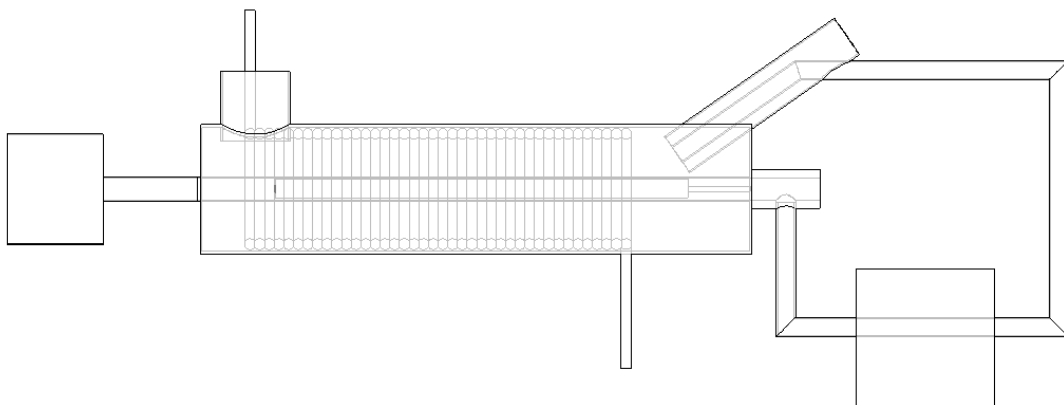


Pré-étude d'un montage chaudière expérimental basé sur la technologie de Pantone



Par Christophe Martz, Ingénieur E.N.S.A.I.S.
(webmaster@econologie.com)

Sommaire

1) Introduction : contexte d'étude & résumé du projet ENSAIS p. 3

2) Pourquoi un montage chaudière ? p. 3

3) Buts du montage expérimental p. 4

4) Présentation d'un montage chaudière p. 5

5) Présentation du montage expérimental p. 5

6) Pré-financement du montage p8

Annexe : Plan de pré-dimensionnement

1) Introduction : contexte d'étude & résumé du projet ENSAIS

Le procédé GEET de P.Pantone a fait l'objet d'un projet de fin d'étude réalisé à l'Ensaïs pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur ENSAIS filière mécanique énergétique. Nous ne présenterons donc pas le procédé ici, qui est censé être connu du lecteur par la lecture du rapport expérimental de cette étude (disponible sur <http://www.econologie.com>). Disons simplement que cette étude ouvre la voie de nombreuses expérimentations complémentaires qui devront être réalisées dans le but de la compréhension globale du procédé. Le montage chaudière, énoncé dans le rapport, fait partie de ces études complémentaire (voir partie 2)). Le résumé de ce projet (inclus dans le mémoire) est le suivant :

RESUME DU PROJET DE FIN D'ETUDES	
Auteur : Christophe Martz	Promotion : GM 2001 option Energétique Industrielle
Titre : Elaboration d'un banc d'essai et caractérisations du procédé GEET de P. Pantone à reformage d'hydrocarbures.	Soutenance : Octobre 2001
Structure d'accueil : PFE réalisé à l'Ensaïs au laboratoire Cli-ma-therm	
Nb de volume(s) : 3 à 5 Nb de pages : environ 110 Nb de références bibliographiques : environ 10	
Condensé : Le procédé GEET (Global Environment Energy Technology) de P.Pantone est un procédé de reformage de vapeurs d'hydrocarbures et d'eau avant injection dans la chambre de combustion. Ce procédé récupère dans un échangeur-réacteur, la chaleur des gaz d'échappement, entièrement perdue dans un moteur classique, afin de traiter les gaz d'admission circulant dans un espace annulaire par une réaction chimico-électromagnétique. Le principal avantage de ce procédé est une forte dépollution, en effet la réaction casse les molécules d'hydrocarbures en molécules plus petites pour obtenir un gaz plus volatil, dénommé Gaz GEET, dont la combustion est plus facile et donc plus propre. Le but de ce projet est d'effectuer une première caractérisation du procédé par la conception d'un banc d'essai qui permettra de quantifier les performances du système. La partie théorique définit les bases d'explication du phénomène de conversion se produisant dans le réacteur en s'aidant de constatations expérimentales ou par une méthode entièrement théoriques. En effet, l'inventeur lui-même n'explique pas encore, exactement les phénomènes se produisant dans son invention. Dans l'état actuel, nous ne sommes pas capable d'expliquer la réaction au cœur du réacteur. D'après les résultats prometteurs observés en dépollution et son adaptation relativement facile sur tout système brûlant des hydrocarbures, nous espérons que des études complémentaires continueront la compréhension du procédé pour l'améliorer en vue d'une industrialisation. Parallèlement des études d'adaptation sur d'autres systèmes énergétiques devront être menées. Celles-ci participeraient grandement à la dépollution des énergie fossiles, en ce sens elle enlèverait leurs principaux inconvénients : une combustion polluante et souvent à faible rendement énergétique	
Mots clés : Geet, Pantone, réacteur, plasmas froids, éclairs, reformage, cracking, rendement, pollution, dépollution, hydrocarbures, eau, consommation, moteur, chaudière.	

2) Pourquoi un montage chaudière ?

Etant donné que le chauffage (particulier et industriel) est responsable d'environ la moitié des rejets polluants (GES essentiellement) et compte tenu des résultats prometteurs en dépollution observés sur des moteurs thermiques, un étude de modification de chaudières est nécessaire.

D'un point de vue technologique, la stabilité du régime, des températures et de la puissance d'une chaudière par rapport à un moteur thermique faciliteront la

modifications et l'utilisation du procédé en chauffage. Cette stabilité constitue un avantage technologique indéniable du montage chaudière.

D'un point de vue expérimental : ce montage permettra de mesurer des paramètres inaccessibles sur un montage moteur thermique. Un tel montage permettra également de faire certains essais beaucoup plus aisément qu'avec un moteur. Ceci est essentiel pour la compréhension du procédé et ce montage permettra d'avancer dans la caractérisation du procédé.

De plus, mais cela n'est pas de notre ressort, il semblerait que les constructeurs de chaudières soient beaucoup plus ouverts à de telles technologies que les constructeurs automobiles. D'autant plus que, si les normes pour l'automobile sont déjà en place et appliquées depuis de nombreuses années, de nouvelles normes sur les rejets des chaudières vont être mises en place en 2003-2004. Les chauffagistes ont donc quelques dizaines de mois pour mettre en place des solutions dépolluantes efficaces. L'entreprise décidant d'appliquer cette technologie aura une avancée considérable par rapport à la concurrence.

3) Buts du montage chaudière expérimental

Les buts de ce montage peuvent donc se classer dans 2 catégories :

- Buts d'applications en vue d'une adaptation sur chaudière.
- Buts d'expérimentations dans le but d'une meilleure caractérisation de la réaction.

Buts d'applications.

En vue d'un montage sur chaudière, un prototype devra permettre d'effectuer différents essais :

- Mesures des rejets polluants.
- Mesures de T° de flammes et de puissance thermique.
- Calcul du rendement thermique. (90% actuellement sur le fioul, pourrait être fortement augmenté par injection d'eau)
- Dimensionnement et réglage de l'alimentation en carburant & eau en fonction de la puissance attendue. Ceci permettra d'établir des tables empiriques.
- Tests sur des carburants et des hydrocarbures alternatifs.

But d'expérimentation :

Ce montage permettra d'accéder à des grandeurs physiques inaccessibles (ou accessibles plus facilement) avec un montage sur moteur :

- Spectrographie de la flamme, primordiale car elle permettra de caractériser le gaz du procédé (ou gaz reformé) brûlé.
- Pressions le long du réacteur (espace annulaire)
- Température le long de la tige.
- Pression & températures aux points sensibles.
- Tests multi-carburants. Dimensionnement du meilleur compromis longueur-diamètre de tige pour chaque carburant (nécessité de faire un réacteur de

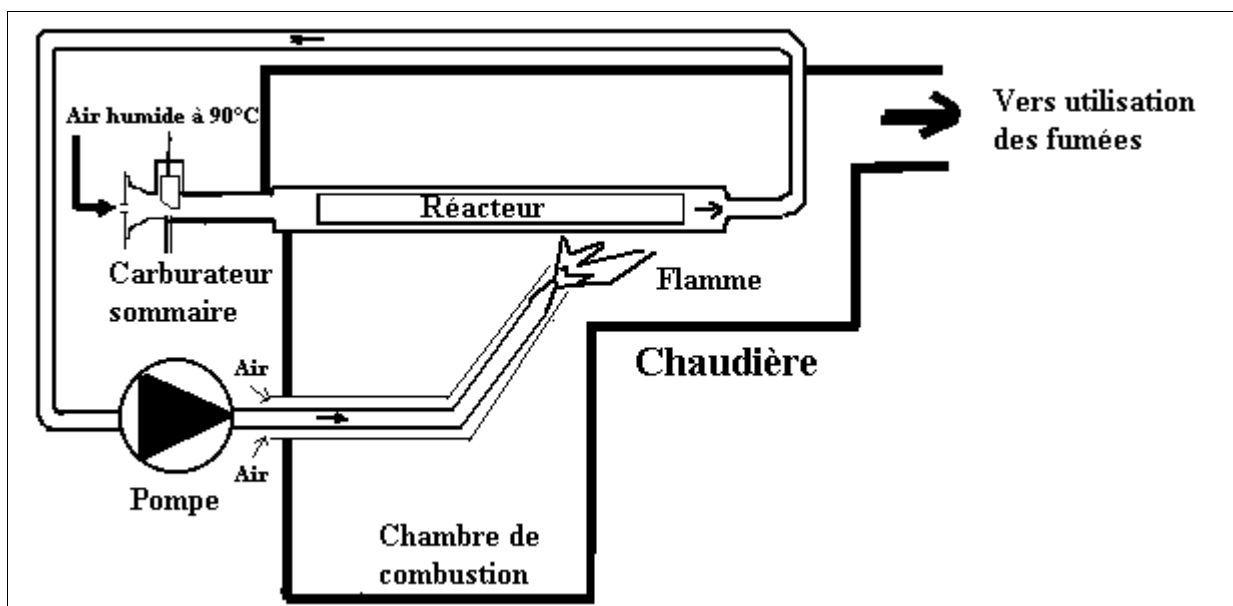
dimensions facilement variable). Puissance thermique & pollution correspondante. Etablissement de tables empiriques.

- Mesure de magnétisme (pas d'interaction avec l'allumage du moteur ou la génératrice d'un groupe électrogène) et influence sur la réaction ?
- Injection de gaz "étalons" dans le réacteur chauffé et analyse du ou des gaz en sortie.
- Influence du dimensionnement du réacteur (dimensions de la tige et de l'espace annulaire) sur la qualité du gaz reformé.
- Influence de la dépression sur la qualité du gaz reformé
- Influence du débit de pompe sur la qualité du gaz reformé
- Influence de la température de chauffe sur la qualité du gaz reformé. Essayer de trouver une température optimale.
- Etablissement de loi expérimentales liant les paramètres : T° , p , débit.
- Influence des matériaux du réacteur facilement interchangeables (notamment avec des matériaux catalytiques de type nickel, manganèse...etc)
- Un montage similaire avec un réacteur en verre permettrait avec une caméra haute fréquence d'observer la trajectoire des gaz dans le réacteur ou bien une caméra infrarouge pourrait étudier précisément les points chauds.

Remarque : la liste de ces différents essais n'est pas exhaustive et des essais complémentaires pourront évidemment être établis au cours des expérimentations suivant les observations et résultats obtenus.

4) Présentation d'un montage chaudière

Voici le schéma de principe du montage chaudière. La génération de la vapeur sera à dimensionner après études sur le prototype de même pour le système d'injection de carburant. Etant donnée le caractère innovateur du procédé, les premières études se feront au cas par cas.



5) Présentation du montage expérimental

Avant d'adapter le procédé sur une chaudière en vue d'une application concrète, l'élaboration d'un petit prototype est nécessaire. Ce prototype est basé sur les plans de Pantone diffusés sur Internet. Le réacteur de ces plans est dimensionné pour un moteur thermique de 10 Cv maximum.

a) L'alimentation en carburant.

Le réacteur doit être alimenté en carburant en respectant les conditions suivantes :

- Avoir un rapport stoechiométrique de 2 à 3 quantité d'air par quantité de carburant.
- Eviter au maximum les gouttelette liquides au niveau de l'espace annulaire. Pulvérisation la plus fine possible ou utilisation d'un évaporateur-bulleur (mais complexe sur chaudière et impossible de réguler la richesse)
- maintenir le réacteur en dépression (0.8 bar absolu minimum)

Cette alimentation peut être réalisée de 2 manière :

- 1) Par évaporation : solution des bûleurs.

Avantages : pas de gouttelettes dans le réacteur. Faible coût mais construction sur mesure nécessaire.

Inconvénients : réglage de la stoechiométrie délicate. Problème des portions volatiles/lourdes délicat à résoudre (chauffage régulé nécessaire)

- 2) Par pulvérisation : carburateur modifié ou injecteur

Avantages : très bon réglage de la stoechimétrie et mesure de consommation instantanée. Tout le carburant est consommé instantanément par seulement les portions les plus volatiles.

Inconvénients : possibilité de gouttelettes au niveau de l'espace annulaire. Etude d'une "zone de volatilisation" nécessaire.

La solution retenue est la pulvérisation, qui permettra l'utilisation plus aisée de carburants alternatif et permettra un bon contrôle de la quantité de carburant injecté. Pour des raisons de simplicité et de coût, l'utilisation d'un carburateur modifié (richesse de 2 à 3 et adapté aux caractéristiques du carburant) de petit moteur thermique (10 Cv environ) sera étudiée.

b) Le réacteur.

Compte tenu du rendement (0.3 maximum) d'un moteur thermique et de la conversion $Cv \leftrightarrow W$ (1 Cv = 740 W), nous pouvons estimer qu'un réacteur

dimensionné pour 10 Cv mécanique correspond environ à une puissance thermique de 25 kW. Nous avons donc la proportion :

1 réacteur/25kW de puissance thermique.

Dimensionné à partir de mon expérience issue du projet ENSAIS, il pourra accepter des dimensions variable de tiges pour les tests de carburants alternatifs.

Loi empirique établie : plus le carburant est volatil, moins l'espace annulaire a besoin d'être réduit et long.

Dimension du tube recevant la tige : 15-500.

c) La pompe à gaz chaud.

C'est un point essentiel du dimensionnement du montage. Son but est double :

- créer la dépression nécessaire dans le réacteur ($\Delta p \sim 0.5$ bar minimum)
- alimenter le brûleur en gaz ($Q_v \sim 20000$ NI/h)

Ces deux paramètres sont liée sur n'importe quel pompe mais, contrairement au montage moteur où ils dépendent du régime moteur qui lui dépend de la charge et des réglages du l'utilisateur, ils sont directement accessibles par l'utilisateur faisant varier le régime de rotation de la pompe. Il est donc nécessaire de choisir une pompe présentant une large plage de variations de rotation et de connaître les correspondances (Q_v , Δp , N)

Avec la puissance thermique fournie et le débit volumique, nous aurons aisément une approximation (pertes dans les fumées non prise en compte) du pouvoir calorifique volumique du gaz brûlé. Une approximation par un G.P. (T° & p connues) donnera le pouvoir calorifique massique du gaz GEET.

Il faudra vérifier que la pompe résiste aux gaz corrosif (suivant le carburant utilisé) et à la température des gaz sortant du réacteur (ordre de grandeur : 100°C). D'après mes premières expérimentations le gaz GEET résiste aux basses pressions (pas d'auto-inflammation dans un moteur essence où la pression, avant explosion, est de l'ordre de 8 bar), il ne sera donc pas nécessaire de prendre une pompe Anti-déflagrante (qui multiplie son coût par 10). Obtenir l'indice d'octane (aptitude à la résistance à l'auto-inflammation) du gaz GEET permettrait une optimisation totale d'une adaptation du procédé sur véhicule (le taux de compression serait adapté).

d) Le brûleur

Il devra fournir une quantité d'air suffisante au gaz GEET pour assurer une combustion complète. Il devra être dimensionné empiriquement et il est probable que cette stoechiométrie varie suivant le carburant employé ; une vanne de réglage d'air sera donc montée. Il pourra être constitué de 2 tubes concentriques.

e) L'échangeur.

Notre montage comprendra évidemment un seul réacteur, nous devons donc dimensionner un échangeur récupérant 25 kW. Pour des raisons de choix technologiques et de perte thermique, cet échangeur sera un serpentín qui entourera

le réacteur, la flamme du brûleur venant lécher le réacteur et le serpentin. La puissance thermique sera variable avec le débit de l'eau parcourant le réacteur.

Ordre de grandeur : Eau chauffée de 20 à 80°C, débit nécessaire 0.1 L/s soit 360 L/h.

f) Le corps

Il devra permettre de récupérer les gaz de combustion pour analyse et d'isoler thermiquement le serpentin et le réacteur. C'est aussi le bâti du prototype. Réalisé en tube de chauffage.

Remarque : Un plan A4 pré-dimensionnés est fournis en annexe. Le dimensionnement final ne pourra se faire que lorsque le serpentin et la pompe seront dimensionnés.

6) Pré-financement du montage

Voici une étude de pré-financement du montage expérimental chaudière ne prenant pas en compte les coûts humains et d'expérimentation. C'est simplement le coût des matériaux, matériels et du montage nécessaire à l'élaboration du prototype.

Désignation	Caractéristiques	Coût (estimation matériel neuf) en FF.
Le carburateur	Carburateur à boisseau, Diamètre 21 environ. Pointeaux & gicleurs de réglage + jeux de joints.	1000 FF
Le réacteur	Tube DIN 15-21 + Tiges Stub	500 FF
La pompe à gaz	Suivant offres constructeurs. Qv ~ 20 000 NI/h et $\Delta p \sim 0.5$ bar	3000 à 4000 FF
Le brûleur	Tube de cuivre empilés	100 FF
Le corps	Tubes de chauffages	500 FF
Le serpentin	Tube de cuivre cintré Diam. ~8 mm. <i>A dimensionner</i>	500 FF
Divers	Raccords et vanne de réglage d'air (bruleur)	500 FF
Montage	Coût du montage (soudage, usinage divers...)	2000 FF
Total	-	~9100 FF (~1385 €)

