)



A la figure 2, on retrouve notre réacteur agrandi, et complété par une vue en coupe A-A de profil.

On voit au centre le noyau, le tube en verre, le tube extérieur, et les sondes K.

La sonde k1 donne la température de sortie des « gaz d'échappement », k2 celle de l'entrée (chaude) des mêmes gaz. Quand aux sondes kx, j'ai imaginé qu'on pourrait faire appel à l'effet thermocouple, qui survient lorsque deux métaux de nature différente, en contact et chauffés produisent une tension électrique à leurs bornes proportionnelle, suivant des courbes plus ou moins linéaires, à la température. Ces sondes sont disposées le long de l'intérieur du tube en verre, suivant une spirale qui réalise le centrage du noyau (alternative aux bosselages en triangle aux extrémités du noyau). Pour que l'effet thermocouple se produise, il est impératif que les sondes touchent le noyau, car il réalise le retour électrique du thermocouple.

La fabrication des sondes kx est relativement simple. Elle consiste à récupérer une chute de tube en cuivre, dont l'épaisseur d'origine est d'environ 2 mm .

Il s'agit ensuite de découper ce tube dans le sens de la longueur, puis de le « déplier » pour le mettre à plat au maillet. Nous devons maintenant découper le cuivre en bandes d'environ 1mm (espace annulaire minoré d'un léger jeu). Nous pourrons ensuite couper ces bandes en petites plaquettes de 1 x 2 x 3 mm. Puis percer ces plaquettes avec un foret de 0,5 mm en leur centre.

Reste enfin à insérer un bout de fil de cuivre d'une dizaine de cm, et d'un diamètre légèrement inférieur à celui du foret, dans le trou de la plaquette, puis on le sertit au moyen d'un coup de pointeau très effilé, par le côté et en biais (on repousse du cuivre de la plaquette en écrasement sur le fil). Ceux qui sont pêcheurs parmi vous connaissent sans doute les techniques du métal en miniature...

Comment poser nos sondes à l'intérieur du tube, avec ce fil à passer en plus ?

Tracer la spirale sur le tube avec un marqueur adéquat. Percer le nombre de trous voulus régulièrement le long de cette spirale. Saisir l'extrémité du fil avec une pince brucelles, en laisser dépasser un bout de 5 mm tordu à 90°. Guider l'extrémité dans un des trous du milieu du tube, faire passer le fil à travers le tube et le tirer comme une couture (c'est-à-dire délicatement).

Le capteur va se plaquer contre la paroi en verre, et il faut plier le fil à l'extérieur, maintenu avec un bout de scotch, pour qu'il bouge le moins possible, le temps de poser les autres sondes. Une fois la besogne achevée, on peut essayer de passer le noyau. Si l'on a été suffisamment précis, gageons qu'il devrait prendre place sans problème. Une fois le noyau en place, il nous reste éventuellement un truc à faire, c'est de chauffer le verre au rouge au niveau des passages des fils pour le fondre localement (avec un mini chalumeau) comme pour les ampoules et les lampes. Il s'agit là d'une opération délicate, les spécialistes, vos avis !

Il faut penser également à l'isolation électrique des fils avec le tube métallique extérieur. Puis regrouper ces fils fragiles sur une platine de connexion munie d'un connecteur digne de ce nom (genre SubD par exemple).

Enfin, nous voyons sur cette figure 2 la fenêtre d'observation, dont je n'ai pas dit grand-chose jusqu'à présent.

Une question récurrente vient souvent dans le forum, c'est celle de la présence du plasma dans l'espace annulaire. Faute d'observation jusqu'à présent, il ne s'agit que de suppositions.

D'où l'idée de choisir un tube intérieur en verre à essai, et un regard en verre pour le tube extérieur.

Si le plasma se produit, il sera élémentaire de le voir, de le photographier en lumière naturelle, et surtout en infrarouge, la photo infrarouge nous permettant de mieux apprécier la distribution de la chaleur le long du tube (et de nous passer éventuellement des thermocouples à l'intérieur du tube).

## **Les autres éléments :**

### **Le résonateur piézoélectrique.**

J'ai retenu ce principe comme alternative au bulleur pour les raisons suivantes :

- son faible encombrement, qui en ferait une solution de choix pour son implantation automobile.
- Le fait que nous n'avons au jour d'aujourd'hui aucun retour d'expérience sur son utilisation, et qu'il serait intéressant de savoir le mettre en œuvre.
- L'aspect pratique de son utilisation dans le cadre d'une manip de laboratoire (mise en œuvre à priori plus simple qu'un bulleur dans le cadre de notre banc de test).

### **Les souffleries S1 et S2.**

Elles pourront être réalisées avec des aspirateurs de récupération (Emmaüs par ex.) qui ont un côté aspirant et un coté soufflant. Les variateurs électroniques seraient réalisés à moindre frais avec des gradateurs récupérés sur de vieilles lampes halogène, ou réalisés en kit au labo (l'électronique est simple). Les débitmètres peuvent être des modèles du commerce, mais avec un peu d'astuce, on peut les réaliser à moindre frais...

**La rampe de brûleurs et l'échangeur air/air** pourraient être réalisés avec un vieux chauffe-eau à gaz légèrement transformé, branché sur une bouteille de butane. On pourrait peut-être utiliser l'ancien échangeur à eau pour faire notre échangeur air/air...

### **La partie mesures :**

Après avoir retourné la question dans tous les sens, je pense que la partie monitoring devrait être réalisée et centralisée sur un ordinateur. Point n'est besoin d'une super bécane, ce qu'il faut surtout, c'est une carte d'acquisition avec suffisamment d'entrée analogiques sur lesquelles on puisse relier les sondes de température et les débitmètres. En associant à cela un programme de monitoring écrit même en Basic, puisque nous n'avons pas affaire à des paramètres qui évoluent rapidement, nous pourrions avoir d'un coup d'œil une visu complète de la manip en cours, avec possibilité d'archiver, de réaliser des diagrammes et abaqes très aisément.

En réalisant des sessions de mesures pour différentes tailles de réacteur et de noyau, on pourrait, certes empiriquement, mais avec méthode, les caractériser, et sortir du flou artistique, voir du brouillard dans lequel nous baignons actuellement...

Ce banc de test nous permettrait également de pousser nos réflexions dans le sens de Zelplom, qui essaie dans son coin d'implanter un Pantone sur une chaudière. En effet, on peut légitimement se demander s'il ne serait pas possible de créer un chauffage Pantone, capable de n'utiliser un carburant fossile que pour son démarrage, et n'utilisant pour le reste que de la bonne molécule H<sub>2</sub>O disponible facilement et pas cher...

Ce projet, plus que des moyens matériels, nécessite des connaissances très diverses, et une bonne organisation. Toutes les bonnes volontés sont les bienvenues. Dans son état actuel, il ne s'agit que d'une vision globale, je n'ai pas traité tous les détails, mais me suis plutôt attaché à indiquer une direction possible. Il peut-être amélioré, par le jeu des connaissances pratiques et théoriques des uns et des autres.

## **Finalités de ce banc de test :**

A l'issue de ces manip, nous serons capables, au cas par cas, de trouver les dimensions adéquates du réacteur, en fonction du moteur à équiper (et de ses conditions de régime).

Il est clair que le réacteur doit être efficace même au régime de ralenti, ce qui signifie qu'il doit être dimensionné de sorte que le débit d'admission au ralenti doit correspondre au débit minimum de sa plage d'efficacité. C'est ici que les abaques nous seront d'un grand secours. Dès lors que le réacteur est efficace à bas régime, il faut s'assurer qu'il garde son efficacité jusqu'au régime maximum.

Par ailleurs, la connaissance du pouvoir calorifique du gaz GEET va nous permettre de quantifier plus précisément ce qui se passe dans la chambre de combustion, et de voir jusqu'où on peut aller dans le sens d'une diminution de la consommation de carburant fossile.

Lorsque ce travail de formalisation aura été accompli, je pense qu'un grand pas aura été franchi vers la compréhension du phénomène, et vers son implantation aisée sur n'importe quel moteur thermique.

## **Conclusion (provisoire...)**

Ce texte est appelé à être amendé, de nombreux points préalables auront besoin d'être développés en priorité :

- Mise en oeuvre et test du résonateur piézo – implantation, système de réglage du goutte à goutte, électronique de commande...
- Etude des sondes thermocouple, si on les utilise (choix des métaux, courbes de réponse, dimensions...)
- Choix des matériaux (dimensions tenant compte de la dilatation et autres contraintes...)
- Ecriture d'un programme dans n'importe quel langage capable de gérer une fiche de manip, avec tous les paramètres - températures, débits, dimensions noyau, réacteur et intégrant un utilitaire qui calcule le pouvoir calorifique du GEET en lui donnant simplement le temps de chauffe et la différence de température. Une fonction traceur permettrait de générer une abaque donnant en un coup d'œil la plage de fonctionnement utile d'un réacteur donné pour tel débit en entrée réacteur et tel débit en sortie gaz d'échappement...

Enfin, il nous faudra réfléchir aux aspects pratiques et d'organisation, mais j'ai cru comprendre qu'il y avait parmi les pantonistes et notamment sur ce forum de nombreuses personnes qui avaient envie que les choses aillent dans ce sens, c'est du reste dans cette optique que j'apporte moi-même ma modeste contribution.

La suite, à vous de l'écrire...

Michel Lathuraz

10/11/2004

blanc2002@free.fr