

des petites chaudières (1) : étude et construction

par Jacques Clabaux



1 mini-chaudière à tubes bouilleurs brûleur camping-gaz



2 mini-chaudière à tubes bouilleurs brûleur à tubes percés



3 mini-chaudière horizontale à "picots" brûleur non défini



4 mini-chaudière verticale à "picots"

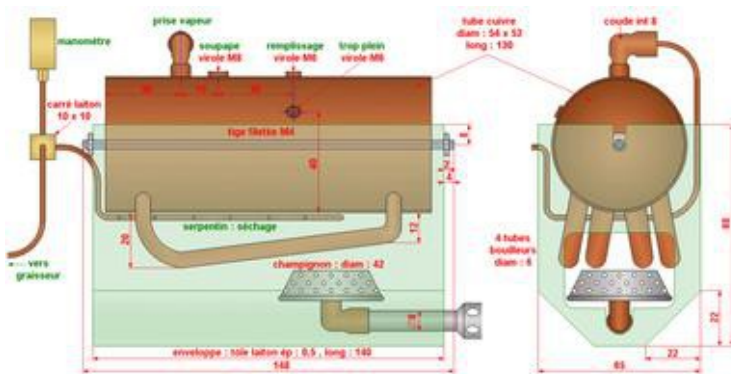


5 mini-chaudière à tubes bouilleurs

Caracteristiques de la mini horizontale à picots voir : <http://www.vapeuretmodelesavapeur.com/chaudieremini/caracteristiques-de-la-mini-horizontale.doc>

brûleur non défini : <http://www.vapeuretmodelesavapeur.com/chaudieremini/caracteristiques-de-la-mini-verticale.doc>

1 - mini-chaudière à tubes bouilleurs



Modèle très simple, mais finalement assez performant (en fait c'est la première que je construisais) : **tubes bouilleurs** sous un tube de cuivre de 54 x 52 avec des fonds en laiton sécurisés par une tige fileté M4. La "légèreté" des matériaux employés permet le brasage avec une lampe torche

Le problème est que je n'ai jamais retrouvé ce genre de tubecuire ... On peut se rabattre sur du laiton en épaisseur de 1 mm.

Le chauffage se fait avec un **brûleur camping-gaz** de diamètre extérieur 42. **Réservoir à gaz** tout simple également avec, pour limiter la hauteur, le robinet sur le côté et un système de repérage de la "bonne flamme". Une **soupape** du commerce pour cette fois et des viroles et bouchons faits maison.

La chaudière vient se placer dans une **enveloppe en laiton** de 0.5 (pliage et vissage) aux formes des fonds du bateau.

*Principal défaut : même remplie au 3/4 (contenance utile de 190cc), ce qu'on vérifie avec le bouchon latéral, au démarrage, il y a une forte production d'eau. On peut pallier cet inconvénient en installant une vraie prise de vapeur : exemples dans les albums **chaudière verticale** ou **horizontale** ou encore **accessoires**.*

En fait, cette forte production de vapeur trop saturée en eau est due à un mauvais positionnement de la virole de trop-plein: mes dernières découvertes montrent qu'elle devrait se placer à 37.5 mm et non à 40 !.



"Assez performante" et finalement beaucoup plus que cela.

Elle sert pour l'Appomatai, ex-Gulnare et elle peut fournir de la vapeur à son moteur d'environ 17 cm³ pendant plus de 40 Minutes.

Il est vrai que les roues à aubes tournent à 100/120 tours à la minute en exploitant à fond le ralenti ..

2 - mini-chaudière à tubes bouilleurs et ses accessoires

Il s'agit de la **chaudière de la voiturette à vapeur** qui sera placée à l'avant, sous le capot et bien sûr la **place était comptée**.

De ce fait, mes petites chaudières faites d'un seul tube ne convenaient pas.

Il y en aura donc deux tirées de **tube de cuivre de 32 x 30** qu'on trouve facilement, même ici, reliés par un tube pour le remplissage au 3/4.

La **virole** de remplissage sera au sommet d'un des tubes, l'autre, sur l'autre tube, avec son bord inférieur placé au niveau des 3/4 montrera en débordant que c'est "plein".

Au-dessous, des **tubes bouilleurs** chauffés par un **brûleur** adapté aux dimensions de la chaudière. On y fera passer un **serpentin** qui séchera un peu la vapeur avant d'arriver au graisseur.

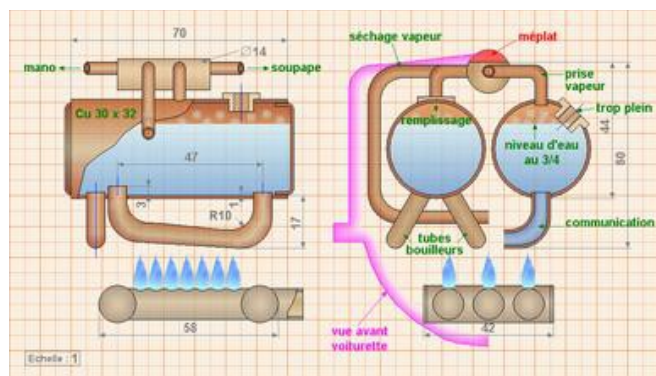
Au-dessus, un rond de laiton pour la **distribution de la vapeur** vers le moteur mais aussi vers un mini-manomètre et une toute petite soupape.

On arrive à une **contenance de 80 cm³** ce qui devrait permettre de rouler un "certain temps" ...

Pour la **brasure**, je me suis offert une bonne **torche** à brancher sur une bouteille de gaz butane ou propane et qui peut atteindre 2000°. Avec ces petites épaisseurs on ne rencontre pas trop de problèmes. Enfin si, il en reste un : je mets trop de brasure !

Les deux premières images qui suivent ne sont pas de la chaudière définitive dont quelques photos ont disparu (Ne jamais partager son appareil photo !) mais le principe reste le même sauf que dans la première version, il y avait des rondelles pour les fonds et 3 tubes bouilleurs par tube.

Mais il y avait trop de fuites lors des essais de mise en pression et de plus la contenance n'était que de 70 cm³.



A chaque étape de la réalisation, il faut penser à l'encombrement.

Il est possible que des rangées de trous soient ajoutés pour le brûleur. Tout dépendra des essais.

Avec la première version, le moteur horizontal de 1 cm³ a très bien fonctionné !

Amélioration du plan possible pour le positionnement de la vanne de trop-plein.

Mes dernières recherches montrent que pour que le niveau soit vraiment à 75% du remplissage, le débordement doit se produire à 22.4 mm.

Il faut donc descendre l'axe de perçage de 6 mm.



Traçage beaucoup plus aisé sur du papier collant ...



Ajustage des tubes bouilleurs...



Prêt pour la brasure des fonds et des tubes ...



Prêt pour la brasure du bloc de distribution ...

Le serpentin sera ajouté ensuite : le départ vapeur, tube de 3 x 2, est pincé pour les essais.

pour la cintreuse : <http://www.vapeuretmodelesavapeur.com/petitoutillage/index.html>

pour les fonds bombés : <http://www.vapeuretmodelesavapeur.com/usinages/index.html>



Les essais sont satisfaisants, la mise sous pression se faisant rapidement et aucune fuite n'apparaissant. A noter que le manomètre, malgré sa petite taille, fonctionne bien, la soupape a été réglée un peu plus dure (2 bars environ).

Un truc à vérifier avant la brasure : voir si les embouts que l'on va braser ne sont pas bouchés ! Ni le mano ni la soupape ne fonctionnaient.

Pas étonnant, en perçant le trou de 3 j'avais bouché celui de 1.6 !

Et un autre test après la soudure du serpentin car décidément je ne m'arrange pas : tout fonctionnait bien et, petit doute, la vapeur sortait-elle de son tube tout juste brasé ? Tube plongé dans un pot rempli d'eau, compresseur sur une virole, le reste fermé et ... aucune bulle ! Trop de brasure et tube rempli sur un bon centimètre !

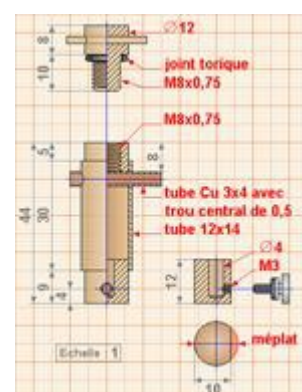
Coupe et nouvelle brasure, légère cette fois .



Depuis, j'ai abandonné cette manière d'essayer "à chaud" une chaudière en construisant une petite pompe qui, "à froid", permet d'opérer sans aucun danger.

Accès à l'album : <http://www.vapeuretmodelesavapeur.com/chaudieremini/bv000043.jpg>

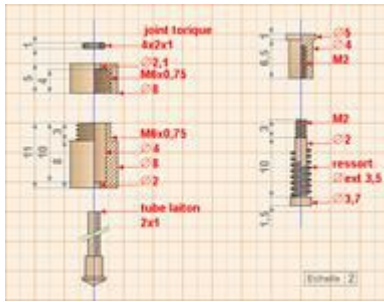
accessoires montés sur la chaudière



le graisseur

Le modèle le plus simple.

La liaison avec la chaudière et le tube amenant la vapeur au moteur se fera par soudure à l'étain dans le tube de cuivre de diamètre 4. Ce tube est percé avant la soudure de l'ensemble d'un trou de diamètre 0.5.



la soupape

Elle est assez particulière car elle est censée représenter le bouchon du radiateur !

Enfin on verra au montage si c'est possible.

Le réglage est problématique puisqu'il faut visser le bouchon sur la tige du ressort avant de visser la partie supérieure : *il faut apprécier l'élasticité ...*

En fait ce n'est pas bien grave si on n'arrive pas à un réglage parfait (2 bars par exemple), le moteur oscillant faisant office de soupape ...

Construction et autres modèles : <http://www.vapeuretmodelesavapeur.com/accessoires/index.html>



le manomètre

C'est le plus petit modèle trouvé : 15 mm de diamètre, mais il fonctionne bien.

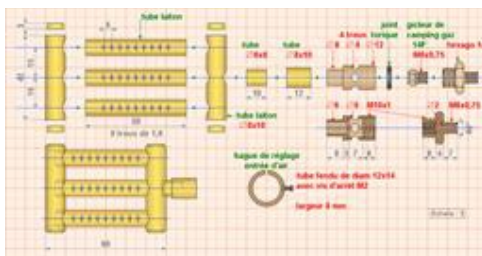
Quand vous l'achetez, ne pas oublier d'acheter aussi le bout de tube en laiton qui va avec (diamètre intérieur du raccord) et avec lequel on formera la lyre.

le brûleur, son porte gicleur et la vanne-gaz



brûleur avec 3 tubes et le porte-gicleur de camping-gaz pour les essais

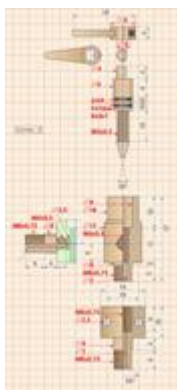
Réalisation des brûleurs : <http://www.vapeuretmodelesavapeur.com/bruleurs/index.html>



réalisation classique du brûleur, mais simplification du porte-gicleur



éléments du porte-gicleur



Les gorges pour les 2 joints toriques auront un diamètre de 4.2. J'utilise un peu de vaseline au montage.

On visse alors à fond et on enfonce dans le trou de diamètre 3 un tube en cuivre 3 x 2.

On dévisse d'un tour et on obtient la position de soudure de ce tube qui assurera une étanchéité parfaite.

Une fois soudé, couper l'excédent en laissant un millimètre au cas où il faudrait l'enlever suite à un ratage.

Une fois soudé, couper l'excédent en laissant un millimètre au cas où il faudrait l'enlever suite à un ratage.

Avant de le présenter, le reprendre au tour pour obtenir une face bien d'équerre.

on peut aussi voir le plan d'une vanne similaire : <http://www.vapeuretmodelesavapeur.com/chauffage/index.html>



Pour usiner le support tiré d'un carré de 14 voir :

<http://www.vapeuretmodelesavapeur.com/usinages/index.html>

Pour usiner le support tiré d'un carré de 14 voir voir : <http://www.vapeuretmodelesavapeur.com/usinages/index.html>



la vanne sera vissée sur l'embase elle-même vissée sur la patte prévue sur le support de roue

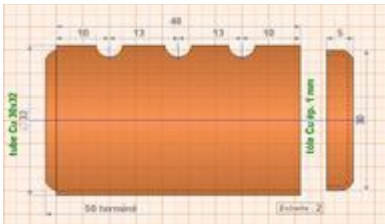
On a intérêt à bien positionner le raccord sur le corps de la vanne : il doit se présenter à 90 ° .

Pour ce faire, repérage en serrant le corps sur son support et en y mettant déjà du ruban de téflon. Et si on se rate un peu, il faudra une bague.

Pour en calculer l'épaisseur voir : <http://www.vapeuretmodelesavapeur.com/accessoires/index.html>



le réservoir de gaz voir : <http://www.vapeuretmodelesavapeur.com/chauffage/index.html>



fonds bombés voir : <http://www.vapeuretmodelesavapeur.com/usinages/index.html>



ensemble vue de dessus ...



... et de profil.

les essais

Ils ont été surprenants : montée rapide en pression (moins de 4 minutes) puis maintien de la pression à 1 bar sans problème pour alimenter le moteur.

Un regret : il manque une vanne-vapeur pour réguler l'arrivée et donc la vitesse.

Une **chaudière vraiment performante**.

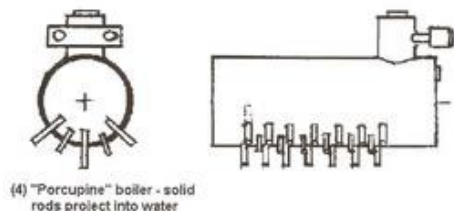
Une petite idée du "pourquoi" : la surface de chauffe est très importante et permet le maintien de la pression ; le volume d'eau, scindé en deux, prend rapidement sa température ...



Cette chaudière équipe l'**LALCYON**

voir : <http://www.vapeuretmodelesavapeur.com/lalcyon/index.html>

3 - mini-chaudière "porc-épic" horizontale



(4) "Porcupine" boiler - solid rods project into water

Sur le Web, j'ai trouvé un article de **Jack Wheldon** intitulé "**Petits vapeurs et leurs chaudières**". La traduction n'est pas terrible mais on saisit bien la démarche de l'auteur : augmenter la surface de chauffe et réduire l'espace entre la chaudière et le brûleur.

D'après l'auteur, le rendement est bien meilleur que celui obtenu avec des tubes bouilleurs... !

Voilà deux critères qui convenaient parfaitement à la chaudière du camion Meccano où la place est également comptée :

. au lieu de tubes d'eau, on trouvera sous la chaudière des rangées de "picots" : il y en a 23 espacés régulièrement et chaque picot dépasse également à l'extérieur et à l'intérieur.

les plans

Encore une fois c'est la place qui importe.

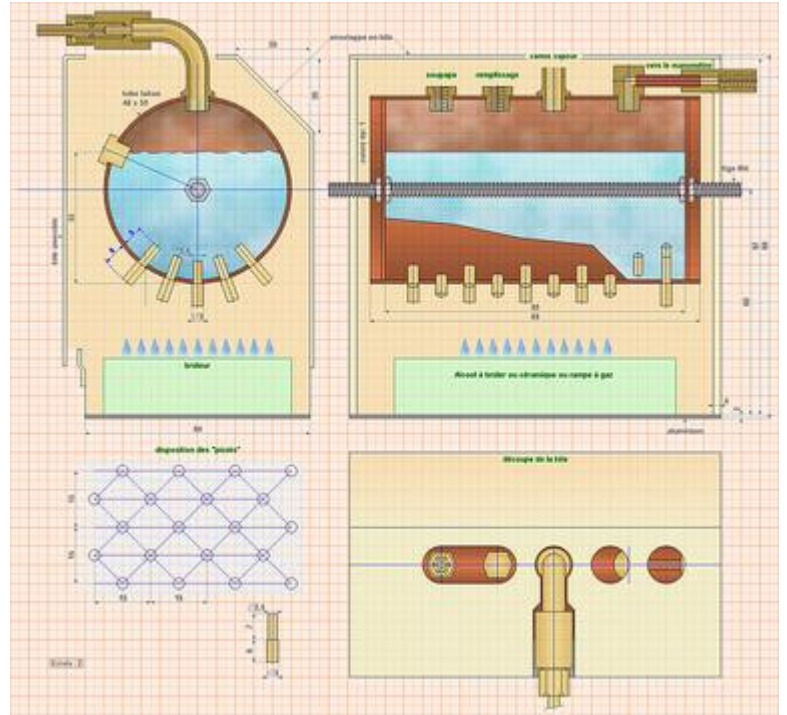
La forme, pour une autre utilisation que celle du camion, peut être modifiée : on peut prévoir une découpe de 20 x 20 à 45° de chaque côté.

Les "picots" permettent de rapprocher le brûleur du tube et de gagner en hauteur : le **mode de chauffage** est prévu avec de l'alcool à brûler, mais des essais seront faits avec le brûleur céramique, voir un brûleur classique.

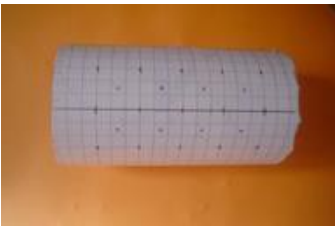
La **vanne-vapeur** est un peu particulière, toujours pour un problème de hauteur.

Le sommet de l'enveloppe (tôle de récupération) sera échancré pour permettre le passage de la vanne mais aussi pour l'**évacuation des gaz chauds** ; la tôle sera fixée à l'arrière et au-dessus par des vis en laissant un **espace vers le bas** ; pour l'avant, une **tôle amovible** qui se glissera dans deux languettes en bas et sur deux tétons en haut. Ainsi on pourra facilement sortir le brûleur, surtout s'il est à l'alcool pour le remplissage.

Deux croquis ajoutés en bas, à droite : l'implantation des picots et leur forme.



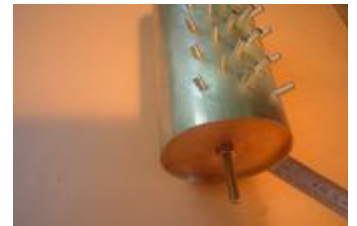
construction de la chaudière



Enrouler une feuille de papier quadrillé et tracer sur des diagonales.

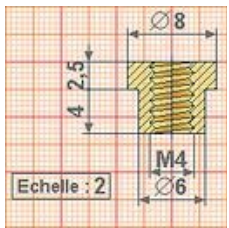


Percer à 2.5 puis placer les "picots" de diamètre 3 avec épaulement à 2.5.

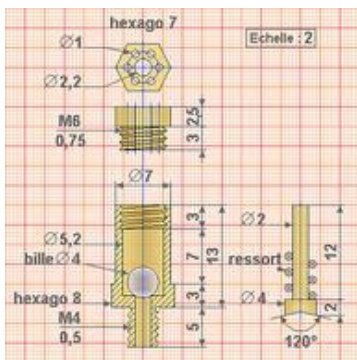


Poser les fonds en cuivre et le tirant : tige filetée M4.

les accessoires



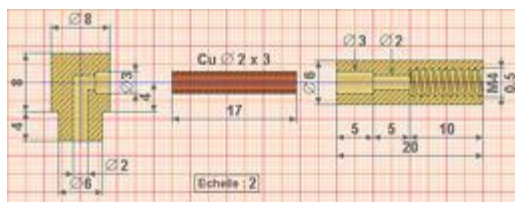
On peut commencer par le plus simple : les viroles, il en faudra 3.



la soupape voit ses dimensions réduites.

Les trous pour l'évacuation éventuelle de la vapeur sont percés au "pifomètre" en se servant des arrêtes de l'hexagonal comme repère ! Le ressort doit coulisser librement sur la tige.

Attention, usinage fragile, il faudra serrer modérément sinon on cassera le filetage..

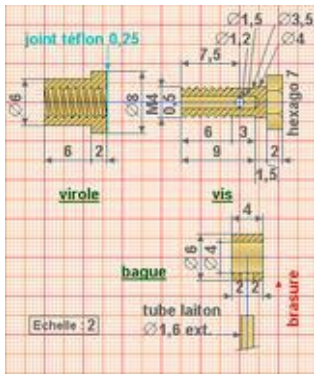


raccord pour manomètre

Il sera déporté vers la face avant. Prise de vapeur, tube en cuivre pour raccord, rond en laiton Pour la fixation du manomètre.

Le côté en alu devra être échancré pour permettre le passage.



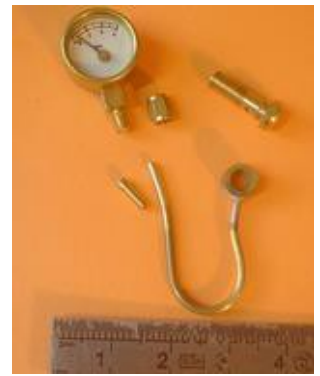


Le **manomètre** sera vissé sur un tube de laiton de diamètre extérieur 6 et fileté à M4 quiservira de virole.

Une bague sera serrée entre la virole et une vis spéciale ; 2 rondelles de téflon assurent l'étanchéité : l'utilisation de la bague permet le bon positionnement du manomètre.

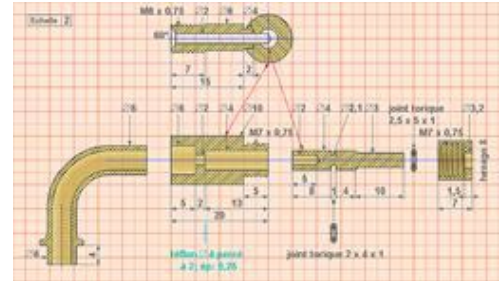
La **vis** : tirée d'un hexagonal de 7, elle comprend une partie filetée et une partie lisse. La vapeur pénètre par le trou central de 1.5 et ressort par celui, transversal, de 1.2. Elle peut atteindre le tube grâce à une réduction de la partie lisse à 3.5.

Le manomètre ne doit jamais être monté directement sur le corps de la chaudière, mais être raccordé à celle-ci par un tube coudé d'une longueur suffisante pour favoriser la condensation de la vapeur dans celui-ci ... (Steam Le Hobby)



la **vanne-vapeur** , 1/4 de tour, sera fixée horizontalement grâce à un raccord courbe de valve de pneu .

On peut aussi modifier le boisseau pour obtenir une meilleure étanchéité. Percer à 1.2 au lieu de 2 et ajouter entre le trou vertical et l'extrémité un autre joint torique 2 x 4 x 1. Ce sera meilleur qu'avec la seule rondelle de téflon en bout.



commencer par réaliser toutes les pièces, y compris le boisseau que l'on perce horizontalement sur 5 de profondeur



préparer une rondelle de téflon de diamètre extérieur 4 et de diamètre intérieur 2 !

Une façon de la réaliser : découpe à l'emporte-pièces d'une rondelle de 4, la placer au fond du logement en plaçant le boisseau puis enfoncer un pointeau de diamètre 2 qui va percer la rondelle ...



Le **perçage du corps et du boisseau**, l'opération la plus délicate étant donné le diamètre du boisseau. *Comment faire pour percer exactement dans l'axe le corps et le boisseau ?*

Procéder au montage : le joint de téflon en bout, le boisseau avec ses rondelles puis l'écrou que l'on serre.

Normalement, ça ne bouge plus.

Le corps est serré dans l'étau et on se sert d'une arête de l'écrou comme repère.

Pointer, percer à 2 sur 5.5 de profondeur, puis repercer à 4 le corps sur 2 de profondeur pour l'emboîtement (ajustage serré pour que ça tienne tout seul lors de la brasure) de la sortie vapeur.



boisseau percé et petit trait en bout à la lime pour repérer la position ouverte



Petit problème avec le **volant de la vanne** : si on la soude en bout, on ne peut plus enlever l'écrou ... alors une petite pièce ajoutée et sa vis de blocage servira de repère.

Pas eu le courage de la couper, trop pressé de faire les essais !

Volant pour vanne voir :

<http://www.vapeuretmodelesavapeur.com/accessoires/index.html>



brasure et essais : cette vanne ainsi que le support de manomètre seront brasés à part ... pour pouvoir vérifier avec une épingle ou un fil de laiton si la brasure n'a rien bouché. Si on brase en même temps que le reste de la chaudière, il sera impossible de le faire !

Avant de braser, un petit filetage M6 x 0.75 sur l'embout pour ... procéder à un essai avec le compresseur. Ce filetage sera supprimé avant le brasage sur la chaudière.

L'essai s'est bien passé et la vanne remplit correctement son rôle en modifiant selon la position le flux de l'air.

A noter que pour ces essais le joint en téflon avait disparu ... et ça fonctionne quand même !



Brasure

L'expérience acquise avec la mini-verticale a permis un parcours sans faute cette fois : en fait, pour toutes ces chaudières, on peut utiliser le matériel photographié, économique mais performant. Il suffit de procéder par étapes avec de la brasure enrobée à 40%. Entre chaque étape, après refroidissement, plonger dans l'acide sulfurique dilué à 10% (l'acide à verser dans l'eau, pas le contraire !), rincer, essuyer et sécher (petit coup de chalumeau). Nouvelle brasure et ...



Placer les fonds avec le tirant M4 en laissant un espace de 2 mm entre le haut du tube et le fond.

Commencer par braser la tige filetée et l'écrou puis passer aux bords en faisant glisser la baguette sur le pourtour intérieur ... Retourner le tube ...



Commencer par braser les picots sur le tube sans les fonds : pas de problème pour obtenir la bonne température.

La pièce est calée pour que la rangée de "picots" que l'on va souder soit bien à plat, la brasure risquant de couler si on la penche. Redresser le tube pour la rangée suivante ...

l'enveloppe

Elle est dans cette description un peu particulière car elle doit s'adapter au châssis du camion. On peut donc, pour une autre utilisation la modifier.



Les côtés sont en alu de 5 mm d'épaisseur. Ils sont d'abord découpés largement à la disqueuse puis à la scie sauteuse.

Pas de lime : tout à la fraiseuse.

Pour l'angle, un montage avec des brides après calage à la fausse équerre.

Pour l'usinage des côtés, on peut revoir : <http://www.vapeuretmodelesavapeur.com/usinages/index.html>



Le capot est fait de tôle de 0.5 récupérée chez un couvreur : une tôle bien rigide.

Il diffère un peu du modèle prévu quant aux ouvertures : le mieux étant de fabriquer un gabarit de carton que l'on présentera les deux côtés installés ainsi que les accessoires.

Ce capot doit se glisser vers l'avant en enjambant la soupape.

Fixation par vis M3 : 4 à l'arrière et deux au dessus.

La plaque de fermeture doit être amovible pour accéder facilement au bouchon de trop plein et, éventuellement, glisser le réservoir à alcool à brûler.

2 goujons M2 empêcheront le glissement. Sur la photo, une seule ouverture pour le passage de la sortie de la vapeur, il faudra en prévoir deux autres pour passer sous la vanne. Ces ajustages se font après le pliage.



pour fermer, on glisse la plaque de fermeture dans deux languettes en laiton fixées par de vis M3 .

Un petit truc pour le pliage :

ici, pas question de recuit car l'acier chauffé au rouge puis plongé dans l'eau va durcir ...

Par contre, on chauffe au rouge l'endroit à plier et on laisse refroidir à l'air. Le pliage sera facilité.

Pour le réaliser, deux cornières dans un étau font l'affaire.

Pour ne pas (trop) se rater dans le pliage des angles à 45°, opérer le premier pliage, porter la dimension à l'intérieur, tracer puis plier.



Serpentin

Fabriqué en tube de cuivre 2 x 3 il va permettre une légère surchauffe de la vapeur ou, tout au moins, la sécher.

Commencer par se faire un gabarit en fil de fer qui va passer entre les picots puis passer au tub de cuivre à recuire si nécessaire.

Braser les embouts: une habitude à prendre ainsi plus de décollement à craindre si on utilise l'étain.





Vues du montage final.

La chaudière a été testé à 4 bars ce qui est largement suffisant pour l'usage qui en sera fait : probablement entre 1 et 2 bars mano ...
Faute de brûleur adapté (cela se prépare !), un **premier essai** a été effectué avec le brûleur champignon : montée en pression en à peine 3 minutes et le moteur du Week-en, toujours lui, se met à pédaler ...

D'autres suivront mais cela concernera l'album consacré au camion ...



essai à l'alcool à brûler

Une petite envie de voir ce que donnait cette chaudière si on la chauffait à l'alcool à brûler.

Une petite coupelle rectangulaire qui reçoit du coton maintenu par un grillage, 35 centilitres d'alcool mesurés avec une seringue, liaison avec le raccord souple au OLI 321 (vertical de 2 cm³ à tiroir cylindrique) et mise à feu ...

Surprenant : la pression de 1 bar est atteinte en moins de 5 minutes, la vanne de la chaudière est ouverte à fond ainsi que celle du moteur et ça va tourner pendant 7 minutes jusqu'au ralentissement du moteur : épuisement de l'alcool) pour une consommation d'eau de 42 centilitres.

Conclusion, bonne pour le service : petite pression et cylindrée modeste.

Voir essai à l'alcool : <https://youtu.be/hAZofOOO2IA>

A propos des picots, une remarque de **Maxime** qui les verrait en cuivre plutôt qu'en laiton:

"Sur la chaudière à picots"porc épïc" horizontale pourquoi pas utiliser du cuivre pour les picots. Le cuivre à une conductivité thermique de 380W/m.K , le laiton Cu 63 % à une conductivité thermique de 125W/m.k et le laiton Cu70 % en à une de 109 ~ 121W/m.k ."

Maxime a parfaitement raison et d'ailleurs le plan anglais, pour les picots, il est noté "copper" (cuivre). Moins facile à usiner que du laiton ...

D'ailleurs, si on le peut, il faut fabriquer l'ensemble de la chaudière en cuivre mais pour les tubes il faudra acheter en Angleterre !



Cette chaudière équipe le **camion Meccano**

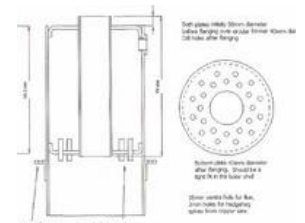
Voir : <http://www.vapeuretmodelesavapeur.com/camiontaravana/index.html>

4 - mini-chaudière "porc-épic" verticale

La construction de cette chaudière horizontale me donne l'envie de prévoir la construction en version verticale : cette fois les "picots" vont se trouver disposés en couronne sur la face inférieure.

Il s'agit de la chaudière de la célèbre "de Winton", plans dessinés par Dave Watkins.

Les rails en 16 mm d'écartement viennent d'être commandés, mais comme ils arriveront par bateau, c'est à dire pas avant plusieurs mois, on se contentera de la chaudière !



Voici une "**de Winton**" qui me semble un peu complexe pour débuter, aussi ... il est probable que je me contenterai de construire quelque chose ressemblant à cela.

réalisation de la chaudière

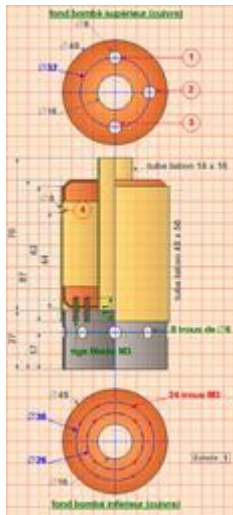
Cette fois j'ai pris mes précautions et la méthode de brasage que je vous propose n'est pas orthodoxe mais elle a le mérite de réussir:

une innovations par rapport à la précédente :

. les **picots** ne sont plus tournés : comme je n'avais plus de tige de laiton de 3, ils ont été remplacés par de la tige filetée M3

une liberté par rapport au plan trouvé : l'embase de la chaudière est rajoutée : cela facilite le brasage (pour moi !)

le plan



Un ensemble tout simple mais, pour les fonds bombés que l'on trouve à la partie supérieure et à la partie inférieure, je me suis servi de ceux que Jean-Paul Bourdillat m'avait offerts lors de notre rencontre à Paris.

Il est possible de les remplacer par des fonds plats, le tube central faisant office de "tirant".

Pour l'embase, n'ayant pas de tube de diamètre 48 extérieur, c'est un tube de 52 modifié qui a fait l'affaire. Cependant si on est capable de réaliser la brasure à l'intérieur du tube (chauffage par l'extérieur), on peut prévoir de réaliser la chaudière d'un seul tenant.

Comme dit précédemment, les picots sont des bouts de tige filetée.

Ce qui offre l'avantage d'avoir à braser des "trucs" qui ne bougent pas !

1 : remplissage ; 2 : prise vapeur ; 3 : soupape ; 4 : trop plein

Il n'y a pas de manomètre ni de niveau, si cette chaudière simplifiée pour les accessoires fonctionne bien, il sera possible de concevoir et construire la même avec eux !

Pour reprendre un tube et le réduire en diamètre, une petite méthode : [Pour l'embase, n'ayant pas de tube de diamètre 48 extérieur, c'est un tube de 52 modifié qui a fait l'affaire.](#)

les fonds



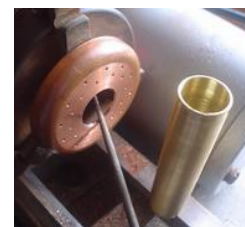
pointer légèrement le centre



effectuer les traçages puis percer (8 ou 10)



agrandir le trou central



ajuster pour le tube central

J'ai cassé mon outil à aléser et il fut refait en quelques minutes avec le touret (plus de temps à trouver une lame de scie qu'à la confectionner !).

Le problème du cuivre, c'est qu'il est mou et que des bavures importantes se forment : un moyen (dangereux !) de les éliminer, tout au moins à l'extérieur, c'est de plaquer une lime contre le fond ...

Pour l'**outil à aléser**, ayant la place suffisante, je lui ai donné un peu plus de largeur ce qui limite le fléchissement, défaut de celui réalisé au départ : <http://www.vapeuretmodelesavapeur.com/petitoutillage/index.html>

les "picots" :

de la tige filetée. On va percer à 2.5 puis tarauder à M3 (du pétrole permet un de taraudage aisé).

Un petit montage (planchette de bois) permet de serrer le fond bien à plat en évitant tout balancement nuisible au taraud.

23 "picots" à scier en s'aidant d'un tube servant de gabarit. Petit coup de lime à une extrémité pour faciliter le vissage.



Brasage :

de la brasure tendre à 40 % d'argent et une torche à souder.

C'est vraiment mon point faible aussi, pour cette chaudière je m'y suis pris en 3 étapes et ça a fonctionné.

Entre chaque opération, il faut procéder à un nettoyage. Truc classique que le trempage dans de l'acide sulfurique dilué à 10 % (verser l'acide dans l'eau et non le contraire) puis rinçage et séchage. C'est long mais c'est payant.



Brasage des picots par l'intérieur et du tube central.

Pour ce dernier, la position verticale est importante. Si on a bien ajusté le fond, il va tenir une fois qu'on aura la position verticale avec le fond supérieur à travers le tube de la chaudière.

Brasage du fond inférieur : le tube central est maintenu dans un étau toujours après positionnement avec le fond supérieur.

Chauffer avec la torche par l'extérieur du tube de la chaudière.

Demander l'avis de la brasure de fond supérieur, c'est passé à travers le tube l'extérieur de cuivre.

Une fois la brasure terminée, il n'est pas possible de la tester avec la pompe à essais faute de la vanne-vapeur pas encore confectionnée ! Mais, j'ai essayé un petit truc qui m'a permis de déceler une fuite au fond inférieur .
Si on observe bien la seconde photo, on voit que la brasure n'apparaît pas autour de quelques "picots" ... pas bon oeil !

Placer la chaudière en hauteur - ici un coin de boîte - placer un brûleur au-dessous et allumer ...
Si une fuite existe, ça suintera ou coulera presque immédiatement .
Au deuxième essai, après reprise de la brasure du fond inférieur, la pression est montée à 3 bars en 4 minutes.
Plus de fuites, apparemment !

accessoires

Et, pour se faire plaisir et que ce n'est pas trop difficile, la **cheminée**. Elle est obtenue à partir d'un écrou , d'une virole de canne à pêche et d'un raccord de tuyau d'arrosage ... le tout en laiton. Elle s'emboîtera sur le tube central.

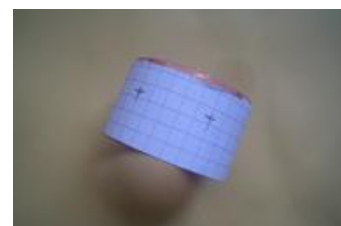
Un "travail" amusant avec l'outil à aléser et le tournage conique mais pas si évident que cela car on arrive à une très faible épaisseur ...et si l'écrou n'est pas bien centré ...



L'embase est rajoutée par emboîtement après ajustage et perçage des trous de ventilation du brûleur au nombre de 6 : placés à 17 mm de hauteur, ils ont un diamètre de 5.

Toujours le gabarit en papier pour le traçage.

Et on obtient une première idée de cette mini-verticale.



le régulateur ou vanne-vapeur :



Une construction qui devient classique mais qui est assez, pour respecter l'échelle, miniaturisée.

Commencer par confectionner le corps avec son filetage de 4, puis le positionner sur la Chaudière sans oublier le joint en téflon.

On serre modérément (c'est fragile !) et on marque la diagonale de l'axe de manière à que le tube qu'on soudera se trouve à 90° des autres viroles.



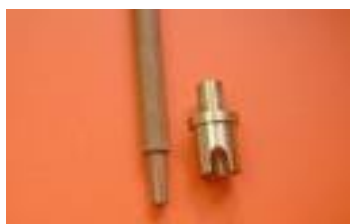
utilisation



Il faut reconnaître qu'elle n'est pas facile et on se brûle plus ou moins joyeusement les doigts en tournant la manivelle. De plus le réglage de l'ouverture en est difficile ...

Pour l'utilisation de la chaudière sur une petite loco de type Chaloner, le problème a été réglé en confectionnant une clé spéciale dont les photos ne demandent aucun commentaire.

Pour la construction de la loco voir : <http://www.vapeuretmodelesavapeur.com/loco/index.html>



Un raccord de plomberie sur lequel on pratique une entaille de la largeur du plat de la manivelle, un rond de bois que l'on enfilera à force dans l'autre extrémité.



Enfiler et ... tourner.

Plus de doigts maltraités !

la **soupe** est la même que celle qui est décrite avec la chaudière horizontale.

les essais

Cette fois, le régulateur est monté, la virole de vidange est bouchée, le gros manomètre est en place.

Remplissage à 100% de la chaudière, on bouche, on branche la pompe à essais et ... on pompe !



La pression monte très vite



Puis elle retombe et se stabilise à 2 bars : problème de joints (celui du remplissage et celui du mano ou encore de la pompe).
Mais elle tient !
L'expérience est reprise 5 ou 6 fois ... pas le temps de changer les joints qui perlent ni de revoir la pompe !
L'essentiel est qu'aucune fuite ne se produise aux différents brasages !



je ne sais pas si cela se fait et si c'est valable, mais, étant donné que la pression de 2 bars tient, en remplaçant le bouchon par la soupape, on arrive à la régler pour que l'eau suinte à cette pression ... *petite gouttelette que l'on aperçoit au sommet ...*
Il restera à vérifier que lors de la mise réelle sous pression la soupape s'ouvre bien à 2 bars !

finitions



L'embase est insérée après avoir percé le passage pour le brûleur, passage à la peinture noire pour radiateur, polissage et lustrage des accessoires.
La chaudière est un peu plus haute que celle dont elle s'inspire et plus large également.
Mais ça y ressemble.

Il ne reste plus qu'à lui trouver un brûleur. 3 possibilités : alcool, couronne percée pour le gaz ou encore brûleur céramique ...
D'abord une couronne percée dont la description sera faite lors d'une autre mise à jour.



Mais, il est évident qu'on aime bien savoir si ça fonctionne.

Alors, rapidement, un petit brûleur circulaire dont le plan est issu de la même liasse de documents, le réservoir du tracteur, un gicleur de camping-gaz et ... le OLI 321 de 1 cm³, tout cela pour un montage **OLE OLE** !

Normalement la chaudière devrait entraîner un moteur de 0.5 ... mais le OLI présente un tel ralenti que c'est jouable.

Allumage du brûleur, mise en chauffe pendant 10 minutes et quand la soupape commence à lâcher de la vapeur, ouverture du régulateur. Le second essai est le bon ...



voir : <https://youtu.be/NUPgiKPN7c>

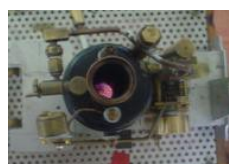
Le bruit du moteur n'est pas très réaliste. En fait, j'avais oublié que ma fille passait la tondeuse ...

brûleurs

Ayant entrepris la construction d'une mini-loco, il fallait trouver le meilleur brûleur pour cette chaudière : ont été essayés le petit champignon, l'anneau et, beaucoup plus performant de brûleur céramique.

Le premier, rectangle de 30 x 20, monte la chaudière à 1 bar en moins de 4 minutes et on passe de 1 à 3 bars en moins de 60 secondes.
Le second, de diamètre 32 n'a pas encore été testé mais, plus de trous donc plus de chauffe !

Description du premier brûleur dans : <http://www.vapeuretmodelesavapeur.com/bruleurs/index.html>



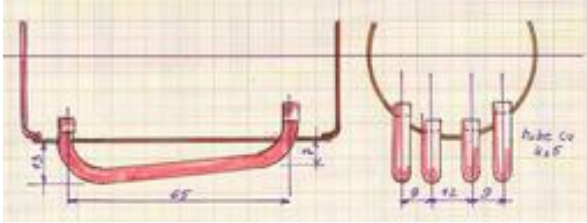
la loco **MAKATEA** voir : <http://www.vapeuretmodelesavapeur.com/loco/index.html>

5 - mini-chaudière à tubes bouilleurs

Petite mais très performante puisqu'on atteint les 4 bars en moins de 5 minutes ...

Pour les dimensions : tube principal et enveloppe, il suffit de se référer aux plans de la chaudière décrite dans le 3^{ème} paragraphe ci-dessus.

la chaudière et son implantation



Mes essais avec la chaudière horizontale "porc-épic" ont été assez décevants, même en changeant de brûleur, alors qu'il me fallait obtenir 2 bars au mano constants.

Il a donc fallu construire une autre chaudière, sans les picots cette fois et avec 4 tubes bouilleurs et là ... le résultat est au rendez-vous : montée à 1 bar en 2 minutes 30 et à 4 bar en 4 minutes 30 !

En fait, calculs refaits, c'est toujours un problème de surface de chauffe qui est à la base de la déconvenue ...

A ce moment on ouvre la vanne et notre moteur va tourner comme il convient alors que la pression se stabilisera et tiendra à 2 bars.

Pas de modifications pour l'implantation et les dimensions : le croquis montre la disposition des tubes, toutes les autres dimensions sont identiques si bien que l'enveloppe est réutilisée.

à propos de mes déboires avec la chaudière "porc-épic"

une réflexion pertinente de **Patrick LECLERE** :

"C'est ce que j'ai toujours pensé à propos de ce dispositif qui complique singulièrement la construction, bien plus que deux ou trois siphons à souder. La surface d'échange n'est pas augmentée ou très peu (seule la longueur intérieure a quelque importance) et ils sont à la température moyenne de la partie inférieure de la virole (ou du fonds pour une verticale).

Comme il n'y a pas d'écoulement autour de la partie intérieure du picot la capacité d'échange est faible."

construction



Mise en forme des tubes de cuivre (4 x 5) à l'aide d'un gabarit.

Recuire plusieurs fois.

Pour faciliter le pliage, il faut une longueur plus importante ; une latte facilite les choses.

Le tube va s'écraser un peut aux arrondis : on rattrape le coup par serrage dans l'étau après recuit ... retour au gabarit, serrage, ...



Le tube est à peine marqué.

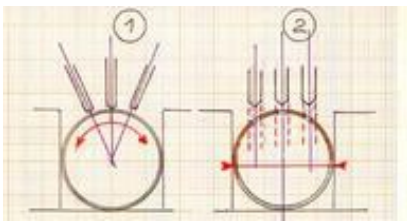


les quatre tubes identiques obtenus.

Il faudra les couper selon leur emplacement ceux de l'extérieur devant avoir des pattes plus longues pour prendre une position verticale ...r



Il faut percer à 5 ... mais, si on procède comme d'habitude, nos tubes vont se placer en éventail ...



Commencer par percer normalement, c'est à dire le foret à la perpendiculaire de l'axe du tube jusqu'au diamètre 4. Ensuite, on bloque la pièce dans l'étau et on perce verticalement tous les trous. On peut commencer à 4.5 mais ça fonctionne avec le foret de 5 utilisé directement.

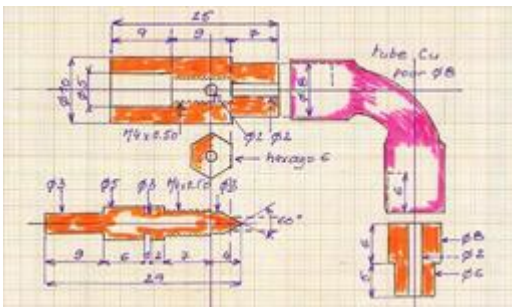
Pour cette opération de perçage, placer les fonds sinon on risque d'ovaliser le tube.



Nos 4 tubes entrèrent parfaitement dans l'enveloppe prévue ...

la vanne

Cette fois je n'ai plus de raccord de voiture, un raccord de plomberie fera l'affaire.

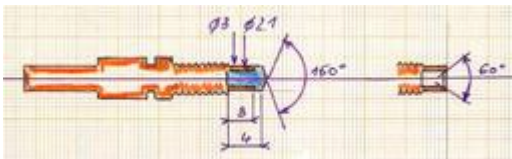


Petite modification pour la vanne avec l'utilisation d'un pointeau plus facile à obtenir.

Cependant, à l'usage, cette vanne fuit un peu.

Ce n'est pas énorme mais empêche une montée franche en pression.

Aussi un autre truc qui fonctionne, celui d'un **pointeau sans pointe** : l'obturation du trou de sortie de vapeur se fera par une pastille en téflon ...



Voici cette nouvelle vanne, sans pointeau. Cette fois on peut dire qu'elle est étanche à 100 %.

Voir accessoire 2-12 : <http://www.vapeuretmodelesavapeur.com/accessoire1/index.html>



Les éléments de la vanne et de la prise de vapeur pour le manomètre sont brasés séparément.



Les éléments de la vanne.



en place pour la brasure. La vanne vient se r sur la pièce servant de raccord.

Cette chaudière est vraiment performante. Avec le brûleur plat montré ci-dessous, elle monte à 4 bars en 4 minutes 30 ... de quoi utiliser le laminage de la vapeur.

Et une chaudière, une ! Elle a été testée au chalumeau à 8 bars ... pour une pression d'utilisation courante prévue à 2 bars avec montée préalable à 4.

Essais



Ils ont lieu avec le brûleur plat à rampes avec gicleur réglable : on monte à 4 bars, la vanne fermée puis on ouvre cette vanne (à peine 1/4 de tour) et le moteur de 3.6 cm³ se met à tourner.
La pression va alors se stabiliser à 2 bars et le couple obtenu à l'arbre moteur est vraiment très intéressant ...

La construction du brûleur : <http://www.vapeuretmodelesavapeur.com/bruleurs/index.html>

essai mini-chaudière : <https://youtu.be/2MVSkygytAE>

vos observations ...

une remarque importante de Patrick LECLERE concernant les tubes :

Sauf erreur de ma part il est interdit, même en modélisme de fabriquer des réservoirs en pression ou des chaudières en laiton.

La raison en est : les ruptures brutales par fatigue du laiton.

Il résisterait mal aux cycles de contraintes alternées du type dilatation-retrait avec variation de température (phénomène dit de crique saisonnière). En plus le cas s'aggrave en présence de vapeur car le zinc qui compose l'alliage se "dissout" peu à peu et le laiton devient poreux et encore plus cassant. Les chaudières Mamod et WileSCO qui sont pourtant à basse pression sont en cuivre brasé.

Il semble que le laiton soit toléré en modélisme pour les petits accessoires massifs.

Mais on ne trouve plus, en France, de tubes de cuivre de 1 mm d'épaisseur dans les diamètres qui nous conviennent et que sans utiliser le laiton, il serait impossible de construire.

Le problème dont parle Patrick est réel mais, nos chaudières ne sont pas éternelles et leur fonctionnement, à part la période d'essais, plutôt limité.

En se contentant de basses pressions on peut supposer que les risques sont limités.



Et depuis, Patrick m'a indiqué une adresse (en Angleterre évidemment !) où il est possible de trouver des tubes en cuivre : <http://www.nogginend.com/product/Copper-C106-Tube>

Deux idées de Patrick LECLERE concernant cette chaudière

Personnellement je vois deux pistes d'amélioration :

1/ Boucher certains des trous en face supérieure pour diminuer le tirage des gaz chauds.

Là, par flemmardise, j'ai voulu utiliser l'enveloppe déjà construite mais il a raison ...

2/ le tube sécheur masque sérieusement la flamme pour la partie inférieure de la virole. Personnellement je l'aurais tortillé en partie supérieure de la chaudière dans le flux de gaz sortant, gaz qui sont probablement dans les 300°C. Si tu as un thermocouple c'est le moment de le dégainer! La partie basse de la chaudière profiterait ainsi mieux de la flamme vive du brûleur.

Là, c'est une idée que je mettrai en application la prochaine fois.



album terminé

Des erreurs ? Des commentaires ? Des questions ? ... écrivez-moi: <mailto:clabauxj@mail.pf>