

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES 1999

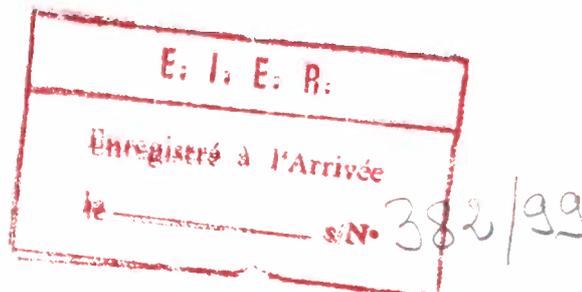
Présenté par :

NTEP NTEP Paul

AUGMENTATION

Amélioration de la capacité et de la puissance du brûleur à huile de vidange à usage artisanal

MENTION :



Encadrement
Y. COULIBALY
P. GUISSOU

DÉDICACE

Je dédie ce travail :

A mon défunt père NTEP Noé qui m'a inculqué depuis mon enfance, le sens de l'effort et de la persévérance.

A ma très chère mère, Mme veuve NTEP Pauline Esther pour l'affection et l'indéfectible soutien qu'elle a toujours eus pour moi.

A toute la famille NTEP

REMERCIEMENTS

Ce travail n'aurait jamais pu être réalisé sans le soutien constant et indéfectible de nos encadreurs .tant au niveau de l'E.I.E.R qu'au niveau du R.B. CEAS . Je pense notamment à :

- *Monsieur Yézouma COULIBALY, chef du département des infrastructures, énergie et génie sanitaire.*
- *Monsieur Pierre GUISSOU, chef de service du SATA.*
- *Monsieur Charles KONSIEBO, adjoint au chef du service du SATA*

J'aimerais qu'ils trouvent à travers ces écrits toute ma gratitude et mes sincères remerciements

Mes remerciements vont également à l'endroit de tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à l'aboutissement de notre travail.

Résumé

En cette fin de 20e siècle, on constate avec beaucoup de fierté que le monde entier, dans son ensemble connaît une grande évolution par rapport à la façon d'appréhender les progrès scientifiques et techniques : en effet, tout projet de développement ou de modernisation fiable de nos jours, intègre dans une large mesure l'homme et son environnement

C'est donc dans cette optique que le Centre Ecologique Albert Schweitzer, par l'entremise du Service d'appui technique aux artisans (SATA), a construit, à la demande des fondeurs d'aluminium et de bronze, un brûleur à huile de vidange qui, malheureusement, n'a pas pu servir comme il se doit : bien que fonctionnant normalement et pouvant atteindre une température élevée (1000° C), l'appareil ne rend pas encore entière satisfaction aux utilisateurs.

Aussi, pour remédier à cette situation, le SATA a décidé de mener une étude sur l'appareil. Il nous y a donc associé afin qu'ensemble, nous menions une réflexion constructive devant aboutir à une alternative fiable.

Ainsi, après quelques semaines d'imprégnation de la substance et surtout de la pertinence de ce travail, nous avons enchaîné avec une étude approfondie sur le brûleur à améliorer (brûleur Atesta) ; étude au terme de laquelle nous avons pu constater les insuffisances au niveau de la capacité, de la puissance, de l'étanchéité de la chambre de combustion et du rendement pour ne citer que celles-là.

C'est donc, sur la base de ce constat que nous ^{avons} suggéré trois modèles de rechange. Parmi ces derniers, un a pu être construit : il possède un creuset d'une capacité de 8 litres soit, une augmentation de 6 litres par rapport au creuset de l'ancien modèle. En outre, les essais de combustions réalisés avec le nouvel appareil montrent que le rendement a augmenté de 2 % et que le temps de fusion d'une même quantité d'aluminium diminue de 20 % au moins passant par exemple de 50 à 35 minutes.

Cependant, si le résultat actuel de notre réflexion apporte une amélioration par rapport à l'ancien modèle, il ne demeure pas moins vrai qu'il reste encore beaucoup à faire. A cet effet, la récupération d'une partie de l'énorme quantité de chaleur perdue à travers la cheminée pourrait contribuer à améliorer d'avantage le rendement de l'appareil . De même, l'introduction des filtres à huile et à fumée peut améliorer l'entretien et diminuer la propagation des produits très dangereux dans l'atmosphère. En définitive, nous pensons que les réserves émises ci-dessus peuvent constituer, à ne point en douter, des sujets de réflexions intéressants pour l'avenir.

SOMMAIRE

DEDICACE	1
REMERCIEMENTS	2
LISTES DES ABREVIATIONS	3
AVANT - PROPOS	7
INTRODUCTION	9
PRESENTATION DU CEAS	11
POSITION DU PROBLEME	13
PREMIERE PARTIE : GENERALITES	15
I HUILES USEES	16
I-1 Définition	16
I-2 Problématique des huiles usées au B. F	16
I-3 Composition des huiles usées	17
I-4 Utilisation des huiles usées	17
I-5 Cas particuliers des huiles de vidange	18
I- 5 - 1 Forme de pollutions engendrées par le rejet des huiles de vidange	22
I - 5- 2 Conséquences de ces pollutions sur l'écosystème	22
II LES BRULEURS	24
II-1 Définition	24
II-2 Classification	24
II-3 Cas particulier : les brûleurs à huile de vidange	25
II-3-1 Description	25
II-3-2 Principe de fonctionnement	26
DEUXIEME PARTIE : ETUDES EXPERIMENTALES DU BRULEUR ATESTA	29
I ETUDES SUR LE FONCTIONNEMENT	30
I-1 Description de la plate-forme expérimentale	30
I-2 Essais de combustion	30
I-3 Interprétations des résultats	34
I- 3-1 Constat	34
I-3-2 Calcul des rendements	34

II PROPOSITION D'AMELIORATION	36
II - 1 Schéma des brûleurs conçus	38
II - 2 Innovations apportées par les modèles proposés	42
TROISIEME PARTIE : CONCRETISATION DE LA SOLUTION RETENUE	46
I DESCRIPTION	47
I- 1 Schéma de principe	47
I-2 Commentaires	48
II MISE EN OEUVRE DU BRULEUR	49
II - 1 Fabrication des différentes parties	49
II - 2 Assemblage	51
III ESSAIS DE COMBUSTION ET RESULTATS	52
III - 1 Essai de combustion	52
III - 2 Commentaires des mesures	54
III - 3 Evaluation théorique des pertes de chaleur	54
III - 4 Calcul du rendement	56
III - 5 Analyses des effluents gazeux	56
CONCLUSION	58
ANNEXES	59
Annexe 1 : résultats des analyses des huiles usées à la SONABHY	
Annexe 2 : résultats de l'analyses des gaz de combustion	
Annexe 3 : encombrement des pièces qui constituent l'essentiel de l'ossature du brûleur	
Annexe 4 : photographies des brûleurs (fours)	
BIBLIOGRAPHIE	

LISTES DES ABREVIATIONS

- ATESTA : Atelier énergie solaire et technologie appropriée
- CEAS : Centre Ecologique Albert Schweitzer
- EIVD : Ecole d'Ingénieurs du canton de VAUD à Yverdon
- GFB : Générale Fonderie du Burkina
- SATA : Service d'Appui Technique aux Artisans
- REDI : Renewable Energy Development Institute
- SONABEL : Société Nationale Burkinabé d'Electricité
- SONABHY : Société Nationale Burkinabé d'Hydrocarbures

AVANT - PROPOS

Au lendemain des indépendances des pays de l'Afrique saharienne, de nombreuses voies se sont élevées pour plaider en faveur du transfert de la technologie des pays industrialisés du Nord vers les pays pauvres et sous-développés du Sud. Les détenteurs de cette thèse l'ont justifié par le fait qu'elle constituait le seul moyen pour nos pays de réduire l'énorme écart qui nous sépare des autres (pays riches).

Cependant, depuis quelques années (décennies 80 ou 90) maintenant, l'on observe un changement de discours : il y a des réticences çà et là par rapport à cette manière de vouloir sortir du gouffre. Ceci est peut-être dû au fait que les technologies importées n'ont que trop manifestées leurs limites et leur inadaptation ; le nombre de crises enregistrées jusque là en constitue une preuve indiscutable.

Il y a donc lieu de s'interroger sur la validité des choix appliqués dans les stratégies de développement, surtout à un moment où nous bénéficions d'une meilleure connaissance des contraintes imposées par notre milieu.

L'intégration d'un ensemble de nouvelles technologies mieux adaptées aux conditions culturelles, sociales, économiques et surtout écologiques, semble, dès lors inévitable; on voit donc s'amorcer une phase de «révolution» dans le domaine de la technologie moderne ; de plus en plus, il y a une préférence pour les initiatives qui accordent une large place à l'homme et à son milieu naturel. C'est d'ailleurs ce que suggère l'auteur Anglais dans son ouvrage « Technology : blue print for a community » quand il affirme : «... l'homme doit passer avant la machine, le peuple avant l'état, la pratique avant la théorie, l'élève avant le maître, la campagne avant la ville, le petit avant le grand, la vision totale avant le réductionnisme, la matière organique avant la matière synthétique, la planète avant l'animal, le travail artisanal avant la spécialisation, la qualité avant la quantité».

Aussi, la technologie appropriée qui prône : - une utilisation des techniques locales ; - une améliorations des techniques locales ; - une importation d'une technologie adéquate sans modification ; - une importation et une adaptation d'une technologie étrangère, s'inscrit dès lors comme l'alternative de l'avenir et du devenir car non seulement elle revêt à la fois le caractère moderne et intermédiaire, mais elle contribue efficacement au problème de l'emploi (*labour intensive*). De plus, elle prend en compte la conservation de l'environnement

sans laquelle on ne saurait parler véritablement de développement fiable et durable. L'approche francophone¹ du développement durable fait d'ailleurs large part aux questions de formation et d'information à la gestion de l'environnement et le milieu naturel. A ce titre l'artisanat, de part son caractère spontané et parcellaire, offre une adaptation totale à la dimension locale analysée en terme de produit et de main d'œuvre et de besoins à satisfaire.

On en vient donc à comprendre pourquoi les autorités de certains pays accordent de plus en plus une priorité à ce domaine qui, il y a 30 ans, était considéré comme un phénomène archaïque, condamné à terme dans les systèmes industrialisés. En effet, à travers les organismes nationaux ou internationaux, les populations reçoivent des moyens et l'expertise qui leur permettent de voir éclore leurs idées ou de trouver une satisfaction à leurs besoins.

Dans le présent document, nous n'avons pas la prétention de faire l'éloge de l'artisanat ou de la technologie appropriée. Toutefois, soucieux des innombrables problèmes que cause le rejet des huiles usagées dans l'environnement, nous nous proposons de mener une étude sur un brûleur de fabrication artisanale mis au point par le C.E.A.S. Ce brûleur utilise les huiles de vidange comme combustible. L'on l'a proposé non seulement pour améliorer les conditions de travail et les moyens de production des forgerons et des fondeurs, mais aussi pour pouvoir réutiliser les huiles usées qui constituent un danger pour la nature.

Il s'agit concrètement de faire, dans un premier temps, un diagnostic des problèmes qui empêchent aux artisans d'utiliser, régulièrement, le brûleur que le C.E.A.S a mis à leur disposition. Dans un deuxième temps, nous fournissons les remèdes (solutions) qui vont permettre à cet appareil de retrouver non seulement le crédit auprès des utilisateurs mais surtout de jouer les rôles qui lui ont été assignés au moment de sa conception. Car nous pensons sincèrement que toute vulgarisation d'un produit passe forcément par son utilisation.

¹ Réunion ministérielle des francophones sur l'environnement et le développement tenu à Tunis e

INTRODUCTION

Situé en Afrique sahélienne, le Burkina-Faso comme la plupart des pays de ce sous-ensemble, manque cruellement de ressources en eau : et surtout des ressources en eau de surface : l'on est obligé de procéder à la construction des barrages de pluies pour enrayer cette pénurie.

Pourtant, depuis bientôt trois décennies maintenant, on assiste à une pollution de plus en plus accru de ce don de la nature indispensable à toute forme de vie.

Ces pollutions sont causées par plusieurs facteurs parmi lesquels nous citons en premier lieu, les huiles usées issues des garages automobile mais surtout des centrales thermiques Diesel à partir desquelles le pays tire l'essentiel de son énergie électrique.

En effet, les huiles usagées sont très néfastes à l'environnement. C'est pourquoi, la mise en place des procédés pour leur recyclage ou pour leur utilisation à grande échelle ne peut être que salutaire.

Le CEAS, sensibilisé sur cette épineux problème, tente à sa manière de trouver une solution. Aussi, fidèle à la promotion du concept «technologie adaptée», il a mis au point, par l'entremise du SATA^{de PEPI} à Ouagadougou au Burkina-Faso en 1997, un brûleur à huile de vidange qui devait répondre aux aspirations des artisans (fondeurs de l'aluminium, du bronze, de la céramique,...).

Seulement, bien que l'appareil réalisé soit fonctionnel, le C.E A.S n'a toujours pas réussi à convaincre les artisans de se débarrasser de leurs appareils traditionnels de travail au profit du brûleur ; en fait, malgré les conséquences sur le plan environnemental et les difficultés auxquelles l'utilisation du four à charbon de bois entraîne, les fondeurs continuent à utiliser l'utiliser au détriment du brûleur. On a l'impression que ce dernier constitue pour eux un objet d'ornement du magasin plutôt qu'un outil de travail.

Aussi, pour remédier à cette situation, le SATA a pensé à une amélioration des caractéristiques du brûleur. Cela l'a donc emmené à nous proposer le thème «Augmentation de la capacité et de la puissance du brûleur à huile de vidange à usage artisanale»

A travers cette formulation, il nous est demandé de mener une réflexion sur l'appareil évoqué ci-dessus pour qu'à terme, il soit trouvé des voies et moyens pour son amélioration ; ce qui le rendrait ainsi, utilisable en permanence.

Aussi, ayant pris connaissance de ces termes de références, nous pensons qu'il est commode de commencer par une recherche bibliographique afin que nous puissions nous imprégner de la consistance du travail qui nous a été demandé et si possible qu'on en étende le champ d'investigations. Après quoi, nous enchaînerons ensuite avec une étude approfondie (des essais) sur le brûleur à améliorer tout en essayant de proposer des solutions. Nous procéderons enfin, à une concrétisation d'une des solutions retenues.

C'est donc à cette tâche que nous allons nous atteler dans les pages qui suivent. Mais, avant de s'y employer, nous nous proposons d'abord de vous faire découvrir le C.E.A.S, notre structure d'accueil et d'encadrement pour le sujet qui doit être traité.

PRESENTATION DU CEAS

Le C.E.A.S (Centre Ecologique Albert Schweitzer) est une organisation non gouvernementale (ONG) de conseil et d'appuis technique , d'échanges et de transfert de compétences .

Créé en 1980 à Neuchâtel en Suisse , il a le statut juridique d'une fondation. Son siège est à Neuchâtel .

Ses objectifs à long terme sont :

- lutter contre la désertification en encourageant la sauvegarde et la restauration du couvert végétal et des sols dans le monde,

- promouvoir le développement de l'être humain en harmonie avec son environnement.

C'est un organisme de coopération technique qui travaille avec des partenaires africains et malgaches (paysans, artisans et entrepreneurs) dans différents domaines d'activités dont les énergies renouvelables , la fabrication locale d'équipements à usage villageois et agricole , l'agro-écologie et l'agro-transformation . Il intervient à quatre niveau : recherche , formation , suivi et mise à disposition d'une documentation scientifique en général et technique en particulier.

Le C.E.A.S possède deux représentations en Afrique :

- une représentation au Burkina - Faso (R.B. CEAS)
- une représentation à Madagascar (R.M. CEAS)

Représentation burkinabè

La R.B. CEAS relaye le CEAS niveau du Sahel. Elle est composée de :

- 3 services d'appui technique (SATA SATEP SAPE
- 1 service d'appui à documentation (SADOCC)
- 1 directeur et 15 collaborateurs permanents

Elle dispose des infrastructures administratives et techniques pour la recherche , la mise au point et la formation . Elle possède un atelier de l'énergie solaire et de technologie appropriée (ATESTA) , une unité expérimentale pour les stage à Ouagadougou et un jardin d'essai à Goumtoaga .

Les domaines d'activités du R.B. CEAS sont l'énergie solaire, le séchage et le reboisement. La promotion de la technologie appropriée qui est l'un des objectifs se réalise à travers des formations techniques spécifiques dans la fabrication des chauffe-eau solaire, des pompes manuelles et la fabrication de séchoir solaire et à gaz. Elle met au point et expérimente des prototypes destinés à satisfaire la clientèle ou les utilisateurs. C'est la raison pour laquelle tout est fait pour que le brûleur fonctionne normalement afin que sa vulgarisation soit faite plus facilement.

Les 3 services d'appui sont :

- SATA : services d'appui techniques aux artisans ; il s'occupe de la recherche de nouveaux produits, du développement des techniques, la formation le suivi et les conseils.

- SATEP : service d'appuis techniques et écologique aux paysans ; il s'occupe de la recherche, de la formation et de la vulgarisation.

- SAPE : service d'appui aux P.M.E, spécialisé dans le séchage des fruits. L'unité expérimentale permet la mise au point, le suivi de la technique et les essais de commercialisation.

Dans le cadre de ses activités, le SATA a expérimenté un nouveau type de séchoir utilisant une pompe à chaleur permettant une déshumidification. En ce moment même, il expérimente un générateur d'air chaud à huile de vidange et une machine frigorifique solaire. C'est donc dire qu'au niveau de la R.B. CEAS et par conséquent de la CEAS, l'on est perpétuellement à la recherche de l'innovation.

POSITION DU PROBLEME

Fidèle à une de ses approches méthodologiques à savoir: la démarche participative (implication des partenaires et des bénéficiaires du projet comme acteurs principaux), le SATA du R.B CEAS a mis au point, à la demande des artisans, un brûleur à huile de vidange baptisé " brûleur à huile de vidange ATESTA". Le brûleur ATESTA s'inspire du modèle qui a été réalisé et expérimenté par l'institut Suisse REDI (*Renewable Energy Development Institute*) en vers les années 1990.

L'idée, en fabricant ce modèle est de mettre à la disposition des populations quelque chose d'écologique, de simple et d'efficace pouvant répondre à certains objectifs parmi lesquels :

1° / - Contribuer à la diminution progressive du rejet de l'huile usagée dans la nature ou alors son stockage dans des endroits parfois non autorisés (le brûleur permet d'utiliser en moyenne 3000 litres d'huile par an)

2 °/ - Améliorer les conditions de travail et diminuer les charges imputables à la production des objets des utilisateurs (l'huile étant bon marché , l'on devrait assister à une baisse des prix des produits fabriqués par les fondeurs)

3 °/ - Offrir des opportunités d'emplois aux bras valides (la fabrication et la commercialisation de cet appareil est fait par les artisans ayant reçu une formation auprès du centre) .

Cependant, on a constaté sur le terrain que malgré le fait que ce brûleur est fonctionnel , les artisans qui le possèdent pourtant continuent à utiliser leur traditionnel four à charbon.

A la question qui a été posée à ces derniers de savoir pourquoi avoir opté pour ce choix pourtant moins économique (puisque le charbon est plus cher que l'huile de vidange) et surtout dangereux à la flore (pour avoir le charbon, il faut du bois et par conséquent, il faut l'abattage des arbres), l'on s'est vu rétorqué que le brûleur à huile de vidange ne permet pas de fabriquer les grandes marmites ou les outils demandant une certaine quantité de métal à fondre ; de plus le temps mis pour faire fondre une quantité donnée d'aluminium avec le brûleur à huile de

à dire Jean
vidange est sensiblement plus élevé que celui qu'on met en utilisant le four pour la même opération.

Au regard des réponses obtenues ci-dessus, il ressort clairement que le principal problème réside au niveau des caractéristiques du brûleur. En fait, la capacité et dans une moindre mesure la puissance de l'appareil doivent être agrandies.

✓ Aussi, pour satisfaire à cette contrainte, et assurer afin une bonne vulgarisation du brûleur, le SATA, nous a invité à travailler avec lui dans le but d'améliorer le produit existant; C'est donc dans cette voie que nous nous lançons dans les pages suivantes, tout en espérant qu'à terme nous aboutirons à des résultats satisfaisants.

PREMIERE PARTIE :

GENERALITES

I HUILES USAGEES

I - 1 Définition

Une huile usée peut-être considérée comme une huile de source industrielle ou non qui , au départ , a des qualités pour être utilisée soit comme combustible soit comme lubrifiant et qui , par la suite, devient inadapté pour ses fonctions d'origine du fait des impuretés ou de la perte de ses qualités d'origine. Dans cette définition , nous faisons abstraction des huiles d'origine animales et végétales

I - 2 Problématique des huiles usées au Burkina

Les huiles usées qui sont aussi appelées huiles minérales (déchets hydrocarbonés issus des produits pétroliers) causent un sérieux casse-tête aux autorités du pays et en particulier aux administrateurs de la SONABEL qui est de loin , le premier générateur des ces déchets (plus de 30 tonnes répandues chaque année par la section de Ouagadougou).

- ✓ En effet , les huiles usées , faute de l'existence de techniques ou des procédé de réutilisation en masse convenables , sont déversées dans la nature ou peuvent être stockées dans des citernes qui , dans ce cas , se multiplient à un rythme inquiétant (compte tenu des quantités importantes produites au quotidien) ;
- ✓ entraînant ainsi un problème d'espace et de moyen. Sur ce, l'on n'est tenter de se poser la question suivante: pendant combien de temps faudra t- il encore continuer à stocker ces déchets et jusqu'à où le fera t-on (puisque l'on veut éviter , du moins de manière officielle, leur rejet anarchique) ? ou alors celle de savoir si l'on dispose d'une source de moyens inépuisables!!! qui permet , chaque fois
- ✓ que le besoin se pose, d'acheter de citernes pour stocker ces résidus?

Il est évident que la production d'énergie électrique au Burkina-Faso à travers les centrales thermiques diesel et à une échelle moindre , la lubrification des moteurs à combustion interne , vont continuer à fournir d'importantes quantités d'huiles usées (voir tableau ci-dessous pour illustration) dont il faudra , de plus en plus , penser à évacuer d'une façon autre que celle qui se pratique actuellement : le rejet le plus souvent frauduleux dans le milieu naturel . Car cela risque de produire à terme , des impacts néfastes sur l'environnement et par conséquent, des effets très dangereux pour la santé et le bien-être des populations .

En effet, la contamination de la nappe phréatique par les métaux lourds contenus dans ces huiles pourrait compromettre dans l'avenir la consommation des eaux souterraines qui sont pourtant, pour des millions de burkinabé, les seules sources d'approvisionnement en eau (les conditions climatiques assez rudes ne permettent pas toujours de disposer d'une eau de surface naturelle). Il

est donc urgent d'agir très vite sinon il sera très difficile de pallier à ce problème. Et pourtant de l'autre côté, les quantités n'ont pas cessé de d'augmenter au fil des années ; ce qui est loin de laisser indifférent : les chiffres sont assez révélateurs. Le tableau ci-dessous le montre clairement.

Tableau 1 : les quantités d'huiles stockées dans les installations de la SONABEL en 1998.

Quantité d'huile (litres)	Type d'huile usée
832 000	boue de fuel
276 000	huile de vidange

I - 3 Composition des huiles usées

Des observations faites à travers certaines recherches (réf. Mémoire BOCO, Travail de Diplôme de E.Glausser - étudiant suisse), il ressort que l'huile usée burkinabé est un mélange constitué, en général, de:

- Fuel-oil et D.D.O (combustibles utilisés pour le fonctionnement des moteurs de la centrale);
- l'eau ;
- la boue et d'huile de vidange.

Ce genre de mélange est rencontré aussi bien dans les garages automobile que dans les centrales de la SONABEL : les combustibles contenus dans cet ensemble proviennent des coulages (fuites) ; l'eau et la boue sont issues des différentes manipulations dans les salles des machines ; l'huile de vidange, quant à elle est recueillie après que l'on n'ait constaté que cette dernière ne peut plus être utilisée en appoint dans la centrale.

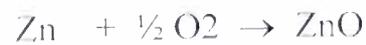
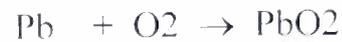
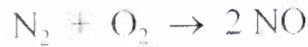
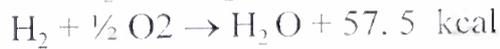
Les analyses faites sur les huiles usées burkinabé au laboratoire de la SONABHY, apportent d'avantage plus de précision (propriétés physico - chimique) sur cette composition générale; nous en consignons les résultats en annexe.

I - 4 Utilisation des huiles usées

Les huiles usées peuvent être récupérées et réutilisées de divers façons . Nous noterons entre autre :

- * la valorisation énergétique des huiles comme combustible au niveau des brûleurs et des chaudières

En effet, la combustion des huiles donne lieu aux réactions suivantes :



Ces réactions font ressortir l'impressionnante quantité de chaleur qui se dégage lors de la combustion des huiles usées. Elles nous renseignent également sur les principaux éléments dont dépend cette libération d'énergie (il s'agit essentiellement du carbone , de l'hydrogène et du soufre comme nous pouvons le remarquer ci-dessus)

* l'utilisation en appoint dans les centrales thermiques (quand elles ne sont pas considérées comme étant de très mauvaise qualité). On parlera donc de régénération des huiles usagées .

Dans ce qui suit, nous allons nous attarder sur les huiles de vidange car si le contexte de notre travail nous permet d'aborder de manière général l'étude des huiles usées , il n'en demeure pas moins vrai que nous sommes principalement intéressés, dans le cadre de notre étude, d'abord par les huiles de vidange.

I-5 Cas particuliers des huiles de vidange

Nous entendrons par huiles de vidange ici, le liquide légèrement visqueux, de couleur noir (due probablement à la présence des boues) qui est rejeté au terme de l'utilisation des huiles hydrocarbonés, dérivées des produits pétroliers (huiles minérales) pour la lubrification ou le graissage des moteurs à combustion interne.

Au niveau du BURKINA-FASO, comme d'ailleurs dans la plupart des pays de l'Afrique sub-saharienne, ces déchets industriels liquides sont en général mélangés à de faibles proportions d'eau et de boue car il n'existe pas une véritable politique de récupération ou de traitement des déchets.

Diverses analyses ont été faites sur les huiles usées et en particulier sur les huiles de vidange (laboratoire de l'EIVD dans le canton de Vaud en Suisse, laboratoire de la SONABHY). Les échantillons analysés ont été prélevés d'une part dans un garage automobile à Ouaga (envoyés au Lab. de l'EIVD) et d'autre part dans l'une des centrales thermiques de la SONABEL (pour ce qui est des analyses faites à la SONABHY).

Les résultats obtenus dans chacun des deux cas sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Résultats des analyses faites sur l'huile de vidange burkinabé

		Lieu de l'analyse	
		Laboratoire de la SONABHY	Laboratoire chimique de l'EIVD
origine de l'huile analysée		Centrale de la SONABEL (OUAGA II)	Garage automobile
Teneur en eau (% par Rapport au volume)		2	1.22
Pouvoir calorifique (KJ / kg)	PCI	40 000	40 128
	PCS	43 000	43 100
Masse volumique (kg/m ³)		954 à 15° C 942 à 35° C	900
Viscosité cinématique à 50° C cSt		38.31	
Point d'écoulement (° C)		+3	
Composition chimique		Carbone (83 %) Hydrogène (9%) composés non organiques (7%) (N, O ,S) * Métaux lourds traces (Mg ,Sn,Pb,Zn,Al,Fe,Cr,Na,Si) * Autres composés organiques traces (Toluène , benzène , PCB) * Solvants chlorés traces -1,1,1- trichloroéthylène	

Les valeurs qui sont consignées dans le tableau ci-dessus nous inspirent les remarques suivantes :

- les résultats obtenus dans les deux laboratoires concernant les caractéristiques sont à quelques exceptions près les mêmes.

- Si la teneur en eau de l'huile analysée à la SONABHY est légèrement plus grande que celle de l'huile analysée à l'EIVD ceci est certainement dû au fait que l'huile de garage, en petite quantité par rapport à l'huile de la centrale, est soumise à moins d'aléas (moins de manipulation) que cette dernière (elle peut-être mieux conservée par conséquent). Par ailleurs, les valeurs maximale (2%) et minimale (1.22%) de la teneur en eau ne créent pas de soucis particuliers car elles restent encore très faibles comparées au poids total.
- La viscosité cinématique reste encore assez élevée (38.81 cSt) à la température ambiante par rapport à celle requise pour avoir une bonne efficacité (9 à 11 degré Engler?). Cependant, elle peut être améliorée (diminuée) en procédant au chauffage préalable de l'huile.
- Le pouvoir calorifique de l'huile est assez élevé; c'est la preuve que ces résidus constituent une grande réserve d'énergie qu'on ne saurait négliger.
- La présence, dans l'huile de vidange, des composés non organiques, des solvants chlorés et surtout des métaux lourds même à l'état de traces lui confère un statut de déchets à risque, car ces éléments ont des impacts néfastes pour les écosystèmes.

Il découle de ce qui précède que les huiles usagées possèdent encore largement toutes qualités requises pour être transformé en produit à part entière, moyennant certaines opérations d'épuration ou de récupération. C'est à ce titre, que l'on pourrait proposer la régénération (distillation, hydrogénation, floculation...etc) comme solution mais aussi la réutilisation comme combustibles secondaires ce qui est d'ailleurs assez courant en Europe.

Cependant, dans nos pays où les moyens financiers ne sont pas toujours disponibles, il n'est pas très souvent possible de mettre en place les systèmes de récupération ou de réutilisation. Dès lors, malgré les appels renouvelés des environmentalistes et peut-être le début de la prise de conscience des autorités, le rejet des huiles dans la nature demeure un phénomène assez fréquent en Afrique; ce qui expose notre milieu à diverses sortes de pollution qu'il convient peut-être d'étudier en détail.

I-5-1 Formes de pollutions engendrées par le rejet des huiles de vidange

Le rejet incontrôlé de l'huile de vidange sous quelque forme que ce soit dans notre environnement conduit à des formes diversifiées de pollution. Nous essayerons de présenter celles qui nous semblent les plus dangereuses. Aussi citerons-nous entre autres:

- La pollution de l'eau (eau souterraine et eau de surface)

Les nappes souterraines et les eaux de surface sont contaminées par les métaux lourds (Mg , Pb , Cd , etc ...) contenus dans l'huile de vidange. Par ailleurs un litre d'huile déversée dans de l'eau peut recouvrir une surface de plus de 2000 m² d'une fine pellicule empêchant ainsi toute réoxygénation de l'eau (entrave des échanges gazeux). Il faut savoir en outre que dans la nappe aquifère la présence d'une goutte d'huile rend 10 000 litres d'eau non potable (un litre va en polluer 1000 m³ !)

- La pollution de l'atmosphère

L'incinération désordonnée des huiles favorise le rejet dans l'air - à travers les produits de combustion qui se dégagent - des substances toxiques que ces dernières contiennent (métaux lourds). La présence dans l'atmosphère des substances comme les PCB libérées par évaporation de l'huile peut aboutir à la formation des dioxines.

A titre d'exemple , 20 g de plomb contenu dans 5 litres d'huile de vidange suffisent à rendre toxiques 100 000 m³ d'air.

- La pollution du sol

L'huile de vidange qui pénètre dans le sol cède à ce dernier le Pb, le Zn ou les PCB . Ces éléments inhibent la croissance de la flore, ce qui conduit avec le temps à la dégradation de la qualité du sol.

I-5-2 Conséquences de ces pollutions sur l'écosystème

les pollutions orchestrées par les huiles de vidange dans la nature , ont de sérieuses incidences sur les éléments qui la constitue . Ainsi , nous verrons que:

- Sur le plan humain ,

les métaux lourds présents dans l'eau ou dans les aliments consommés , s'accumulent progressivement dans l'organisme (bio-accumulation) ; cette accumulation va affecter 5 ou 10 ans plus tard , la santé des individus : cancers des organes liés au système digestif, maladies neurologiques, maladies cardio-vasculaires etc...

X ~~des organes liés au système digestif, maladies neurologiques, maladies cardio-vasculaires etc...~~

Par ailleurs, la respiration de l'odeur de l'huile, le contact avec la peau ou l'observation simple de l'huile qui stagne sur de l'eau causent de sérieux désagréments aux populations.

- Sur le domaine de la flore,

il convient de noter l'action négative que le Pb a sur la croissance des végétaux en perturbant la photosynthèse, la respiration et les autres cycles de métabolisme.

Le Zn et le Cu sont également dangereux, car ces éléments favorisent respectivement la formation de nombreuses racines brunâtres et des nécroses puis des chloroses chez les végétaux. Les PCB quant à eux réduisent la fixation du CO₂ chez les algues ce qui conduit à leur disparition à la longue.

- Sur le domaine de la faune,

Nous notons l'intoxication des animaux aquatiques par les métaux lourds mais surtout la disparition des micro-organismes dans l'eau (le plancton) et dans le sol qui participent pourtant activement au bon fonctionnement de la chaîne alimentaire de ces milieux et jouent un rôle tout aussi important au niveau de la conservation de l'eau de surface et de sa clarté d'une part ; de la conservation des sols d'autre part.

- Sur le plan de la technologie de l'assainissement,

La présence de l'huile de vidange sur les eaux destinées à l'usage domestique ou industriel complique d'avantage le traitement; il faudra faire intervenir des produits spéciaux pour arriver à la rendre propre ; ce qui rend très onéreuse l'opération.

II LES BRULEURS

II -1 Définition

Selon le petit Larousse version 98, le brûleur est un appareil assurant le mélange d'un combustible solide, liquide ou pulvérulent (gazeux) et d'un comburant gazeux ou vapeur afin d'en permettre la combustion

La définition ci-dessus montre bien qu'il existe plusieurs type de brûleurs

II - 2 Classification

La classification des brûleurs se fait selon le mode de fonctionnement, de conception, selon le type de combustible ou de comburant utilisé. Le tableau ci-dessous rassemble ces différentes classifications.

Tableau 3 : Classification des brûleurs.

Mode de classification	Types de brûleurs
Selon le combustible utilisé	- brûleur à combustible solide - brûleur à combustible liquide - brûleur à combustible gazeux
Selon la manière dont est brûlé le combustible	- brûleur à vaporisation (ou à gazéification) Exemple : le brûleur de type REDI - brûleur à pulvérisation : par fluide auxiliaire ; par procédé mécanique ; par procédé mixte) Exemple : Brûleur de la Générale Fonderie du Burkina (G.F.B)
Selon le type de mélange et d'introduction de l'air et du gaz (classification établie selon la spécification A- TG - C - 30)	- brûleur à bec à flamme de diffusion ou à becs aérés (brûleur de classe A) - brûleurs à induction (air induit par le gaz) ou brûleur classe B
Selon le mode d fonctionnement	- brûleurs manuels (allumage, extinction et réglage de débit sont effectués manuellement) - brûleurs semi-automatique (ici, seuls l'allumage et l'extinction sont manuels) - brûleurs automatiques (toutes les opérations précédentes sont automatiques)

La classification précédente est loin d'être exhaustive ; cependant , elle permet de découvrir la très grande diversité de brûleurs , allant des plus simples (brûleurs artisanaux) au plus sophistiqués (brûleurs industriels).

Nous conseillons au lecteur qui désire avoir de plus amples informations sur ces appareils de consulter certains ouvrages spécialisés consignés à la bibliographie à la fin du document.

Pour le moment, nous allons focaliser notre attention sur les brûleurs à combustible liquide et plus particulièrement les brûleurs à huile de vidange (huiles usées). A cet effet, nous nous chargeons d'apporter, dans ce qui suit, les éclairages nécessaires à une bonne compréhension de ce type d'appareil qui fonctionne à l'aide de matériaux de récupération.

II - 3 Les brûleurs à huile de vidange

II - 3 -1 Description

◆ Définition

C'est un brûleur à combustible liquide qui exploite la combustion de l'huile de vidange (combustible) et de l'air (comburant) pour produire de la chaleur (calories) .

Leur fonctionnement peut se faire de manière automatique (cf. Brûleur ECO flamme conçu par les canadiens) , mais au Burkina , les brûleurs qu'on n'a vu jusqu'ici sont tous de conception artisanale : ils ont en général, un fonctionnement manuel.

◆ Structure

Les informations que nous disposons sur les brûleurs à huile utilisés sous d'autres cieux ne nous permettent pas d'en donner la structure . Aussi , nous allons nous intéresser seulement de la structure des brûleurs que nous avons eu l'occasion d'observer dans la ville de Ouagadougou .

Nous avons eu l'occasion de rendre visite à deux artisans utilisant chacun un brûleur de fabrication artisanale. Il s'agit du modèle Atesta (mis au point par le CEAS) d'une part et d'autre part du modèle GFB.

Le premier cité est constitué :

- d'un réservoir d'une contenance d'environ trois litres , suspendu sur une hauteur de 1 m 25 du sol par l'intermédiaire d'un support amovible. Il alimente directement le pot de combustion en huile par l'intermédiaire - d'un tuyau d'un diamètre d'environ 30 mm, munie de vanne permettant de régler le débit
- d'un four constitué d'une chambre de combustion et d'une paroi en couronne cylindrique (concentrique à la chambre de combustion) qui est sensé contenir un matériau (sable en général) qui va assurer l'isolation de la chambre .

- ✓ ■ d'un creuset qu'on dispose au dessus du pot de combustion quand l'on s'apprête à fondre le métal qu'il contient. Sa capacité est d'environ 2.1 litres.
- d'un ventilateur entraîné par une roue actionné, elle même, à la main par un opérateur. L'air pulsé par le ventilateur est acheminer vers la chambre de combustion par l'entremise d'un tuyau d'un diamètre intérieur de 30 mm ; le modèle GFB, quant à lui est composé des éléments suivants :
 - un réservoir pour le stockage et l'alimentation en combustible d'une contenance de 200 litres ;
 - d'un flexible de diamètre moyen de 30 mm muni d'un filtre à mi parcours, d'une vanne et d'un gicleur à l'extrémité donnant dans la chambre de pré-mélange ;
 - d'un ventilateur électrique qui souffle l'air dans la chambre de pré-mélange à travers une conduite de 60 mm de diamètre munie d'une vanne de réglage du débit d'air ;
 - d'un four en matériau réfractaire (bloc cuite) comprenant une chambre de combustion, un support pour le creuset (fait en graphite). Le four est recouvert d'un couvercle fait du même matériau que le four et percé d'un trou de 100 mm au milieu pour faire passer les fumées de combustion.

II - 3 - 2 Principe de fonctionnement

Brûleur Atesta :

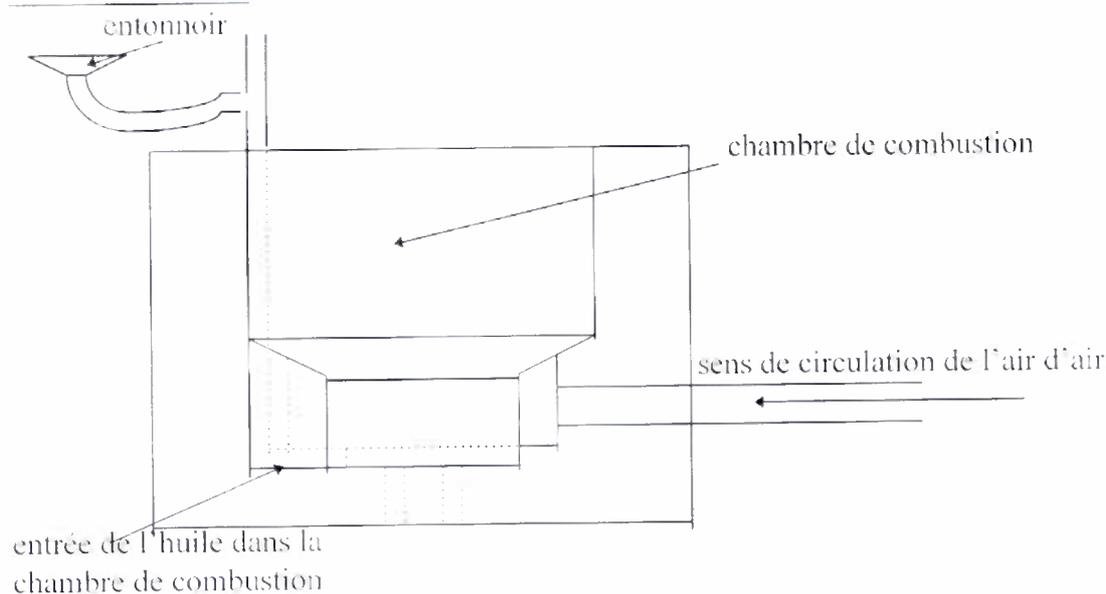


fig 4 : schéma du four du brûleur Atesta

début ?

(... quantité d'huile que contient le pot) et dans certains cas de l'alcool à brûler (quelques dizaines de millilitres) puis on allume. Il est conseillé d'attendre deux à trois minutes afin que l'huile puisse s'enflammer et commencer à brûler effectivement. Dès lors, l'on peut entreprendre de tourner la roue qui va à son tour entraîner le ventilateur permettant ainsi de souffler dans la chambre de combustion et d'activer la combustion de l'huile. Ensuite, on règle le débit d'huile en manoeuvrant sur le robinet ceci se fait en maintenant la ventilation. La flamme issue de la combustion de l'huile étant stabilisée (signe que l'huile brûle de mieux en mieux), on peut alors installer le creuset rempli du matériau à fondre dans la chambre de combustion pour commencer la fusion.

Brûleur modèle G.F.B :

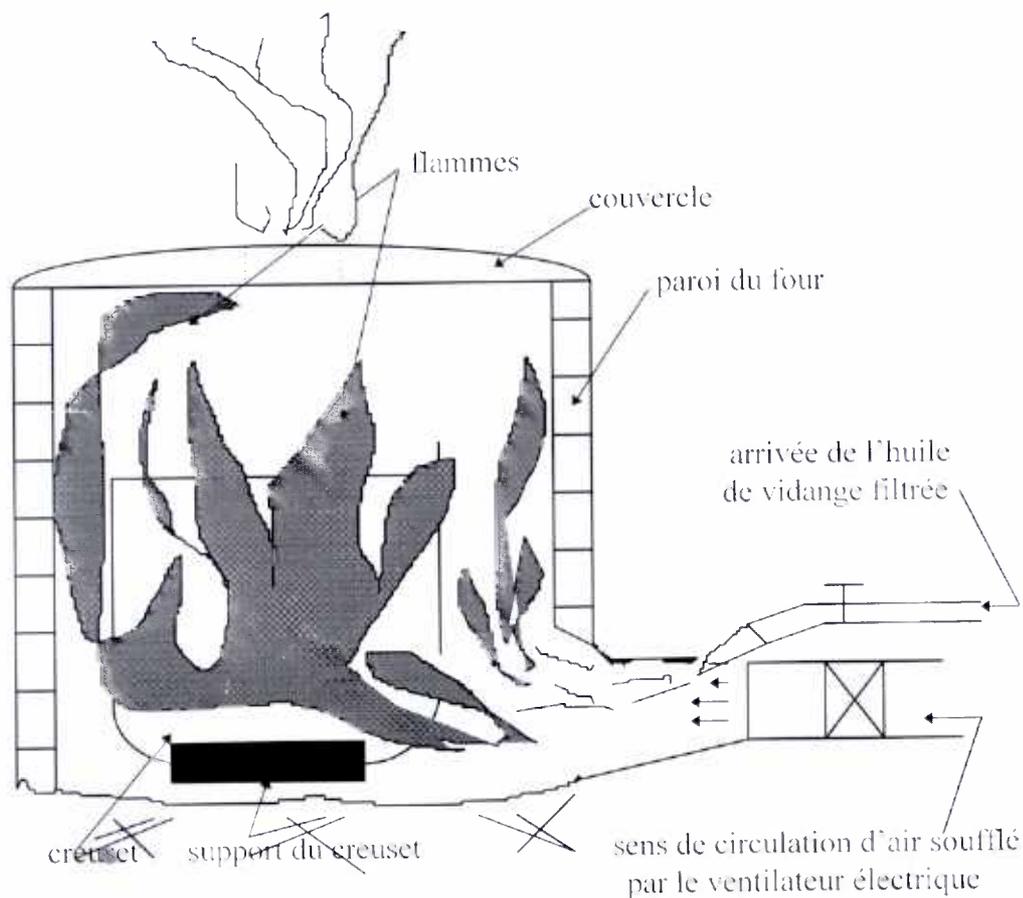


fig 5 : schéma du four du brûleur modèle G.F.B

Après avoir nettoyé et disposé à l'intérieur de la chambre de combustion le support du creuset, on y introduit une petite quantité d'huile via la zone de pré-mélange en manoeuvrant sur le robinet (vanne de réglage). On enflamme ensuite un vieux torchon qu'on jette dans la chambre de combustion. Ensuite on branche le ventilateur qui s'emploie à alimenter la flamme de la combustion par

ensuite un vieux torchon qu'on jette dans la chambre de combustion . Ensuite on branche le ventilateur qui s'emploie à alimenter la flamme de la combustion par pulvérisation du mélange air-huile, puis on y dépose le creuset en graphite rempli du métal à fondre et on referme le couvercle du four. Dès lors il conviendra de régler régulièrement le débit de l'huile afin de permettre une bonne combustion.

DEUXIEME PARTIE :

ÉTUDES EXPÉRIMENTALES DU BRÛLEUR ATESTA

I ETUDES SUR LE FONCTIONNEMENT

I - 1 Description de la plate - forme expérimentale

Après une longue recherche bibliographique pour une bonne assimilation de notre thème d'étude, nous avons enchaîné avec des essais de combustion sur le brûleur à huile de vidange Atesta.

Nous avons opéré d'abord à Tanghin (chez le fondeur Lansané), ensuite nous avons eu à faire d'autres manipulations à Gounghin (à l'atelier du R.B. CEA). A chaque essai nous avons fait fondre une quantité donnée d'aluminium munie de saletés pour récolter au terme de la fusion, un liquide assez propre devant servir à la fabrication des objets d'art, des ustensiles de cuisine ... etc.

Les opérations préalables aux essais proprement dits, que ce soit à l'Atelier ou chez le fondeur, ont consisté à la préparation de l'allumage de l'appareil. Pour cela nous avons chaque fois procédé à :

- l'assemblage du brûleur dans un endroit aéré (en reliant le compartiment de la ventilation au four, et fixant le support du bac à huile à côté du four ; puis en nettoyant et en installant le pot de combustion dans la chambre de combustion) ;
- au remplissage de la cavité de l'isolation par du sable ;
- au chargement dans le creuset, de la quantité d'aluminium que l'on veut fondre ;
- Apprêter une petite quantité de pétrole lampant et du papier pour faire la flamme ;
- Fournir un siège à l'opérateur chargé de tourner la roue d'entraînement pendant tout le temps que le métal mettra pour fondre.

Une fois que toutes les opérations ci-dessus sont effectuées, la combustion est prête à démarrer.

I - 2 Essais de combustion

Comme nous l'avons déjà signalé plus haut , les essais ont été faits sur deux sites et ont tous porté sur la fusion de l'aluminium. Nous allons les évoquer par ordre de réalisation .

Essai n° 1

lieu : Tanghin ;

Date : 30 Avril 1999

Quantité d'aluminium utilisée : pas mesurée mais estimée à environ 1.5 kg (car notre but dans cet essai est d'observer les variations de températures au cours du

temps et à divers endroits du four : paroi extérieure ; pot de combustion ; surface du métal contenu dans le creuset pendant la combustion)

Température ambiante avant l'allumage : 34° C

Durée de l'essai : 45 mn (10 h 50 mn - 11 h 35 mn)

Après l'installation du creuset dans la chambre de combustion, nous remarquons la présence de beaucoup de fumées ; c'est peut-être la preuve que l'apport de ce dernier contribue à diminuer la quantité d'oxygène nécessaire à la bonne combustion de l'huile. Les températures relevées dans le temps sont les suivantes :

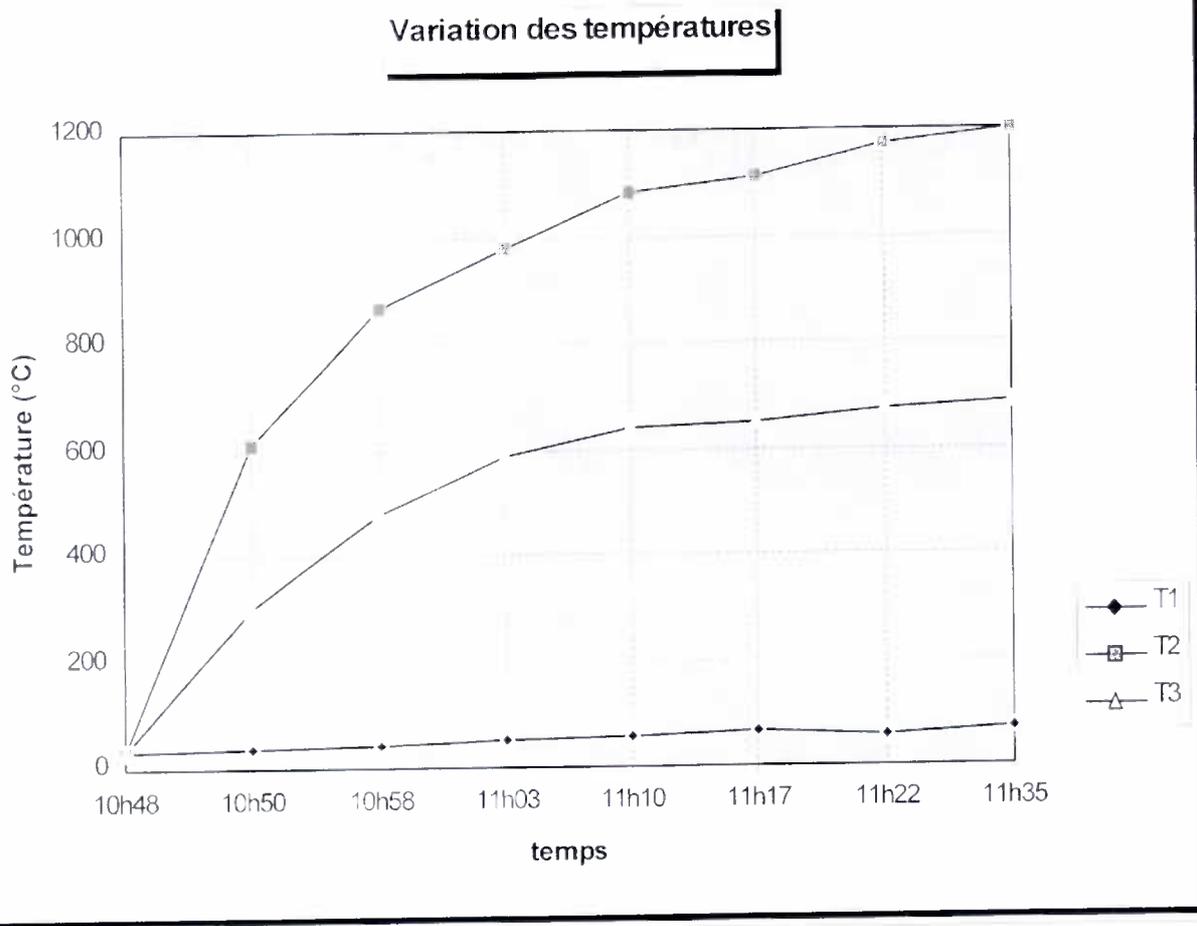
Tableau 4 : températures de certaines parties du four pendant le fonctionnement du brûleur

t (temps)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)
10h48	34	34	34
10h50	39	613	300
10h58	41	864	480
11h03	50	978	586
11h10	55	1084	640
11h17	64	1109	650
11h22	56	1170	674
11h35	70	1200	685

avec, T1= température à la paroi extérieure du four,

T2= température dans le pot de combustion,

T3= température dans le creuset)



Au cours de cet essai, nous remarquons que la température de combustion de l'huile varie au cours du temps, de 613°C à 1200°C soit une moyenne de 1000°C environ ; celle de la paroi extérieure se situe autour de 53°C alors que la moyenne à la surface du matériau fondu se situe autour de 648°C.

Essai n° 2

Lieu : Tanghin ;

Date : 8 mai 1999

Quantité d'aluminium utilisée : 2.5 kg

Durée de l'essai : 40 mn (11 h 55' - 12 h 35') ;

Température ambiante : 43°C

Après 25 mn de combustion, les températures moyennes sont :

T1 = 80°C ; T2 = 1223°C ; T3 = 800°C

Nous remarquons cette fois-ci que, la transmission de chaleur (chambre de combustion - creuset) s'est améliorée par rapport à l'essai précédent.

Essai n°3

Lieu : Tanghin

Date : 8 mai 1999

Quantité d'aluminium utilisé : 1 kg

Volume d'huile brûlé : 0.85 litre

Température ambiante : 40

Durée de l'essai : 20 mn (9 h 35' - 9 h 57')

But de l'essai : récolte les données utiles pour l'évaluation de l'efficacité ou la performance du brûleur.

Variation des températures pendant la combustion :

53 °C à 73°C pour T1 ;

962°C à 903°C pour T2 en passant par 1103,1099,1263,1244,1203,1221°C ;

779°C à 810°C pour T3.

Essai n°4

Lieu: Atelier du SATA

Date : 14 mai 1999

Quantité d'aluminium utilisée: 1.360 kg

Volume d'huile brûlé : 0.9 litre

Durée de l'essai :22 mn (11 h 30' - 11 h 52')

Température ambiante : 42°C

Tout comme à l'essai n°3 , nous avons pour objectif ici de déterminer la quantité utile pour faire fondre une quantité connue d'aluminium ; ceci dans le but d'évaluer même de manière approximative , le rendement du brûleur existant.

Essai n°5

Lieu: Atelier du SATA

Date : 17 mai 1999

Objectif de l'essai : relevé des données pouvant servir au calcul du rendement théorique du brûleur;

Quantité d'aluminium utilisée : 2.020 kg

Volume d'huile brûlé : 1.45 litre

Durée de l'essai : 30 mn (10 h 10' - 10 h 45')

Température ambiante : 44°C

I-3 Interprétation des résultats des essais

I-3-1 Constat

A la fin des essais menés sur le brûleur à huile de vidange conçu par l'Atesta, nous pouvons formuler les remarques suivantes :

- la combustion de l'huile s'est faite chaque fois, à une température moyenne de 1000 °C; cette température est largement suffisante pour permettre la fusion de l'aluminium si l'on prend des dispositions pour améliorer le transfert de chaleur . Cependant il faudrait plusieurs heures de fonctionnement en continu, pour pouvoir arriver à fondre certains matériaux plus résistants que l'aluminium (bronze , fonte); ce qui paraît fastidieux compte tenu du fait que le soufflage se fait à la main.

Pourtant, si l'on veut remédier à cette situation, il suffirait d'améliorer la combustion pour que les flammes qui en découlent atteignent 1500° C : ce qui peut être réaliser en brûlant les fines gouttelettes d'huiles pulvérisées dans la chambre de combustion par l'air soufflé par le ventilateur.

- Il faut environ 25 mn pour permettre la fusion de 2 kg d'aluminium. Il est certain que ce temps est élevé par rapport à celui que le four à charbon (utilisé par les artisans présentement) met pour réaliser la même opération (15 mn).
- La combustion de l'huile s'améliore davantage avec l'augmentation de la vitesse de soufflage donc par conséquent avec le débit du comburant (ceci est matérialiser avec l'augmentation de la vitesse de rotation de la roue d'entraînement).
- Il y a un relatif dégagement de fumées quand le creuset est posé sur la flamme ; cette fumée s'épaissit si l'on ne procède pas à des réglages au niveau de l'alimentation en huile et en air.

L'effort physique fournit en tournant la roue d'entraînement est assez considérable : l'on est exténué au bout de 10 à 15 mn de manipulation.

Il y a perte d'huile entre le robinet du réservoir et l'entonnoir chaque fois qu'il y a passage d'un coup de vent violent .

I- 3-2 Calcul des rendements

Ce calcul est fait à l'aide de la formule ci-après :

$$r = \frac{P_u}{P_f} = \frac{m_{Al} * C_u * \Delta \theta + m_{Al} * C_f}{m_h * PCI}$$

où P_u = quantité de chaleur nécessaire à l'aluminium pour fondre

P_f = quantité de chaleur fournie par l'huile de vidange

m_{Al} = masse d'aluminium fondu

C_m = chaleur massique de l'aluminium

C_f = chaleur de fusion de l'aluminium

$$\Delta \theta = \theta_{\text{fusion}} - \theta_{\text{ambiante}}$$

PCI = Pouvoir calorifique inférieur de l'huile de vidange

Nous avons consignés les résultats du calcul de rendement pour les essais n°3, 4 et 5 dans le tableau ci-après :

numéro de l'essai	m_{Al} (kg)	C_m (cal/g°C)	C_f (cal/g)	θ_{amb} (°C)	θ_f (°C)	m_h (kg)	PCI (Kj/kg)	r (%)
3	1	0.22	94	40	660	0.80	40 000	3.3
4	1.360	0.22	94	42	660	0.81	40 000	4.0
5	2.020	0.22	94	44	660	1.31	40 000	3.7

Nous remarquons, même si nous avons supposé au départ que la combustion de l'huile est complète, que les rendements restent quand même très faibles pour l'ensemble des trois essais. Certes le fait, d'avoir considéré que la combustion de l'huile est d'emblée complète contribue pour beaucoup dans l'obtention de ces résultats. Cependant, cette hypothèse ne saurait à elle seule justifier une pareille baisse.

Ainsi, nous trouvons qu'il serait intéressant de voir dans quelle mesure nous pouvons retarder le départ de la chaleur de la chambre de combustion et surtout optimiser la transmission de chaleur au métal à fondre.

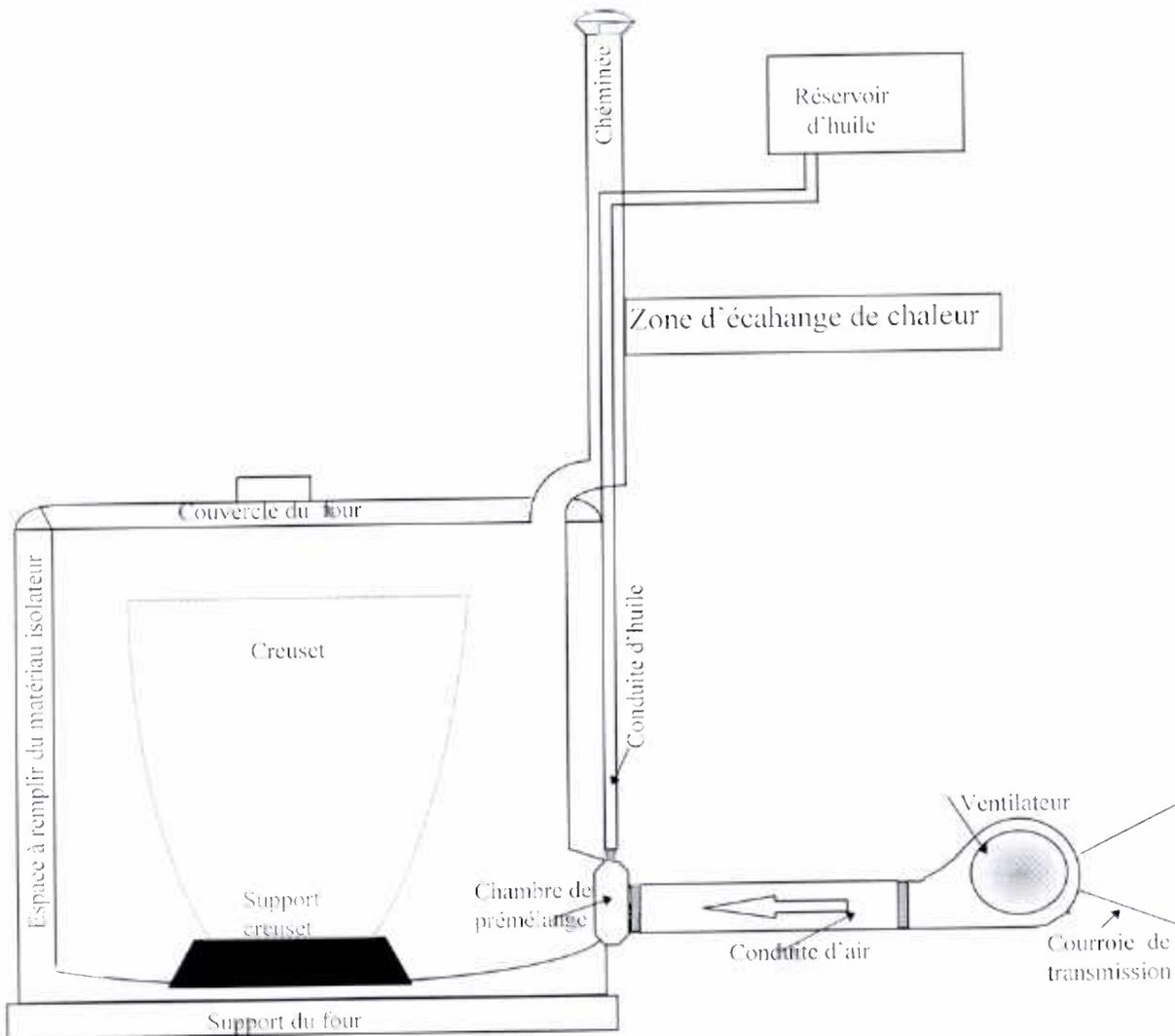
A ce titre, nous essayerons de proposer dans la suite des alternatives qui doivent en principe, pallier aux problèmes relevés ci-dessus.

II PROPOSITION D'AMELIORATION

La résolution du problème qui nous a été posé passe à notre avis par la prise en compte de plusieurs paramètres d'ordre thermique , mécanique , fonctionnel ,économique ...etc.

A cet effet, nous relèverons entre autre :

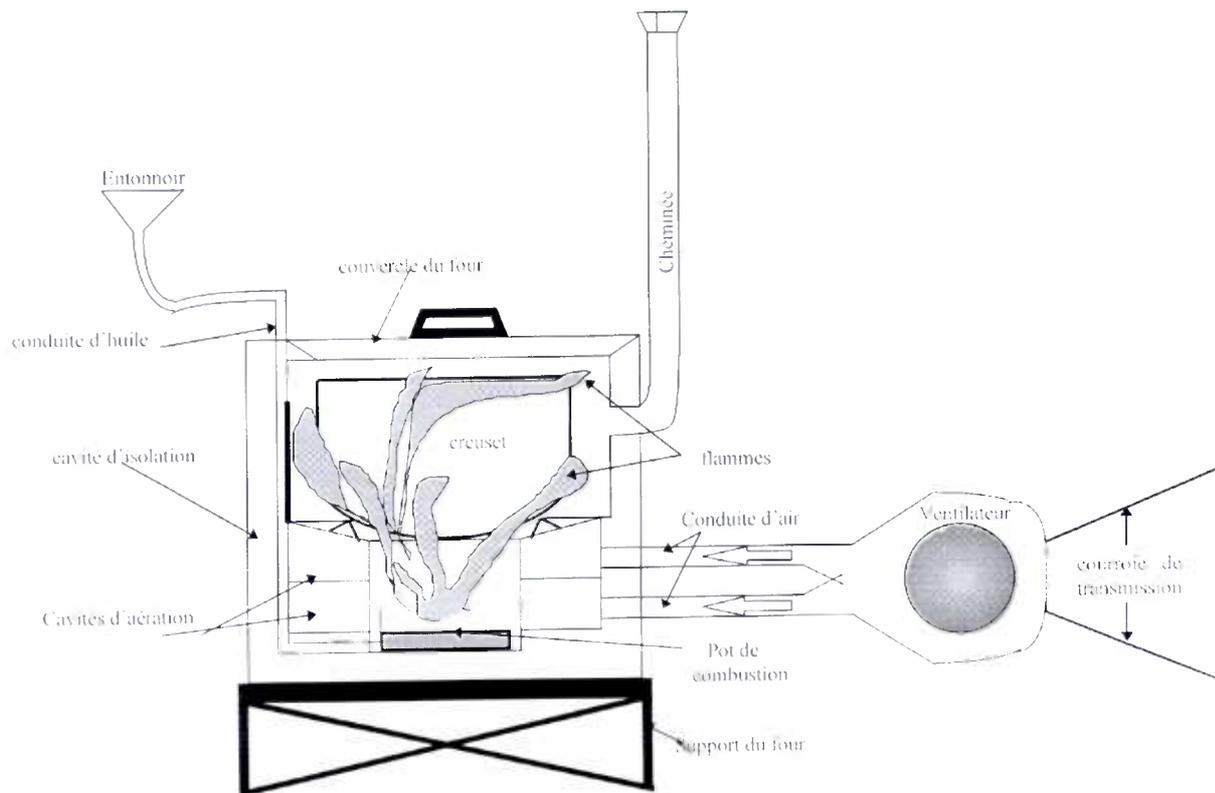
- l'agrandissement du creuset et par conséquent de la chambre de combustion .Pour le nouveau creuset , nous estimons qu'une capacité d'au moins 7 litres pourrait permettre de satisfaire à l'une des attentes des artisans. Cette proposition entraîne forcément à des changements sur plusieurs autres domaines .
- L'augmentation du débit d'air de soufflage en jouant sur la vitesse de rotation du ventilateur (augmentation du diamètre de la roue d'entraînement) et en augmentant la section de la conduite d'air ; ce qui permet d'améliorer la puissance.
- la disposition d'un couvercle , fait de matériaux réfractaires, au dessus du four . Ceci pourrait contribuer à diminuer les pertes de la chaleur (calories) par rayonnement mais surtout par convection.
- l'apport de l'huile en particules finement divisées (gouttelettes) qui seront ensuite accélérées par la pression du comburant (l'air dans notre cas) avant de brûler dans la chambre de combustion. Ceci va sûrement contribuer à améliorer la combustion de l'huile et par conséquent , élever la température de la combustion de l'huile. On pourrait également réaliser un gain de 5 mn par rapport au temps requis habituellement a la fusion d'une quantité donnée d'aluminium.
- L'ajout d'un filtre au niveau du bac à huile ; ce qui permettra de retenir les particules qui se trouvent dans l'huile facilitant ainsi son écoulement vers le pot de combustion.
- La suppression des pertes en huile au niveau de l'entonnoir du brûleur existant en procédant par l'allongement de cet entonnoir ou à sa suppression simplement. Ceci pourra empêcher au vent d'éparpiller l'huile à même le sol, entraînant ainsi une rupture de l'alimentation en combustible dans le pot de combustion.

Schémas des brûleurs conçus :**Modèle n° 1****Brûleur à pulvérisation**

Ce brûleur est conçu pour fonctionner par la méthode de pulvérisation de l'huile (la combustion est améliorée quand l'huile brûle en particules finement divisée : fines gouttelettes). A cet effet l'arrivée de l'huile dans la chambre de pré-mélange se fera au moyen d'un gicleur qui la pousse en jet;

Cet appareil peut utilisé un creuset d'une contenance d'environ 14 litres.

Les températures de combustion dans les conditions normales de ventilation sont élevées (1400° C environ)

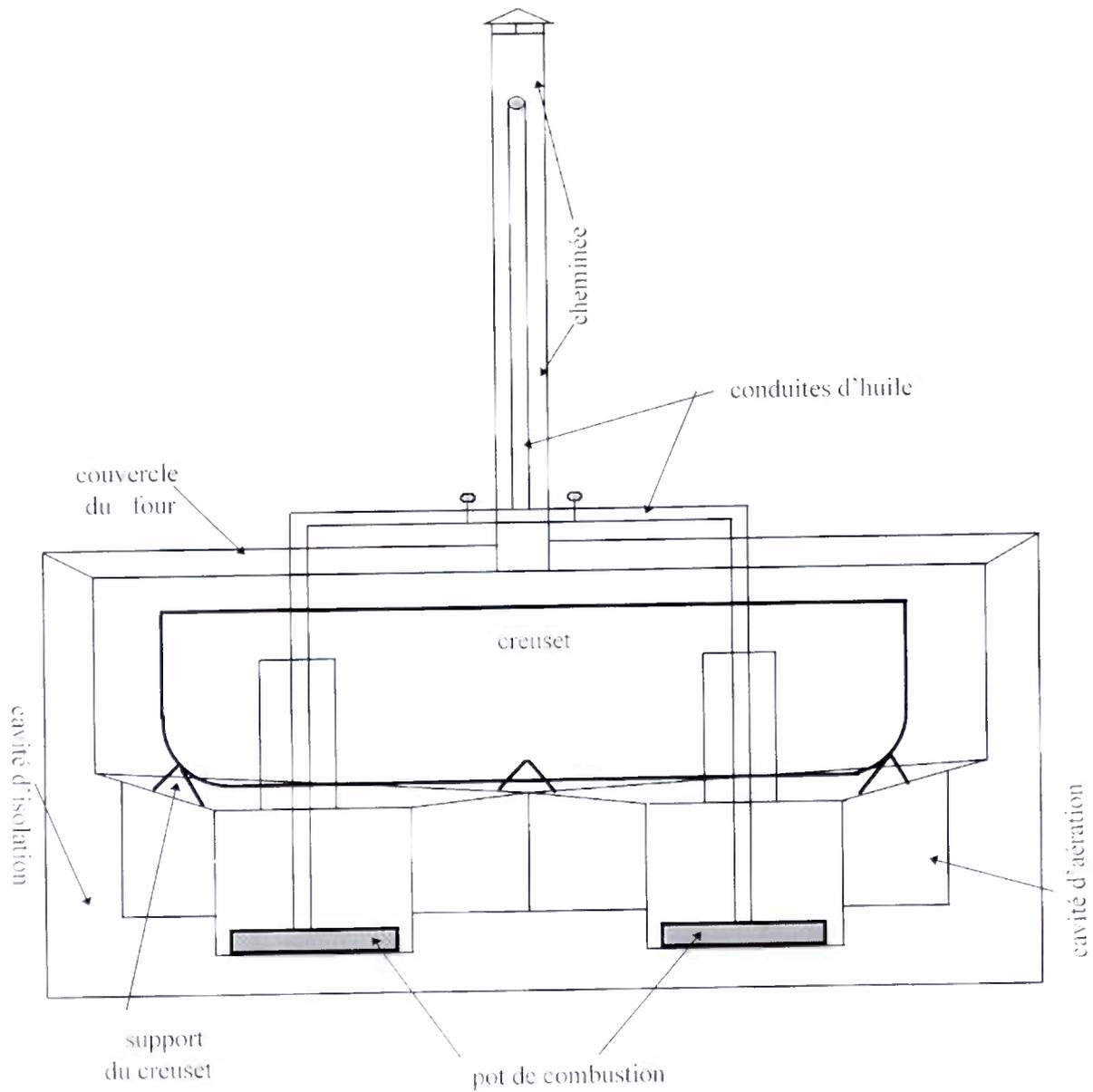
Modèle n° 2Brûleur à vaporisation :

Il fonctionne avec le principe de vaporisation de l'huile (l'huile chauffée à une grande température s'évapore et les vapeurs qui en résultent ont une capacité d'incandescence beaucoup plus grande que le liquide lui-même)

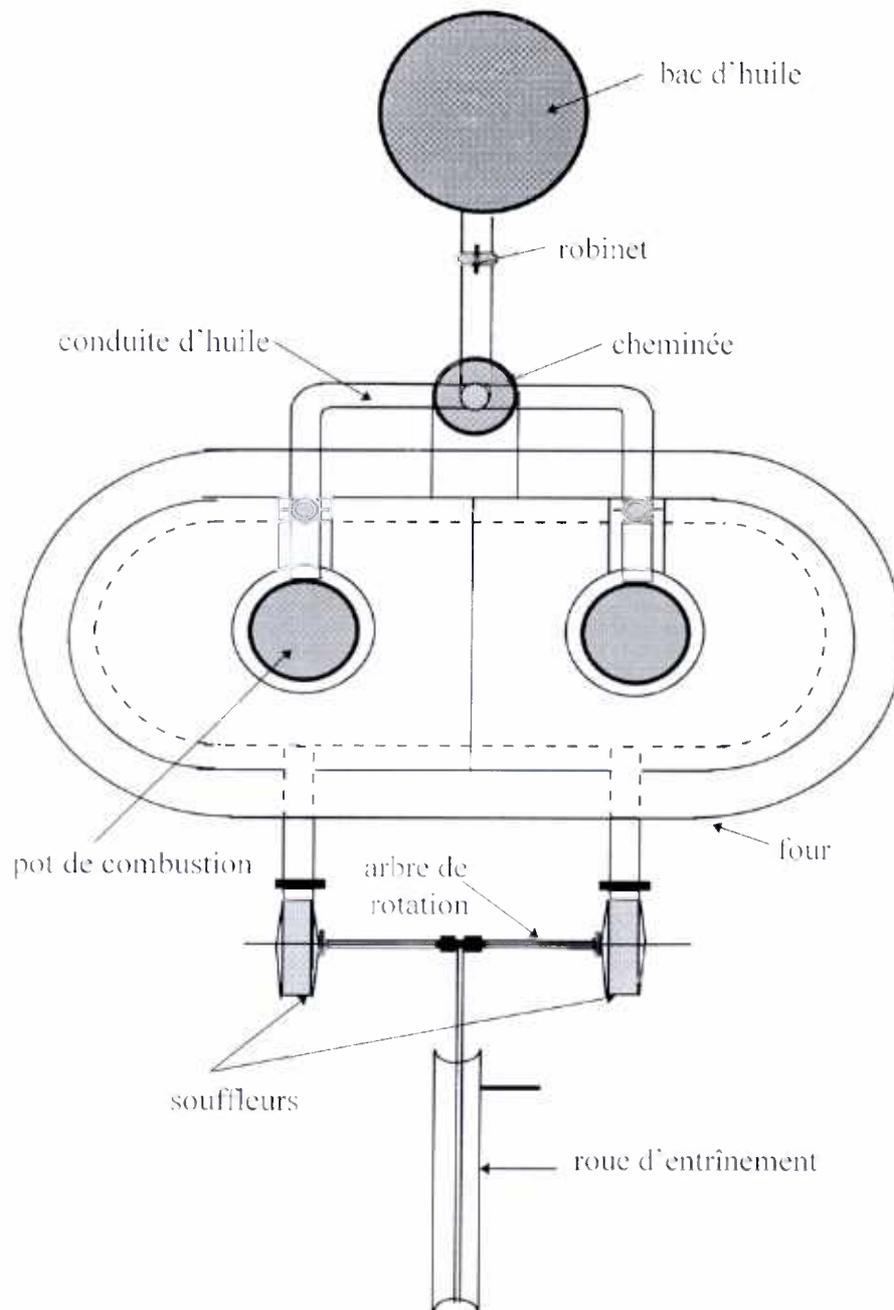
* l'alimentation en comburant se fait au moyen d'un gros ventilateur soufflant de l'air à travers deux conduites qui communiquent avec deux cavités distinctes ; ce système, non seulement assure la combustion de l'huile mais permet aussi d'améliorer celle de ses vapeurs.

* le creuset a une contenance d'environ 10 litres.

Modèle n° 3



vue de côté



vue de dessus

Brûleur à vaporisation :

Il fonctionne avec le même principe que le modèle **B** (la combustion des vapeurs d'huile dues au chauffage de l'huile à une température élevée)

Il fonctionne avec le même principe que le modèle B (la combustion des vapeurs d'huile dues au chauffage de l'huile à une température élevée)

* ici, l'alimentation en comburant se fait au moyen de deux ventilateurs soufflant de l'air à travers deux conduites qui communiquent avec deux cavités distinctes disposées côte à côte (l'une à proximité de l'autre)

* le creuset et la chambre de combustion ont la même forme cylindrique à base en ellipse ce qui augmente de façon graduel leur volume : la contenance du creuset est de 8 litres .

II-2 Innovations apportées par les modèles proposés

Les modèles de brûleurs présentés ci-dessus ont tous des particularités sur lesquelles nous allons nous attarder . Aussi, sur une base purement théorique, nous regroupons les divers avantages et inconvénients au sein d'un tableau du tableau suivant :

Tableau 5 : avantages et inconvénients projetés des modèles de proposés

N° du modèle	Avantages	Inconvénients
1	<ul style="list-style-type: none"> - utilise un creuset de grande capacité (14 litres environ pour 30 cm de diamètre et 20 cm de profondeur - Si les conditions de pulvérisation sont optimisées (apport d'air suffisant , combustion des particules très fines de l'huile) , la température dans la chambre de combustion pourrait dépasser 1400°C : - Une partie (30%)* des calories que les fumées chaudes entraînent dans l'atmosphère devrait être récupérée à travers l'échange de chaleur qui a lieu entre la cheminée et la conduite où coule l'huile. Notons que ces fumées emportent au moins la moitié des calories produites par l'huile ; - une bonne conservation de la chaleur dans la chambre de combustion grâce à la disposition d'un couvercle sur le four 	<ul style="list-style-type: none"> - la pulvérisation de l'huile ne permettrait pas d'éliminer les éléments dangereux contenus dans l'huile (les métaux lourds). Si cela venait à se confirmer même partiellement, on serait face à une entrave à l'écologie.
2	<ul style="list-style-type: none"> - apport d'une grande quantité d'air, suffisante pour la réalisation d'une combustion complète (du moins sur le plan théorique) de l'huile de vidange ; - conservation de la chaleur améliorée dans la chambre de combustion grâce à la disposition d'un couvercle au dessus du four; - Possibilités d'utiliser un creuset de plus de 8 litres compte tenu de l'augmentation en volume de la chambre de combustion ; 	<ul style="list-style-type: none"> - l'agrandissement de certains paramètres risque d'alourdir d'avantage l'appareil rendant ainsi difficile sa manutention ; - rendement petit par rapport à celui des modèles n°1 et 3

N° du modèle	Avantages	Inconvénients
3	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation de la capacité du creuset et par ricochet la chambre de combustion (car l'assemblage de plusieurs pots multiplie l'espace exploitable par la chambre de combustion); la nouvelle contenance est au moins égale à 6 litres soit le double de l'ancien brûleur; - une partie des quantités de chaleur (30%)* que les produits de combustion emportent dans l'atmosphère doit en principe être récupérés (à travers le système d'échange de chaleur évoqué dans le modèle A) - Conservation de la chaleur dans la chambre de combustion dû à la disposition d'un couvercle sur le four ; - Augmentation du débit d'air de soufflage par le couplage en parallèle de deux ventilateurs entraînés pourtant par une seule roue elle même actionné par un opérateur (ceci implique une économie de matériel et d'opérateurs); 	<ul style="list-style-type: none"> - difficulté de manoeuvre (il est plus lourd que le brûleur existant)

Une mise au point de toutes nos suggestions aurait été très souhaitable . En effet, la construction des trois modèles retenus et leur expérimentation, nous aurait permis d'avoir des éclairages au sujet non seulement des performances réelles (comparées à celles que nous avons supposées en théorie), mais aussi d'en déceler les véritables faiblesses ou limites. Malheureusement, tous les moyens de travail (matériels et humains) auxquels cette tâche renvoie, ne sont pas pour le moment à notre disposition. En outre, l'assemblage de tous ces appareils prendrait certainement beaucoup de temps (plus d'un mois et demi) ; ce qui, compte tenu du temps qui nous a été alloué pour travailler sur ce thème, ne nous aurait pas permis de conclure l'étude qui nous a été confiée.

Cependant, malgré toutes les raisons défavorables évoquées ci-dessus, le SATA, avec la volonté de mener à terme le travail commencé, nous a aidé à fabriquer presque équivalent au modèle **3**; nous le désignons modèle désormais «modèle **3'**».

En effet, ce modèle (**3'**) utilise une bonne parties des plans et mesures faites sur " l'ancien brûleur " (brûleur à améliorer) ; ceci favorise une mise en œuvre (découpage, assemblage des pièces) rapide, d'autant plus que, pour ce cas

d'espèce, le matériel et le matériau utilisés pour la construction est trouvable sur place (à l'atelier). De plus nous avons la chance d'avoir à nos côtés des gens qui maîtrisent parfaitement la technique de fabrication car ils ont participé à la construction de l'ancien appareil dont certaines parties rentrent dans la constitution du nouveau.

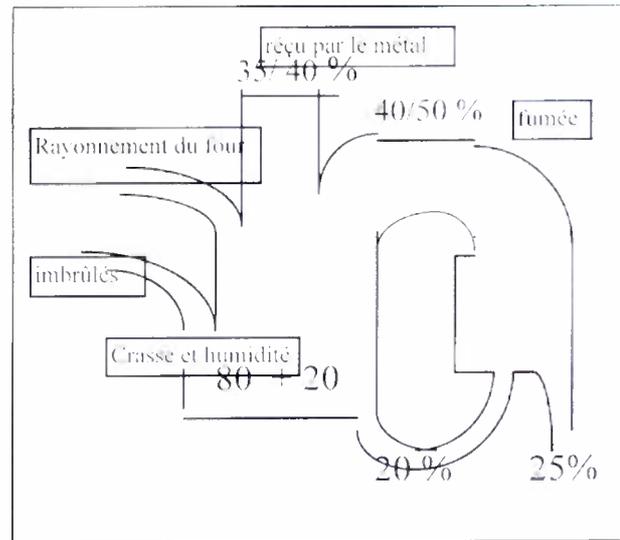
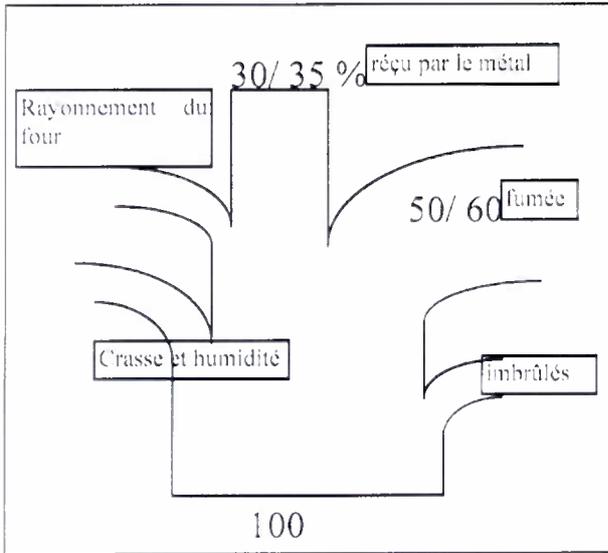
Remarque : (*) comment récupérer une partie de l'énergie emportée par les fumées produites par la combustion

Les expériences ont montré que la combustion d'un combustible liquide brûlant dans un four fournit de la chaleur pour:

- *porter le combustible à sa température d'inflammation et le pulvériser;*
- *porter à la température des flammes, le volume important des gaz inertes qui accompagnent l'oxygène de l'air;*
- *compenser les pertes causées par le rayonnement du four;*
- *enfin et surtout, fournir au métal traité, les calories dont il a besoin;*

Des mesures précises ont permis de tracer les diagrammes qui sont représentés sur la figure ci-dessus. Nous pouvons remarquer que le rendement varie entre 30 et 40 %. Ces rendements peuvent être améliorés si l'on récupère une partie des calories que les fumées chaudes entraînent dans l'atmosphère.

Cela consiste à faire passer les dites fumées à travers un échangeur de chaleur (...). La température de la fumée étant souvent très élevée (800 °C), on parvient à réchauffer à la température de 400 à 450 °C l'air nécessaire à la combustion (voir figure ci-dessus)



combustion sans récupération de chaleur

combustion avec récupération de chaleur

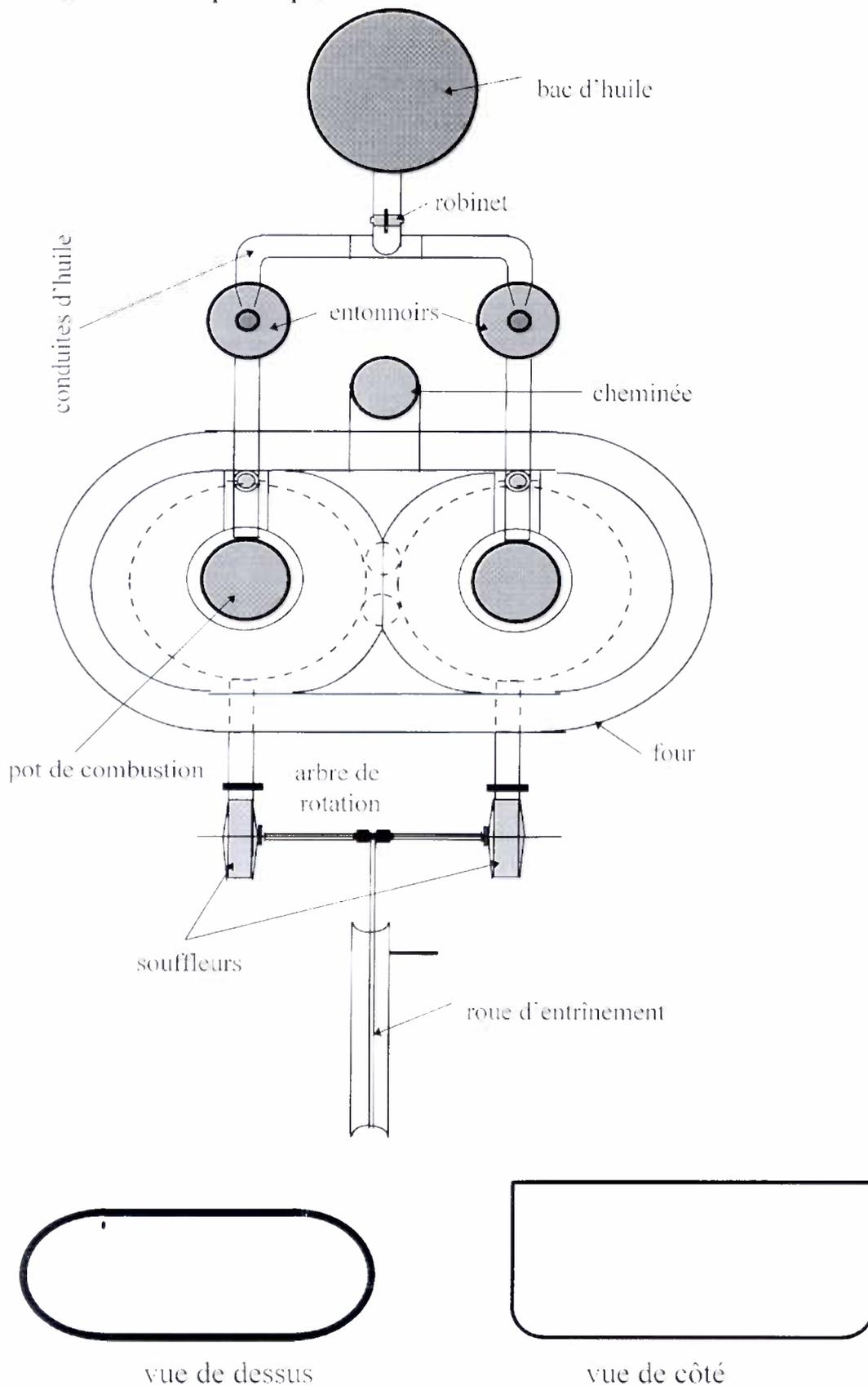
source : la fonderie : fusion des métaux

TROISIEME PARTIE :

RÉALISATION DU BRÛLEUR RETENU

I DESCRIPTION

I - 1 Schéma de principe



II - 2 Commentaires

L'appareil que nous avons fabriqué est un brûleur à vaporisation (gazéification) qui fonctionne avec l'huile de vidange (combustible). Il est constitué en partie des pièces conçues pour « l'ancien brûleur » : association de deux pots de combustion, de deux foyers, de deux souffleurs reliés chacun à une conduite de ventilation qui communique avec la « chambre d'aération » ; d'un bac à huile et des supports du réservoir d'huile et de ventilation.

Il y a également des éléments comme le creuset, les parois délimitant la chambre de combustion et le four ; la roue d'entraînement, le support du four qui sont faits avec des dimensions et surtout des formes différentes (même si cela est toujours fait en s'inspirant sur « l'ancien brûleur ») : la forme du creuset, de la chambre de combustion et du four est cylindrique à base elliptique, celle du support du four est parallélépipédique (rectangle) ; la jante de la bicyclette tient lieu de roue d'entraînement. Le couvercle de la chambre de combustion et la cheminée constituent presque la seule innovation.

L'essentiel des pièces ci-dessus est mis en oeuvre avec la tôle 15/10 (four et ses constituants), mais aussi avec la tôle de 30/10 (creuset), du fer rond $\varnothing 12$ (supports du bac d'huile et du compartiment de la ventilation), de galva ou d'acier doux (moyeu, noyau, galet) ... il apparaît que les matériaux rentrant dans la constitution des différentes parties de l'appareil sont assez variés. Pour des raisons de commodités et également pour que les débits d'air soient les mêmes ou presque, les deux ventilateurs sont montés en parallèle (ils seront actionnés par une roue unique).

La capacité du nouveau creuset est de 8 litres ; ce qui permet de fabriquer les marmites même les plus grandes (n°32) et par conséquent de résoudre une des inquiétudes des artisans : la contenance du brûleur.

Par ailleurs nous avons les dimensions remarquables suivantes :

- four
 - ⇒ largeur = 38 cm
 - ⇒ longueur = 56 cm
 - ⇒ hauteur = 36 cm
- chambre de combustion
 - ⇒ largeur = 25 cm
 - ⇒ longueur = 47 cm
 - ⇒ hauteur = 20 cm
- creuset
 - ⇒ longueur = 41.5 cm

- ⇒ largeur = 19 cm
- ⇒ hauteur = 12 cm

Il en résulte un encombrement total du brûleur de 3.370 m de longueur , 1.145 m de hauteur et 0.57 m de largeur

II MISE EN OEUVRE DU BRULEUR

II-1 Fabrication des différentes parties

a) Le support de ventilation

rôle : le support de ventilation assure la mise en place de la roue d'entraînement et du souffleur. Il permet le réglage de la tension de la courroie qui relie la roue et le souffleur. Il repose directement sur le sol.

Mise au point : le support de ventilation est fabriqué avec les matériaux suivants :

- fer rond de 12
- tube carré de 20
- cornière de 35 × 35
- tôle 10 / 10

L'ensemble est soudé, l'assemblage avec la roue d'entraînement est réaliser grâce à un axe de roue avant de vélo (bicyclette).

La fixation du souffleur est réalisée au moyen de boulon de 5 cm diamètre .

b) La roue d'entraînement

rôle : la roue d'entraînement communique le mouvement de rotation au souffleur au moyen d'une courroie la reliant à ce dernier.

Sa mise au point se fait avec les élément suivants:

- une jante de vélo
- un noyau usiné avec l'acier doux
- un axe complet de moyeu avant de vélo avec roulement.
- 4 rayons en fer rond de 12 (?)
- une manivelle en fer rond de 10.

La roue avant est fixée au support de ventilation par son axe.

c) Le souffleur

le rôle du souffleur consiste à fournir au combustible, suffisamment d'air pour permettre sa combustion.

Mise au point : le souffleur est fabriqué avec les matériaux suivant :

- un corps en tôle 10 / 10
- un noyau et un galet en acier doux
- des hélices en tôle 8 / 10
- un moyeu complet avec axe de vélo

le souffleur est fixé au support par l'intermédiaire des boulons.

d) La conduite de ventilation

✓ le rôle de la chambre de combustion est de conduire l'air issue du souffleur vers la chambre de combustion.

Pour ce qui est de sa fabrication, elle est effectuée à partir des éléments suivant :

- un tuyau en tube galva 26 / 34
- un raccord union 26 / 34
- un manchon 26 / 34

e) Le four

rôle : permettre la température de monter ; recevoir le pot de combustion et le creuset

Sa mise au point se fait à partir des éléments ci-dessous :

- un fourreau en tôle 15 / 10 destiné à recevoir un matériau isolant: sable, terre réfractaire.
 - une chambre inférieure petite en tôle de 15 / 10 destinée à recevoir le pot de combustion.
 - une chambre supérieure grande en tôle de 15 / 10 destinée à recevoir le creuset.
 - une chambre intérieure moyenne en tôle de 15 / 10 destinée à recevoir l'air et à répartir sur la surface du pot de combustion grâce à sa paroi intérieure percée de trous de 3 mm de diamètre.
 -
- des morceaux (4) de cornière permettant de positionner le creuset dans le four.

f) Le pot de combustion

Son rôle est de permettre l'admission du combustible dans la chambre de combustion

Le pot de combustion est mis au point à partir des pièces ci-dessus :

- un entonnoir en tôle de 10 / 10 qui reçoit l'huile du bac d'alimentation
- un tube de 12 / 17 en col de cygne qui évite le retour des gaz
- un té de 12 / 17
- une conduite en tube de 12 / 17 et en tube carré de 20.
- une languette et une ailette en tôle de 15 / 10
- un cylindre de combustion en tôle de 15 / 10.

g) Le creuset

rôle : le creuset est fait pour recevoir le métal ou alliage à fondre ; il permet également de contenir le métal fondu.

mise au pont : le creuset est fabriqué provisoirement avec la tôle 30 / 10 . Il devrait être en matériaux réfractaires (graphite par exemple). Il est de forme cylindrique avec base en ellipse.

h) Le support de four

rôle : il supporte le four avec tout son contenu. C'est la raison pour laquelle il est fabriqué avec un matériau rigide : de la cornière de 30 × 30.

i) Le bac à huile d'alimentation

rôle : le bac à huile permet l'alimentation en huile du brûleur et le réglage du débit d'huile.

Il se fabrique à partir des éléments ci-après :

- un récipient en tôle de 10 / 10.
- un tuyau en cuivre de 8 mm de diamètre.
- un robinet pour régler le débit

j) Le support du bac à huile

Son rôle est de supporter le bac à huile

Le support du bac à huile est essentiellement constitué en fer rond de 12.

II - 2 Montage ou assemblage

Après la fabrication des pièces ci-dessus, on procède à leur assemblage afin de récupérer un produit fini prêt à fonctionner. Cela va consister à faire successivement les tâches suivantes :

- 1° / monter la roue d'entraînement et les souffleurs sur le support de ventilation
- 2° / monter la courroie d'entraînement
- 3° / régler le tension de la courroie
- 4° / assembler les souffleurs et le four avec les tubes de conduite de ventilation
- 5° / remplir le fourreau de sable ou de terre réfractaire
- 6° / mettre en place ou installer le pot de combustion
- 7° / positionner le bac d'alimentation , le robinet au dessus de l'entonnoir du pot de combustion

III ESSAIS SUR LE FONCTIONNEMENT ET RESULTATS

III - 1 Essai de combustion

a) mesures obtenues

Lieu: Atelier du SATA

Date : 4 juin 1999

Quantité d'aluminium utilisée: 2.960 kg

Volume d'huile brûlé : 1.4 litre

Durée de l'essai : 30 mn (14 h 15 ' - 14 h 45 ')

Température moyenne du cœur de la flamme dans le pot : 1000° C

Température moyenne sur la paroi inférieur du creuset : 680° C

Température moyenne au dessus du couvercle : 220° C

Température moyenne à la paroi extérieure du four : 50° C

b) Observations

Sur la marche de l'appareil

Pendant le fonctionnement du brûleur , nous avons eu à constater les faits suivants :

- une fois que l'allumage du brûleur est enclenché , il se dégage une quantité de fumée assez consistante ; elle ne s'affaiblit que quand nous avons régler de manière convenable les débit d'huile et d'air .
- La présence de l'eau dans l'huile provoque des explosions (projections de gouttes d'huile enflammées sur l'entourage de l'appareil). Ce qui entraîne une mauvaise combustion car la température dans le pot de combustion chute graduellement.
- On observe quelquefois une remontée en saccade de l'huile dans le pot de combustion se déversant ainsi à travers l'entonnoir . Nous pensons que cette anomalie serait due à un bouchage survenu sur le tuyau qui communique avec

le bas du pot, car nous avons remarquer la disparition de la flamme quatre minutes après le début de ce phénomène.

- La couleur de la flamme est jaune orangé quand la combustion se passe normalement ; elle prend la teinte noir orangé quand le débit d'huile est plus élevé que celui de l'air capable d'assurer une bonne combustion.

Sur le débit d'huile

Avec des moyens assez rudimentaires (nous recueillons une quantité d'huile dans un petit pot et relevons le temps qu'on n'a mis pour le faire), nous avons mesuré les débits d'huile pendant le fonctionnement afin d'en élaborer une plage. Nous avons pu identifier trois classes de débits :

- **le débit minimale** (plus petit débit pour lequel l'appareil peut encore fonctionner) ; il équivaut à la gouttes par gouttes.

$$Q_{\min} = 1.2 \cdot 10^{-4} \text{ l/s}$$

- **le débit moyen**

$$Q_{\text{moy}} = 3.5 \cdot 10^{-4} \text{ l/s}$$

- **le débit maximal** ; il équivaut à l'ouverture maximale du robinet :

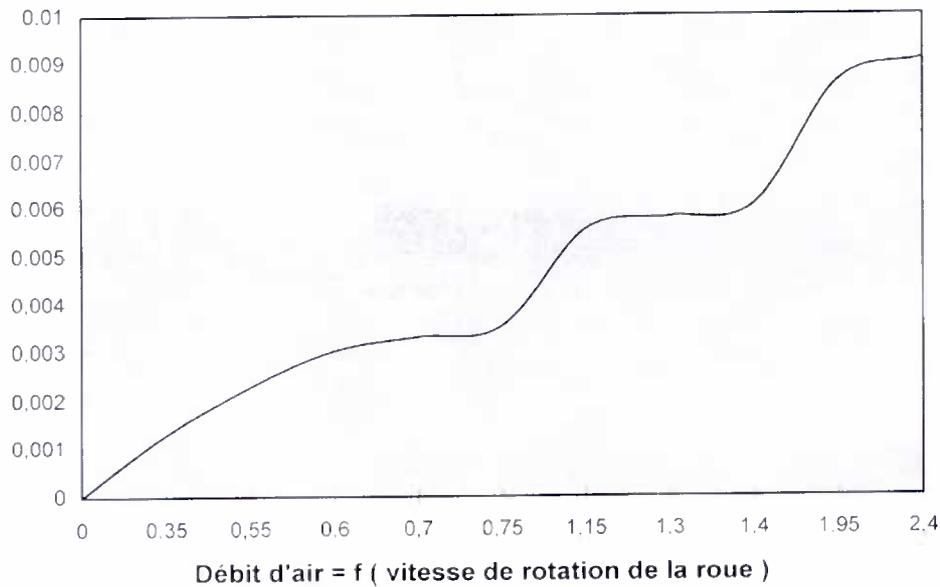
$$Q_{\max} = 7.5 \cdot 10^{-4} \text{ l/s}$$

Sur le débit d'air

A l'aide d'un anémomètre, nous avons mesuré les différentes vitesses de l'air de soufflage qui passe par la conduite de ventilation. A chaque fois, nous avons relevé le nombre de tours fait par la roue d'entraînement et le temps mis pour la tourner. Cette manipulation nous a permis de tracer la courbe :

débit d'air = f (vitesse de rotation de la roue) voir ci - dessous

La valeur maximale qu'on a pu relever sur la vitesse est de 18 m/s (ceci prouve combien, le fonctionnement manuel est assez limité.



III - 2 Commentaires des mesures

Nous avons constaté à l'issu de l'essai sur la ventilation, que le débit d'air est une fonction croissante de la vitesse de rotation de la roue avec des valeurs presque limites de (1.60, 1.95 et 2.4 tr/s). Ces valeurs assez élevées, doivent normalement augmenter le flux d'air, améliorant ainsi les performances du système. Toutefois elles sont difficiles à atteindre ou à maintenir. En fait, l'opérateur doit fournir un gros effort pour y arriver; d'ailleurs on s'essouffle après à peine deux minutes de manipulation.

Aussi, la plage de débits à recommander aux utilisateurs manuels est limitée par les valeurs (1.31 et 1.48 tr/s); Avec cette gamme de débit, le brûleur donne des résultats assez satisfaisants, pourvu que l'on maintienne le débit d'huile à un niveau moyen ($3.5 \cdot 10^{-4}$ l/s). Nous avons une préférence pour le débit correspondant à 1.48 tr/s, soit environ 30 tours de la roue effectués en 20 secondes.

Quant à la gamme des petits débits (0.5 à 0.9 tr/s), elle peut assurer la combustion de l'huile tombant goutte à goutte ($1.16 \cdot 10^{-4}$ l/s), seulement l'efficacité de la machine va diminuer dans ce cas; il faudra beaucoup plus de temps pour pouvoir arriver au même résultat que ci-dessus.

III - 3 Evaluation théorique des pertes de chaleur

Nous évaluons dans ce paragraphe les quantités de chaleur susceptibles d'être perdues (transmise au système extérieur) pendant le fonctionnement du brûleur : pertes par conduction et par convection de chaleur (Q_1); pertes par rayonnement du four (Q_2); pertes due à la crasse, aux imbrûlés, à l'humidité (Q_3); pertes de chaleur dues à l'émanation de la fumée (Q_4).

Les pertes par convection et par conduction sont évaluées par des calculs approximatifs, tandis que les trois autres types de pertes seront estimées par des taux de pourcentage donnés ci-dessus (cf. deuxième partie p.45)

Ainsi, nous avons les résultats suivants :

$$P_1 = q_1 + q_2 + q_3$$

où :

q_1 = quantité de chaleur qui est perdue à travers la paroi de la chambre de combustion par unité de temps

q_2 = quantité de chaleur qui passe à travers le couvercle par unité de temps.

q_3 = quantité de chaleur qui s'échappe à travers la paroi du foyer par unité de temps

Ces valeurs se calculent avec l'expression suivante :

$$q_i = K_i * S_i * \Delta T_i \quad \text{avec ,}$$

K_i = coefficient global d'échange ;

S_i = surfaces d'échange des parois concernées ;

ΔT_i = différence de température, la paroi la plus chaude et la paroi la plus froide
entre

$$P_1 = 979 + 333 + 224 = \underline{1536} \text{ W}$$

$$Q_1 = P_1 * t \quad (t = \text{temps pendant lequel le brûleur a fonctionné})$$

Les pertes par rayonnement représentent $Q_2 = 4 \% Q_f$;

les pertes représentées par Q_3 , sont estimées à $15 \% Q_f$;

la chaleur emportée par les fumées est évaluée à $45 \% Q_f$

En définitive, sur le plan théorique, les pertes totales quantifiables (Q_{pertes}) devraient donner :

$$Q_{\text{pertes}} = 60\% \text{ de } Q_f + Q_1$$

où Q_f = quantité de chaleur fournie par le combustible ;

Avec cette façon de raisonner, les pertes de chaleur devrait représenter environ 70% de la quantité totale de chaleur fournie par le combustible quand les bonnes conditions de soufflage sont assurées. Donc 20 à 30% de cette quantité devrait en principe, parvenir au creuset et par conséquent au matériau à fondre.

III - 4 Calcul du rendement

Nous calculons ce rendement à l'aide de la formule donnée à la page 35 de la deuxième partie

Application numérique :

numéro de l'essai	m_{Al} (kg)	C_m (cal/g°C)	C_r (cal/g)	θ_{amb} (°C)	θ_r (°C)	m_h (kg)	PCI (Kj/kg)	r (%)
A	2.960	0.22	94	45	660	1.26	40 000	5.7

Malgré les efforts entrepris par rapport au constat fait sur le brûleur à amélioré, le rendement reste globalement faible, même si, toutefois, ils sont plus élevées que ceux de " l'ancien brûleur ".

Or d'après ce qui précède (paragraphe ci-dessus), on se serait attendu à un rendement compris entre 20 à 30 % , pourtant c'est loin d'être le cas. Aussi, nous nous posons la question de savoir où est passé de cette quantité de chaleur perdu.

Le manque d'étanchéité, du système doit occasionné certainement d'autres fuites que nous n'avons pas tenu en compte lors de l'estimations de pertes ; il y a également le fait que la combustion complète est difficilement réalisable (pourtant nous sommes partis de cette hypothèse) : les conditions de manipulation n'étant pas toujours bonnes.

D'autre part, les pertes au niveau des fumées sont trop importantes. Si nous réussissons à récupérer seulement la moitié de ce qui est perdu à ce niveau, on réaliserait un gain de chaleur. Aussi, nous espérons que les efforts d'amélioration vont continuer vers cette direction.

III - 5 Analyses des effluents gazeux

Plusieurs analyses ont été faites sur les produits de combustion (Emmanuel Glausser, Générateur d'air chaud à huile de vidange). Il ressort de ces expérimentations que, les fumées rejetées dans l'atmosphère contiennent les éléments suivants : l'oxygène, le dioxyde de carbone, le monoxyde de carbone, le dioxyde d'azote, les oxydes de soufre, les oxydes et les sulfures de plomb, les oxydes de zinc, les suies et les polyaromatiques ... etc.

Des produits citées ci-dessus, il y en a qui se trouvent en très faible proportion (états de traces) ; ce qui fait que leur influence dans la nature pourrait être négligée, le système de vaporisation utilisée par le brûleur, réduit en grande partie le taux d'oxyde de métaux lourds qui devrait être rejeté dans la nature (la grande partie étant retenue dans le pot de combustion : voir photo en annexe) ;

rentrent en grande proportion dans la constitution des fumées ou alors, ont une toxicité élevée.

C'est pour ces raisons que nous allons nous attarder sur ces éléments.

Des résultats d'analyse des gaz dégagés par la combustion réalisée le 03 juin 1991 au service du gaz (Services industriels de Genève) par MM A. Gamme, G. Rossier, E. Haas, W. Micuta montrent très bien l'importance de ces derniers; mais nous présentons ces résultats en annexe.4

Ci-dessus nous revenons sur ceux qui quantifient la présence des substances qui nous préoccupent. Ces résultats ont été obtenus lors des analyses faites de la fumée qui s'est dégagée pendant les essais sur le générateur d'air chaud à huile de vidange.

Tableau 6 : Taux des principaux polluants contenus dans la fumée

O ₂ (%)	CO ₂ (%)	CO * (mg)	NO ₂ * (mg)
15	4.5	648	151

* mg rapporté à 3% O₂ (références pour les comparaisons)

source : Travail de diplôme ; Générateur d'air chaud à huile de vidange

Le tableau ci-dessus montre bien que les agents polluants dont il faut le plus se méfier restent le monoxyde de carbone et le dioxyde d'azote. En fait leur taux dépasse assez souvent la tolérance admise dans certains pays comme la Suisse (150 mg de CO et 120 mg de NO₂ (tous rapportés à 3 % de O₂). Aussi, malgré la réduction du taux de métaux lourds rejetés dans la nature, les fumées issues de la combustion de l'huile de vidange contiennent toujours des polluants. Toutefois, on pourrait remédier à cette situation en améliorant d'avantage le procédé de combustion d'une part : utilisation d'un ventilateur électrique pour augmenter l'apport en comburant (le défaut d'air faisant fumée abondamment l'appareil, voir photo en annexe) ; et d'autre part en essayant d'utiliser un filtre à fumée au niveau de la cheminée.

et on ?
B.T.

CONCLUSION

Au terme de l'étude que nous avons menée sur le brûleur Atesta, nous avons réussi à proposer des modèles de brûleur qui tiennent compte des inquiétudes émises par les utilisateurs. Aussi, à travers ces modèles, nous entrevoyons pour l'avenir, des opportunités autant sur le plan académique que professionnel. Cette situation suscite en nous une impression d'optimisme et d'espoir.

Le brûleur que nous avons construit répond à une des principales exigences des fondeurs : l'agrandissement de la capacité du creuset.

En effet, le nouveau brûleur possède un creuset d'une capacité de 8 litres, soit une augmentation de 300% par rapport au creuset de l'ancien brûleur (il a une contenance de deux litres). Également, le temps pour faire fondre une quantité donnée de matériau connaît une légère diminution : 20 à 30% par rapport au temps de fonctionnement de l'ancien brûleur ; alors qu'il fallait 30 minutes pour faire fondre 2kgs d'aluminium il n'en faut plus que 20 maintenant pour réaliser la même opération.

Par ailleurs, on note une sensible amélioration du rendement ; il se situe autour de 6% ; celui de l'ancien brûleur était de 4%. A ce niveau aussi, nous enregistrons une augmentation de 2%.

Toutefois, même si les résultats obtenus sont à louer, il reste quand même qu'il y a d'autres améliorations à entreprendre ou à poursuivre ; ceci dans le but de faire du brûleur à huile de vidange artisanal, l'outil par excellence des fondeurs. Aussi, pensons-nous qu'il faudra d'avantage travailler sur le système de ventilation car, celui que nous utilisons en ce moment demande un énorme effort physique de la part de l'opérateur. En outre, une étude plus approfondie sur les effets des polluants contenus dans les produits de combustion, pourrait rassurer définitivement les utilisateurs sur les vertus écologiques de cet appareil. Car nous pensons que la vulgarisation du brûleur à huile de vidange au niveau du Burkina-Faso et aussi de la sous-région peut contribuer à lutter efficacement contre les pollutions engendrées par les huiles usagées et contre la désertification.(favorisée par la coupe de bois). Le brûleur apparaît alors comme une meilleure alternative par rapport à l'utilisation du four à charbon ou des fours exploitant des sources d'énergies onéreuses.

Un appel est donc lancé en direction des structures ou organismes compétents, afin que le public, dans son immense majorité, soit sensibilisé sur les innombrables avantages qu'offrent les brûleurs à huile de vidange.



ANNEXES

ANNEXES 1

RAPPORT D'ANALYSES

A°) ECHANTILLONS

Il s'agit de quatre échantillons d'huiles usagées recueillies sur les bacs collecteurs des centrales SONABEL Ouaga I, Ouaga II et Bobo II.

L'étiquetage effectué de la façon suivante :

- 1°) Ouaga I : mélange huiles + coulages combustibles
- 2°) Ouaga II : mélange huiles + coulages combustibles
- 3°) Bobo C II : huiles de graissage
- 4°) Bobo M II : mélange coulages combustibles.

Les essais ont été menés du 27 Avril au 04 Mai 1998 dans le laboratoire de la SONABHY avec les techniciens dudit laboratoire.

B°) MASSE VOLUMIQUE

1 - Méthode

La méthode employée est la NF T 60101. Les mesures effectuées à la température ambiante ; les résultats sont ensuite convertis à 15 °C grâce à la table ASTM 53 B.

2 - Résultats

ECHANTILLONS	MASSE VOLUMIQUE AMBIANT KG/L	TEMPERATURE °C	MASSE VOLUMIQUE A 15 °C KG/L
OUAGA I	0,916	32,80	0,928
OUAGA II	0,905	32,60	0,918
BOBO C II	0,942	32,80	0,954
BOBO M II	0,904	33,25	0,916

C°) VISCOSITE CINEMATIQUE

1- Méthode

La méthode normalisée NF T60 100 a été employée. Les essais ont été effectués à la température de 50 °C.

2 - Résultats

ECHANTILLONS	OUAGA I	OUAGA II	BOBO C II	BOBO M II
Viscosité cinématique à 50 °C cSt	87,68	22,33	38,31	55,21

D°) POINT D'ECOULEMENT

1 - Définition

Le point d'écoulement est la température la plus basse à laquelle le produit coule encore.

2 - Méthode

Les essais ont été menés selon la méthode NF T60 105.

3 - Résultats

ECHANTILLONS	OUAGA I	OUAGA II	BOBO C II	BOBO M II
Point d'écoulement ° C	- 24	- 6	+ 3	- 12

E°) TENEUR EN EAU

1 - Méthode

La teneur en eau par distillation objet de la norme NF T60 113 a été utilisée.

2 - Résultats

ECHANTILLONS	OUAGA I	OUAGA II	BOBO C II	BOBO M II
Température en eau % Vol.	0,2	0,2	2,5	2,5

F°) CONCLUSION

La teneur en sédiment, pour des raisons techniques, n'a pu s'effectuer comme convenu.

Vous trouverez ci-joint à titre de comparaison les spécifications du DDO et du Fuel Oil.

Le Chef du service Laboratoire


Alpha A. DIALLO

ANNEXES 2

ANNEXE 2

ETIL III
 Dans la plaine (1)
 sous creuset (pos. int)

 * anapol -S- *

ANALYSE DES GAZ

Heure 09:35
 Date 03.07.91

Combustible
 fuel lourd
 T-Gaz 771 °C
 T-Amb 21 °C
 O2 9.7 %
 CO 1639 PPM
 SO2 370 PPM
 NOx 57 PPM
 CO2 8.5 %
 Rend 48.0 %

Vent 5
 Tirage.....hPa

Bacharach.....

Service du Gaz
 Installations

à côté du creuset (2)
 E III

 * anapol -S- *

ANALYSE DES GAZ

Heure 09:41
 Date 03.07.91

Combustible
 fuel lourd
 T-Gaz 163 °C
 T-Amb 21 °C
 O2 19.5 %
 CO 10 PPM
 SO2 9 PPM
 NOx 8 PPM
 CO2 1.0 %
 Rend 16.3 %

Vent 5
 Tirage.....hPa

Bacharach.....

Service du Gaz
 Installations

Sous chapeau (3)
 E III

 * anapol -S- *

ANALYSE DES GAZ

Heure 09:45
 Date 03.07.91

Combustible
 fuel lourd
 T-Gaz 517 °C
 T-Amb 22 °C
 O2 13.8 %
 CO 51 PPM
 SO2 57 PPM
 NOx 30 PPM
 CO2 5.4 %
 Rend 46.0 %

Vent 5
 Tirage.....hPa

Bacharach.....

Service du Gaz $\frac{\omega}{\omega_2} = 0,001$
 Installations

E III (4)

 * anapol -S- *

ANALYSE DES GAZ

Heure 10:02
 Date 03.07.91

Combustible
 fuel lourd
 T-Gaz 469 °C
 T-Amb 24 °C
 O2 15.9 %
 CO 137 PPM
 SO2 57 PPM
 NOx 11 PPM
 CO2 3.8 %
 Rend 31.0 %

Vent 5
 Tirage.....hPa

Bacharach.....

Service du Gaz $\frac{\omega}{\omega_2} = 0,0036$
 Installations

E III (5)

 * anapol -S- *

ANALYSE DES GAZ

Heure 10:03
 Date 03.07.91

Combustible
 fuel lourd
 T-Gaz 468 °C
 T-Amb 24 °C
 O2 15.9 %
 CO 357 PPM
 SO2 73 PPM
 NOx 30 PPM
 CO2 3.8 %
 Rend 31.1 %

Vent 5
 Tirage.....hPa

Bacharach.....

Service du Gaz $\frac{357}{38000} = 0,0094$
 Installations

Sous chapeau (6)
 E III

 * anapol -S- *

ANALYSE DES GAZ

Heure 10:07
 Date 03.07.91

Combustible
 fuel lourd
 T-Gaz 442 °C
 T-Amb 24 °C
 O2 15.9 %
 CO 219 PPM
 SO2 61 PPM
 NOx 21 PPM
 CO2 3.8 %
 Rend 35.1 %

Vent 4
 Tirage.....hPa

Bacharach.....

Service du Gaz $\frac{219}{38000} = 0,006$
 Installations

E III

(8)

E III

(7)

* anapol -S- *

ANALYSE DES GAZ

Heure 10:23
Date 03.07.91

Combustible
fuel lourd
T-Gaz 648 °C
T-Amb 25 °C
O2 11.8 %
CO 76 PPM
SO2 126 PPM
NOx 89 PPM
CO2 6.9 %
Rend 46.8 %

Vent 4
~~Press~~.....hPa
noirceur ~~4~~ > 6
Bacharach.....

Service du Gaz $\frac{76}{69000} = 0.0011$
Installations

* anapol -S- *

ANALYSE DES GAZ

Heure 10:29
Date 03.07.91

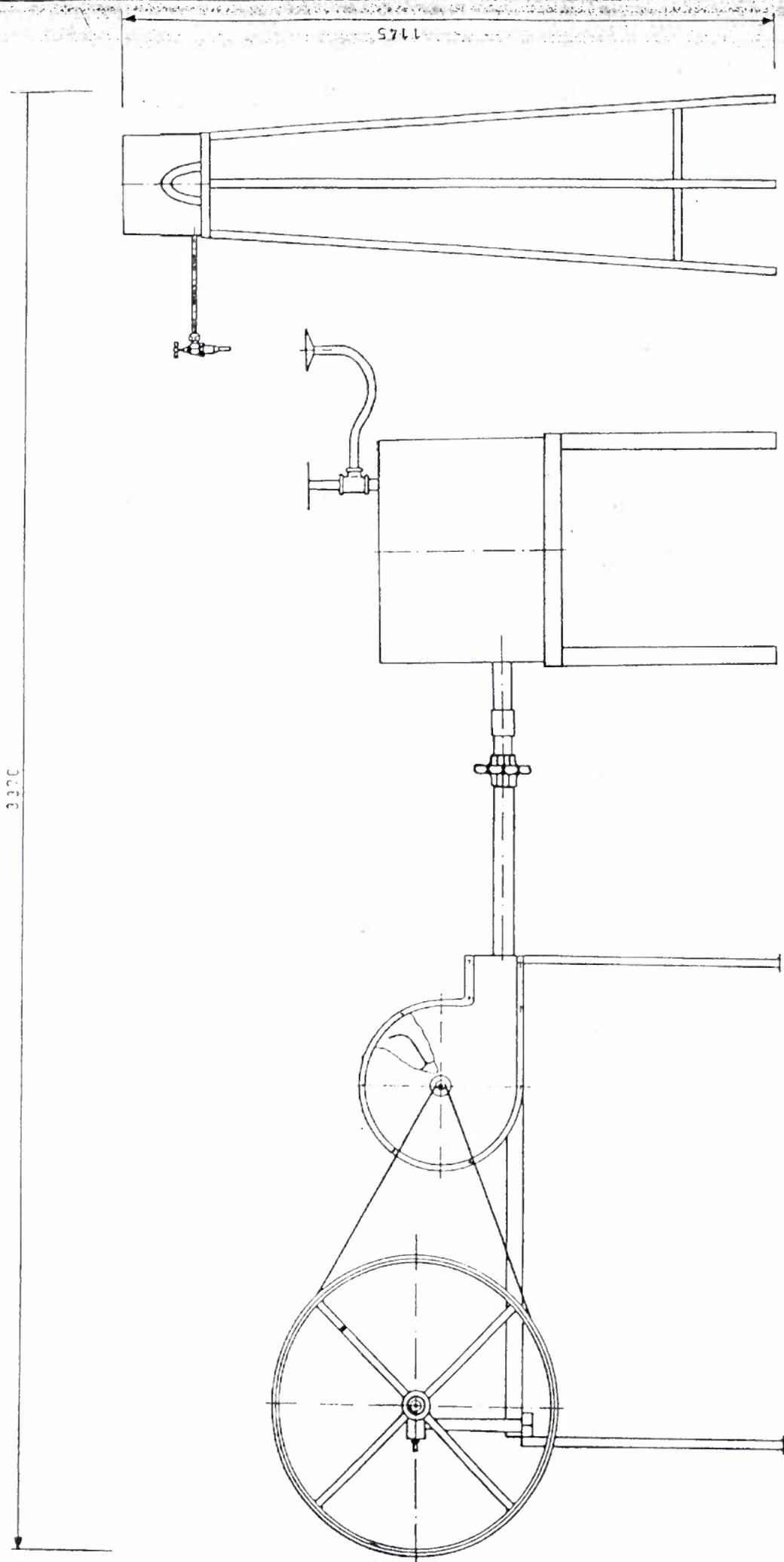
Combustible
fuel lourd
T-Gaz 595 °C
T-Amb 26 °C
O2 11.2 %
CO 22 PPM
SO2 109 PPM
NOx 94 PPM
CO2 7.3 %
Rend 54.1 %

Vent
Press... 5.....hPa
noirceur >> 6
Bacharach.....

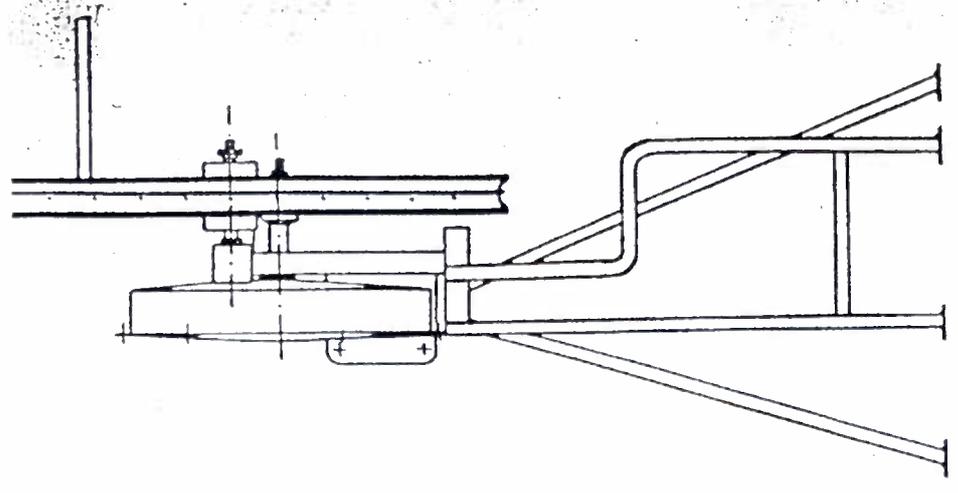
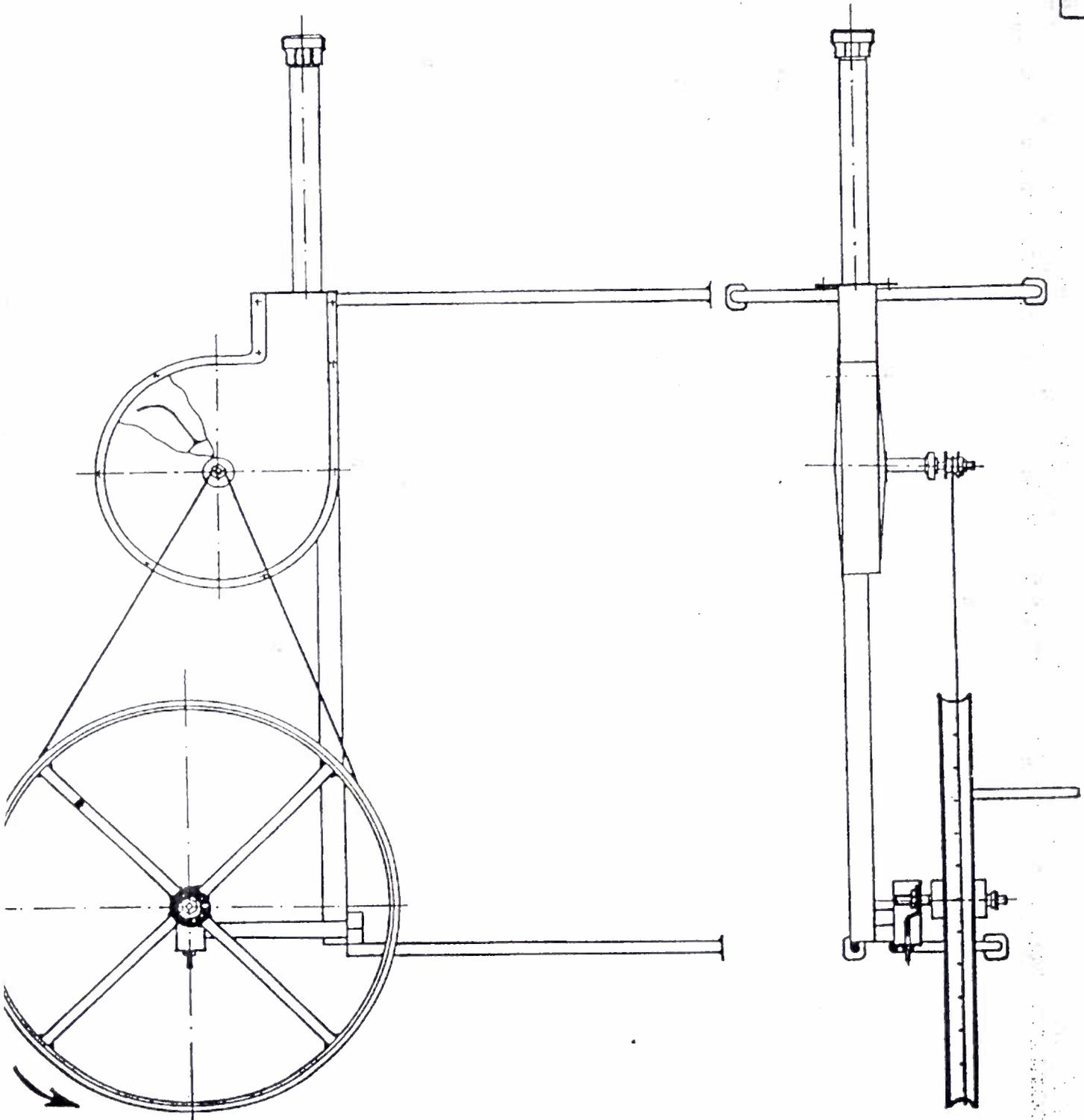
Service du Gaz
Installations

$\frac{22}{73000} = 0.0003$

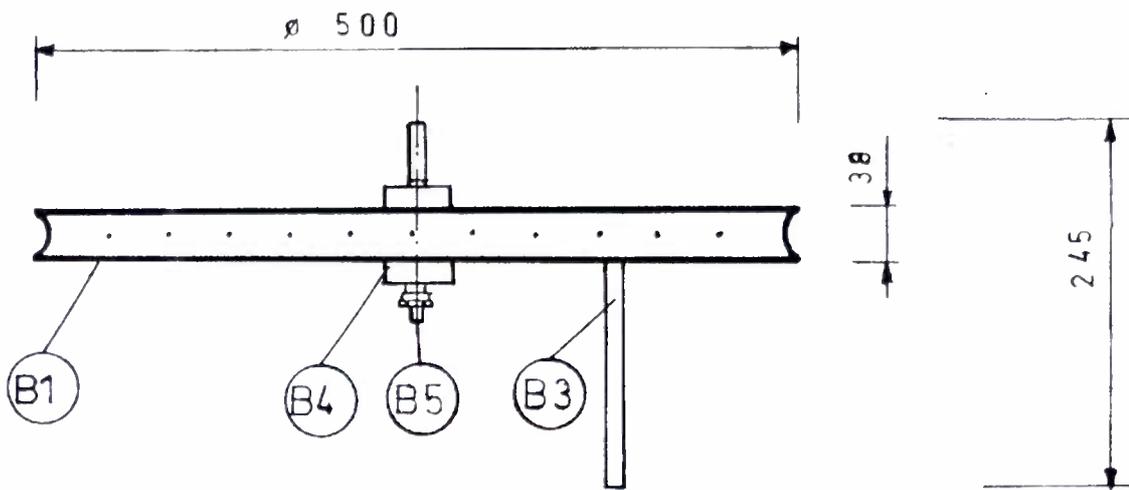
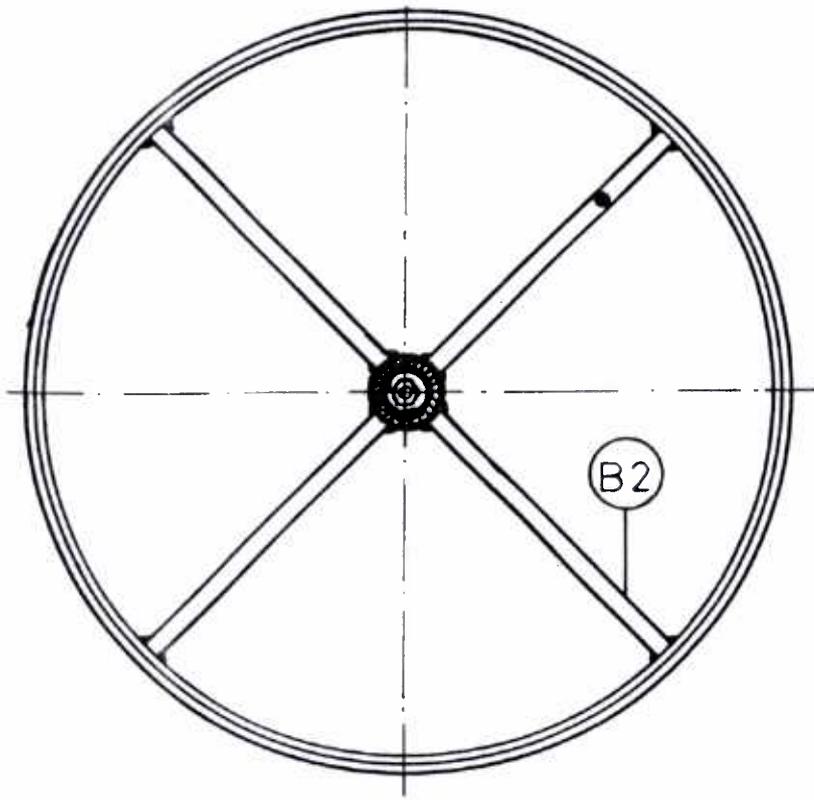
ANNEXES 3.



CEAS/ATESTA BP3106 OUAGADOUGOU TEL 30-23-93	Concepteur	SATA/PG
BRULEUR A HUILE DE VIDANGE	Dessinateur	TY
VUE D'ENSEMBLE	Date	11-08-99
	Ech	1:5 N°1 A7



SOUFFLEUR N°3 A3 Ech 1:5



CEAS/ATESTA BP 3306 OUAGADOUGOU TEL 30-23-93

Concepteur

SATA / PG

BRULEUR A HUILE DE VIDANGE

Dessinateur

TY

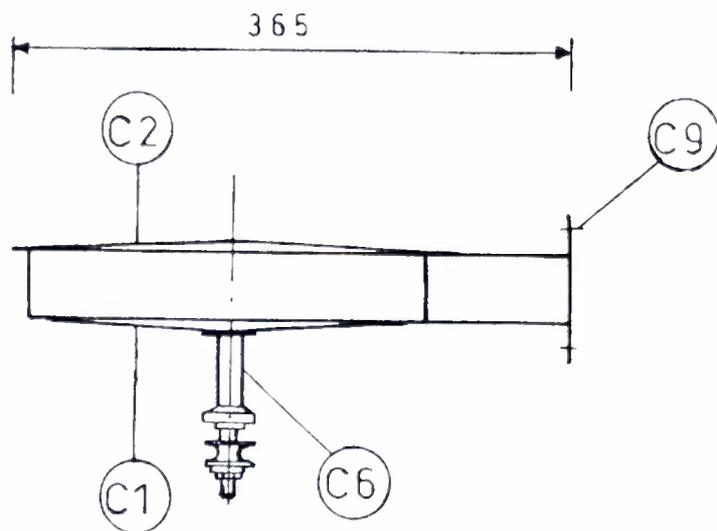
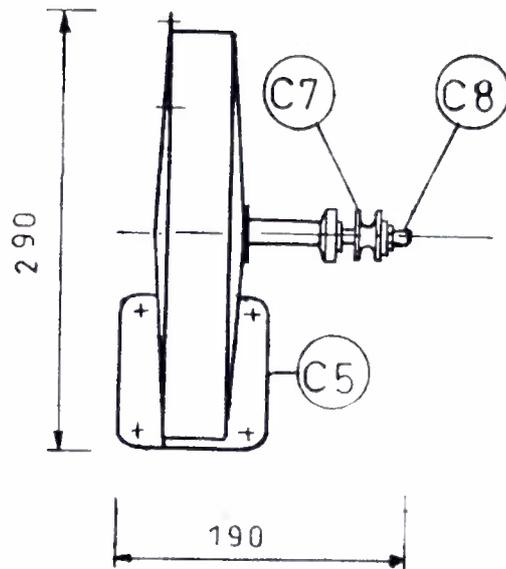
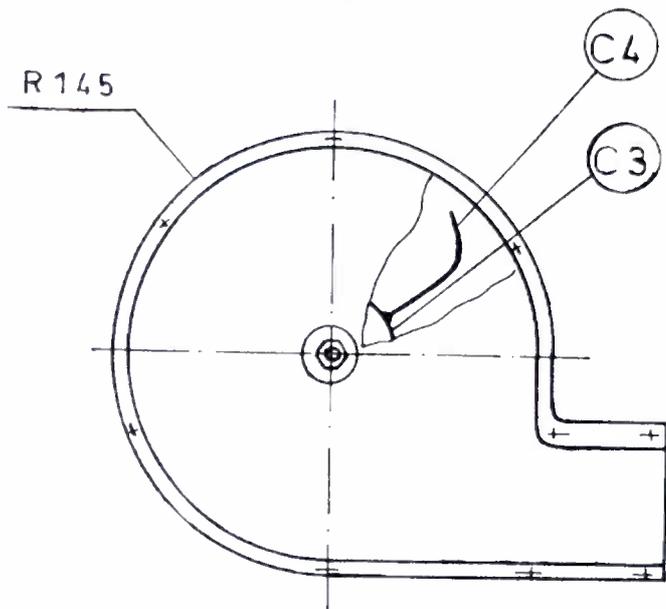
ROUE D'ENTRAINEMENT

Date

30-07-98

Ech 1:5

N°7 A4



CEAS/ATESTA BP 3306 OUAGADOUGOU TEL 30-23-93

Concepteur

SATA / PG

BRULEUR A HUILE DE VIDANGE
SOUFFLEUR

Dessinateur

TY

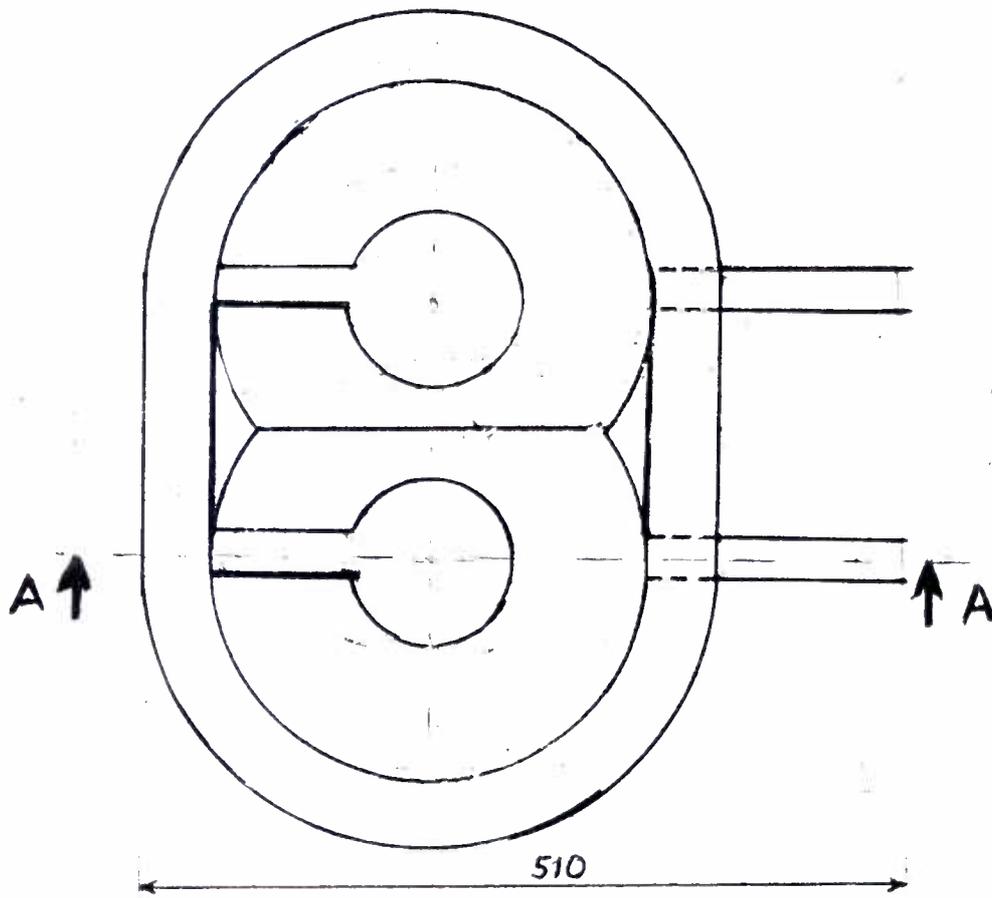
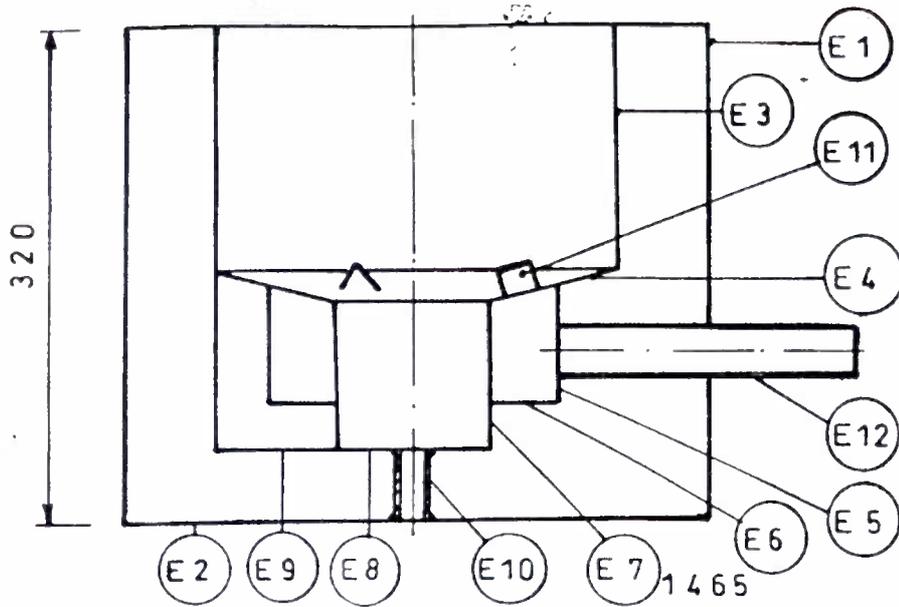
Date

30-07-98

Ech 1:5

N° 9 A4

Coupe A-A



CEAS/ATESTA BP 3306 OUAGADOUGOU TEL 30-23-93

Concepteur

SATA / PG

BRULEUR A HUILE DE VIDANGE

Dessinateur

TY

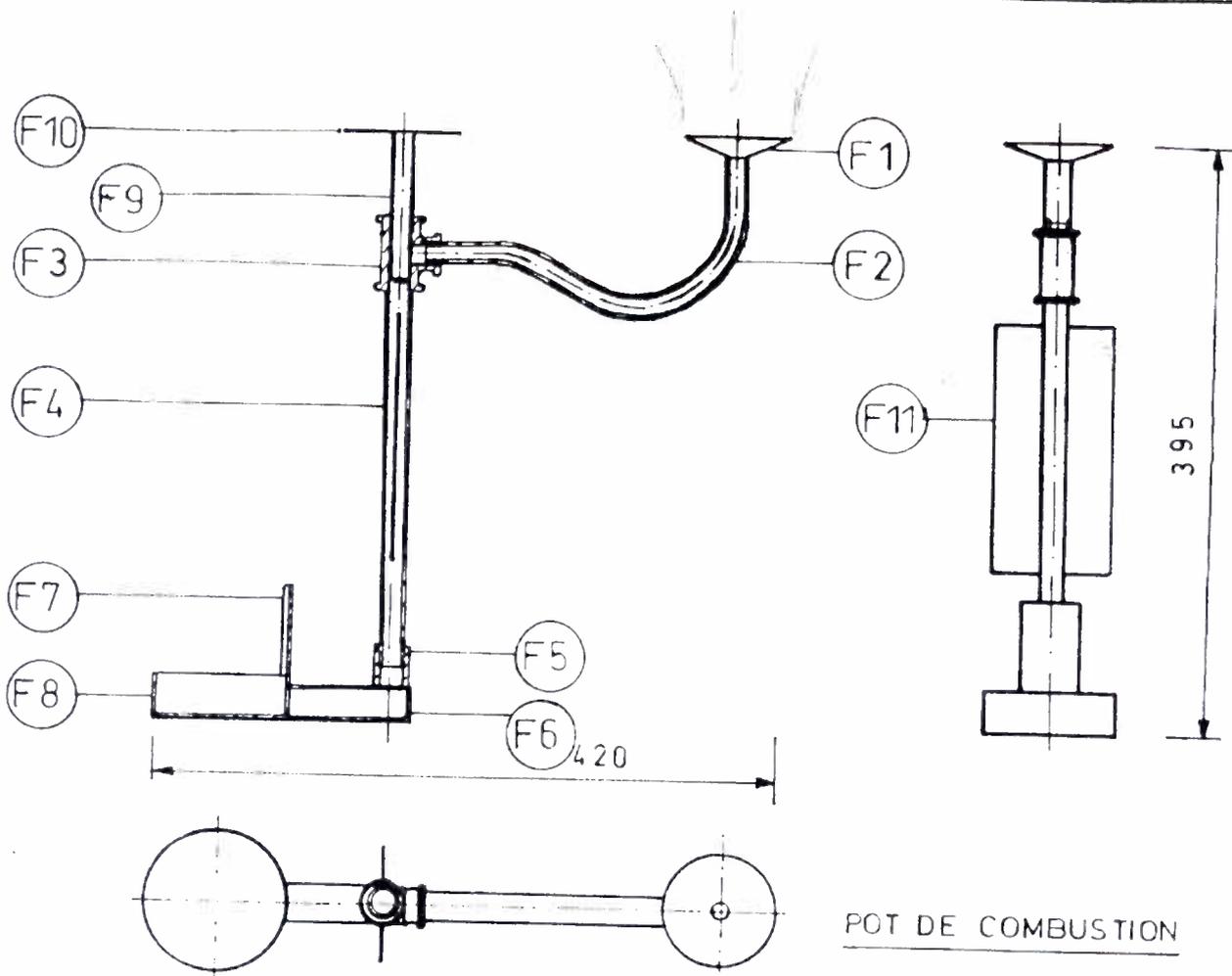
FOUR

Date

03-08-98

Ech 1:5

N°13 A4



POT DE COMBUSTION

CEAS/ATESTA BP 3306 OUAGADOUGOU TEL 30-23-93

BRULEUR A HUILE DE VIDANGE

Concepteur	SATA / PG
Dessinateur	TY
Date	06-08-98
Ech 1:5	N°16 A4

ANNEXES 4

Photographie de l'ancien brûleur

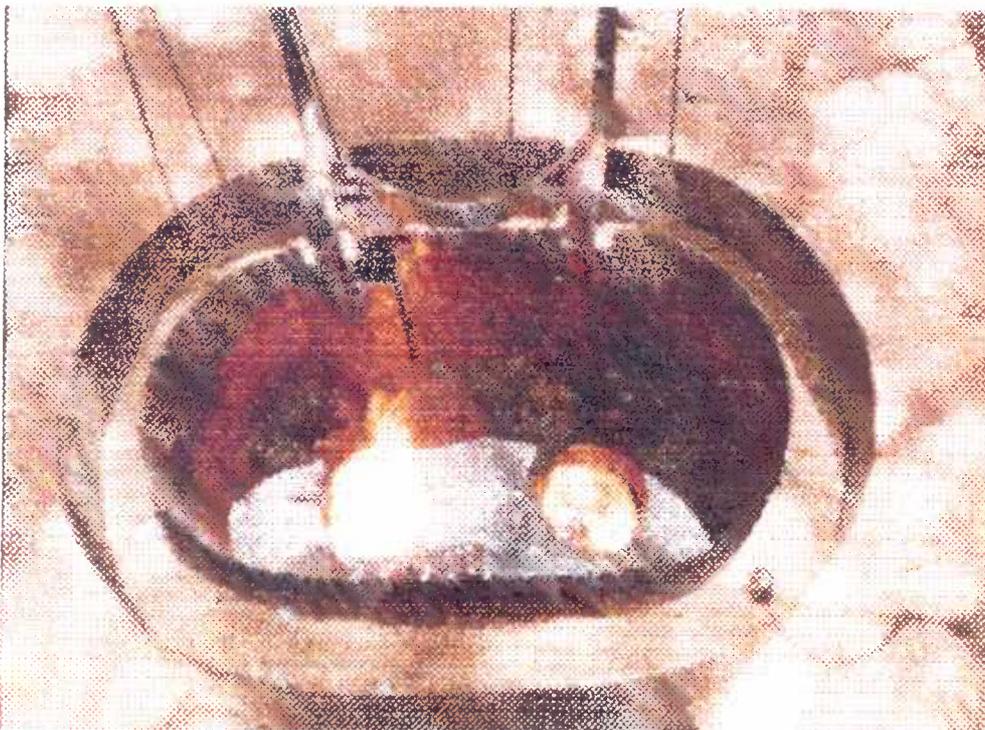


A travers cette photographie l'on remarque le four, le bac à huile et son support et enfin le pot de combustion muni de l'entonnoir qui constituent le brûleur à huile de vidange dont on a augmenté la capacité

Photographies relatives au nouveau brûleur



Four muni du creuset ; l'on remarquera la disposition de ce dernier dans la chambre de combustion sur cette carte, il contient de l'aluminium (environ 3 kg) devant être fondu



La photographie ci-dessus montre à travers les petites flammes qu'on peut apercevoir au fond du four l'amorçage de la combustion de l'huile

Annexe 4

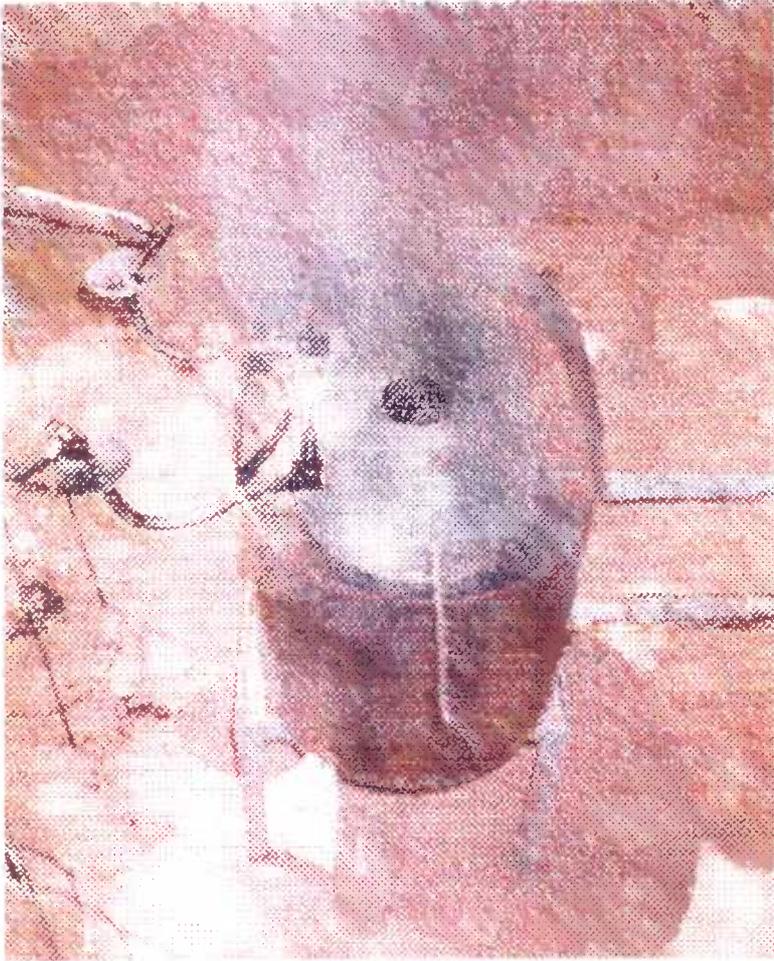


Ci contre la flamme se stabilise peu à peu. Ceci est dû au fait que le débit d'huile correspond au débit d'air de soufflage



Ci-contre le phénomène observé ci-dessus s'est intensifié. La raison en est que le débit d'air a davantage augmenté

Annexe 4

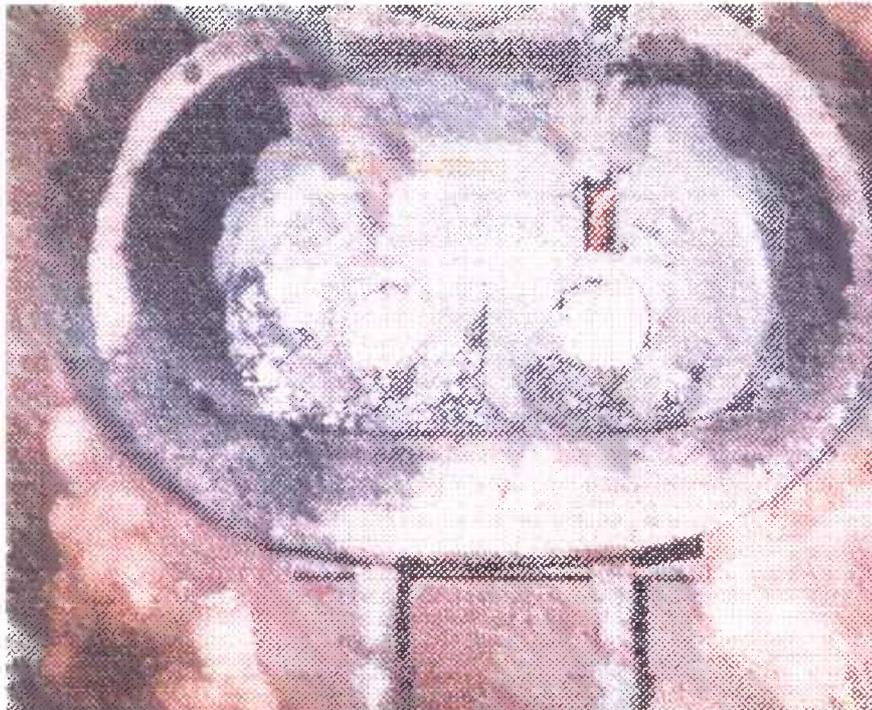


A travers cette photographie, l'on peut remarquer le dégagement de fumée qui intervient après l'installation du couvercle sur la chambre de combustion.



La photographie ci-contre montre la flamme sortant à travers les ouvertures du couvercle. Elle illustre bien l'influence que l'excès d'air a sur le bon déroulement de la combustion. Cette image s'oppose donc à la précédente.

Annexe 4



Ci-contre nous
avons
l'illustration de
la situation dans
la chambre de
combustion à la fin
de la la
manipulation. Nous
remarquerons
surtout le dépôts
des éléments de
l'huile sous
forme de cendres
dans les deux pots
au fond

BIBLIOGRAPHIE

BONHOMME (A.) . - L'isolation thermique des locaux d'habitation et des constructions scolaires : Réglementation - Notions et calculs pratiques.- Editions du moniteur des travaux publics.1967.

BORGHI (R.) et DESTRIAU (M.). - La combustion et les flammes. Editions Technip. 373 p. 1995.

CETE apave du sud-ouest, formation professionnelle. - Ecole de chauffe : conduite des chaudières industrielles, Tome 1, 2. 1991

GUIBET (J-C.). Encyclopédie Techniques de l'ingénieur, traité génie énergétique : combustibles liquides. - 20 p. 1998.

LARGETEAU (J.).- La fonderie, Tome 2 : fusion des métaux. Presses universitaires de France. 1975.

Ministère de la coopération (République française).- Sahel et technologies alternatives. CINAM. Août 1977.

RAMADE (F.). - Eléments d'écologie : écologie appliquée. Mc Graw-Hill

SCHNEIDER (D.) et GUISSOU (P.). - Le brûleur à huile de vidange Atesta : dessin et plan de fabrication. SADOCC. Octobre 1998.