

1ère partie
Production
de la vapeur

2ème partie
Utilisation
de la vapeur

3ème partie
Production
de glace



4ème partie
Memento
Technologique

5ème partie
vers d'autres
horizons

3ème Partie Liste des chapitres:

Chap I Présentation générale et conception de la machine à glace

Chap II - La Documentation disponible

► **Chap III – Etude**

Chap V – Construction

Chap VI – Fonctionnement et Performances

Chap VI - Les principaux choix et leur discussion

Chap VII – Documentation technique et Fournisseurs.

Chapitre III ETUDE DE LA MACHINE À GLACE

pages

	Section I - CALIBRAGE DE LA MACHINE
3	§1 les éléments pris en compte Quantité de zéolite Quantité d'eau adsorbée Rapport entre l'eau frigorigène et l'eau congelée Quantité d'eau à introduire dans l'évaporateur Evaluation du poids mort thermique de l'installation
4	§2 Approche chiffrée d'une séance de production de glace.
5	Section II – ETUDE DE L'ECHANGEUR à AILETTES L'échangeur vu en coupe, Longueur de l'échangeur, configuration du circuit, la traversée du couvercle du réacteur.
9	Section III – LA ZEOLITE Choix, caractéristiques, approvisionnement, le sac à zéolite.
12	Section IV – ETUDE DU REACTEUR Corps, fond, bossages, couvercle, entrées-sorties de l'échangeur.
15	Section V – ETUDE DE L'EVAPORATEUR Bacs à glace, corps de l'évaporateur, bossages, hublots, collerette, couvercle.

Section VI – ETUDE DU CONDENSEUR

- 19 § 1 – Le corps du condenseur
- 19 A) La virole ,les supports, la collerette
- 25 B) Le couvercle
- 27 § 2 – Le réfrigérant d'air
- 31 § 3 – Le serpentín refroidisseur en cuivre
- 32 § 4 – Les tuyaux souples
- 33 § 5 – L'assemblage
- 34 § 6 – Autres éléments
- 35 § 7 – Colle PVC et Mastic polyuréthane
- 36 § 8 – en variante, un réfrigérant d'air vertical
- 37 § 9 – Refroidissement adiabatique
- 37 § 10 – L'alimentation en eau de refroidissement

Section VII – ETUDE DES RACCORDEMENTS DU REACTEUR

- 38 § 1- Section du raccordement entre l'évaporateur et le réacteur
- 38 § 2 – de l'évaporateur au réacteur
- 42 § 3 – du réacteur au condenseur
- 43 § 4 – pour faciliter le positionnement des bossages avant soudage
- 44 § 5 – Vue d'ensemble
- 45 § 6 – Les raccords Eau et Vapeur du réacteur
- 45 § 7 – Les raccords du condenseur

Section VIII – ETUDE DU CIRCUIT DE VIDE ET CHOIX DE LA POMPE À AIR

- 46 § 1 – Tubes, tuyaux et raccords
- 48 § 2 – Les trois prises de vide
- 48 § 3 – Le circuit de vide et le manifold
- 50 § 4 – La pompe et le Vacuomètre
- 52 § 5 – Le séchage des condensats

Section IX - LE CAISSON ISOLE

- 53 § 1 – Le plancher inférieur
- 53 § 2 – La partie inférieure du caisson
- 53 § 3 – La partie supérieure du caisson

SECTION I

CALIBRAGE DE LA MACHINE À GLACE

Il s'agit ici de proportionner les dimensions du réacteur et celles de l'évaporateur

§ 1 LES ELEMENTS PRIS EN COMPTE

Après quelques tâtonnements, et en tenant compte d'une expérience précédente, on retient ici les éléments suivants:

a) Quantité de zéolite: 10 kg. Ce chiffre est un compromis entre

- un seuil critique minimum pour des raisons thermiques, et rien n'atteste que ce seuil soit atteint.
- les disponibilités en vapeur, avec un capteur de 2 m² et éventuellement une petite chaudière électrique. Seule l'expérience confirmera ou infirmera ce choix.
- les disponibilités financières.

b) Quantité d'eau adsorbée: 12% du poids de la zéolite sèche

La zéolite est capable d'adsorber une quantité d'eau égale à environ 20% de son poids. En pratique, lors des cycles d'adsorption/désorption, la zéolite n'est jamais complètement saturée ni complètement séchée, un peu comme la respiration d'un humain, dont le volume d'air inspiré et expiré à chaque cycle est bien inférieur au volume maximum de ses poumons.

c) rapport entre l'eau frigorigène / et l'eau congelée: 1/6ème

On considère que 1/6ème de l'eau introduite dans les plateaux de l'évaporateur est évaporée à titre de fluide frigorigène, et que le restant est transformé en glace. Ce chiffre est corroboré par les performances de la machine à acide sulfurique (chapitre précédent, section VII, § 1), et par les résultats obtenus avec la première expérience de machine à glace à zéolite. Le rapport entre la chaleur de vaporisation et la chaleur de solidification est de $2\,257/332 = 1/6.8$ c'est à dire proche de 1/7ème, mais il faut tenir compte du "poids mort thermique" de l'installation (évaporateur, etc...) qui est à refroidir à chaque cycle.

d) Quantité d'eau à introduire dans l'évaporateur: 1,2 x 6 = 7,2 litres

on envisage de déposer l'eau dans quatorze bacs à glace carrés en PEHD (?), en fait des "boîtes alimentaires en plastique pour réfrigérateurs", poids 145 grammes, capacité thermique massique 2,3 kJ/kg.°C (?)

e) évaluation du poids mort thermique de l'installation: 12,63 kJ par °C

Evaporateur

La capacité thermique massique de l'évaporateur est évaluée d'après les dimensions fournies dans la section V. Evaporateur en acier Inox, densité 7,7, capacité thermique massique 0,450 kJ/kg.°C.

Poids total 15,32 kg x 0,450 kJ/kg.°C = 6,9 kJ par degré C

Isolant

On estime (tout à fait arbitrairement) la quantité d'isolant en laine de verre à 1,5 kg, avec une capacité thermique massique de 0,84, soit $1,5 \times 0,84 = 1,26 \text{ kJ par } ^\circ \text{C}$

Bacs à glace

Poids total $14 \times 0,145 \text{ kg} = 2,03 \text{ kg} \times 2,3 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ \text{C} = 4,47 \text{ kJ par } ^\circ \text{C}$

§ 2) APPROCHE CHIFFRÉE D'UNE SÉANCE DE PRODUCTION DE GLACE

On dépose 7,2 litres d'eau à 25°C dans l'évaporateur, dont on veut congeler 6 Kg à -5°C

Froid nécessaire

Refroidissement de la totalité de l'eau de 25 à 0°C : $7,2 \text{ kg} \times 4,18 \text{ kJ} \times 25^\circ \text{C} =$	752 kJ
Congélation de 6 kg d'eau: $6 \text{ kg} \times 332 \text{ kJ} =$	1 992 kJ
Refroidissement de la glace de 0 à -5°C : $6 \text{ Kg} \times 2,05 \text{ kJ} \times 5^\circ \text{C} =$	65 kJ
"Poids mort" thermique de l'installation de 25 à -5°C : $12,63 \text{ kJ} \times 30^\circ \text{C} =$	<u>379 kJ</u>
Total du froid nécessaire	3 188 kJ

Froid disponible

La chaleur prélevée (= le froid disponible) par l'évaporation de 1,2 litre d'eau est de $1,2 \text{ kg} \times 2 257 \text{ kJ/kg} = 2 708 \text{ kJ de froid disponible}$

En conclusion

Il faudra peut-être diminuer quelque peu le nombre de bacs à glace, mais on maintient, pour l'évaporateur, une dimension suffisante pour loger quatorze bacs à glace.

Noter au passage l'importance du "poids mort" des bacs à glace. En conséquence, lors de l'utilisation des galettes de glace par exemple dans une enceinte réfrigérée, il conviendrait de les utiliser en les laissant à l'intérieur de leurs bacs. Les bacs à glace seraient considérés en quelque sorte comme des accumulateurs de froid réutilisables.

§ 3) APPROCHE CHIFFRÉE D'UNE SÉANCE DE DESORPTION ?

Les éléments disponibles sont trop ténus pour pouvoir en faire état.

Le chiffre-clé de la consommation d'énergie thermique pour une séance de désorption sera fourni par la pesée des condensats en sortie de l'échangeur thermique du réacteur, voir sur le sujet le Memento technologique / La vapeur.

Nota il s'agit bien ici de la pesée des condensats issus de l'échangeur du réacteur et non pas des condensats expulsés de la zéolite, qui eux aussi seront pesés

SECTION II

ETUDE DE L'ECHANGEUR à AILETTES

L'échangeur à ailettes est le coeur de la machine à glace, installé dans le réacteur, et chargé de distribuer alternativement le chaud et le froid à un matériau - la zéolite- inséré entre les ailettes de l'échangeur, et qui ne transmet pas mieux la chaleur que le polystyrène (0,04W/m.K.)

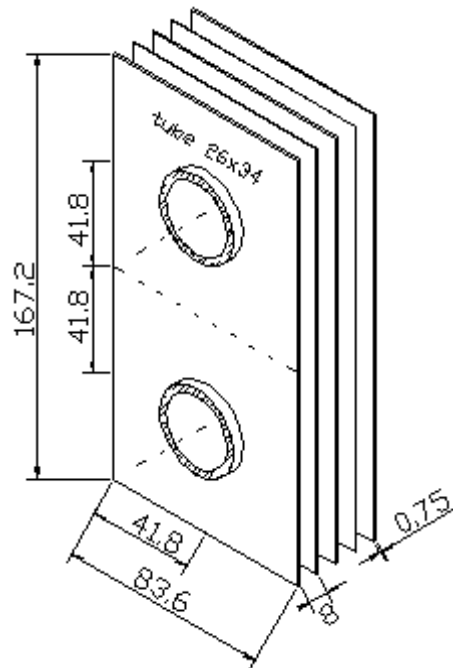
Une bonne configuration de l'échangeur est une des conditions sine qua non du bon fonctionnement de la machine à glace.

L'échangeur vu en coupe

Après étude thermique (non reproduite ici) à l'aide d'un programme de calcul d'échangeur à ailettes , on pouvait retenir le schéma suivant:

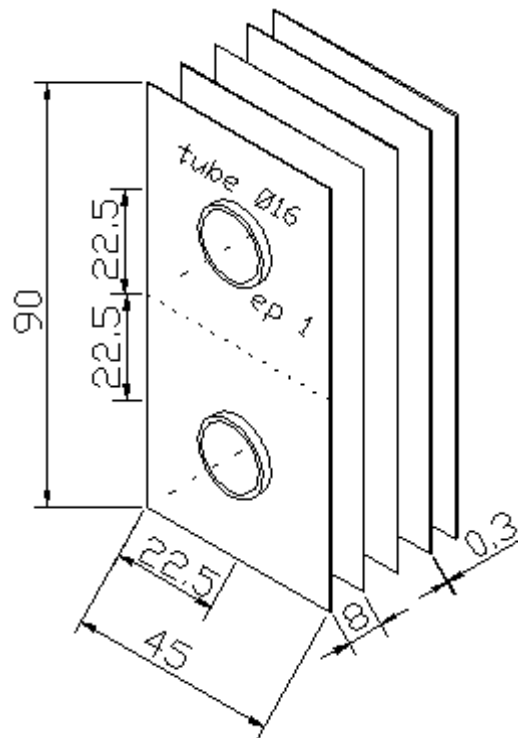
Ailettes bitubes en acier 167.2 x 83.6,
épaisseur 0.75 mm, e = 8 mm.
Tube 26 x 34

Noter qu'un échangeur en acier pose le problème du traitement de surface extérieur, l'échangeur ne pouvant être galvanisé à chaud (impossibilité de l'immerger dans un bain de zinc). Il existe d'autres solutions, à voir avec les ateliers spécialisés en traitements de surface

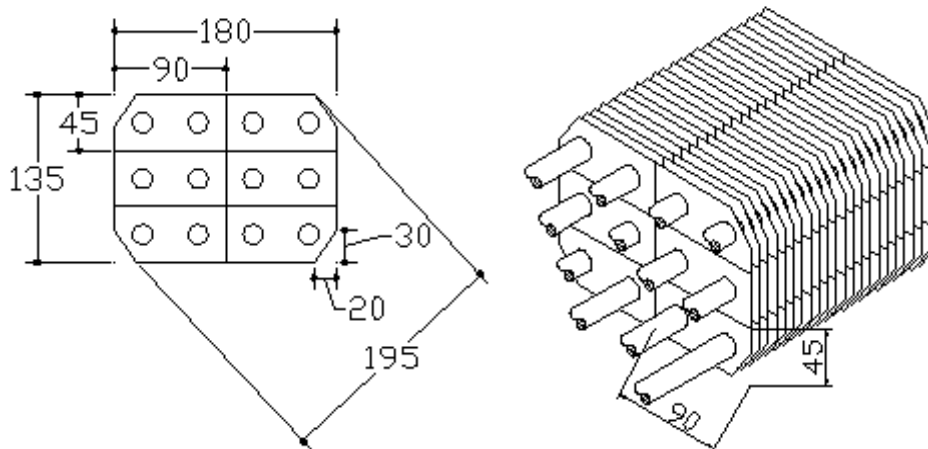


Après discussion avec le constructeur de l'échangeur, compte tenu de ses possibilités de fabrication, on aboutit au schéma de principe suivant, qui sur un plan thermique n'est pas très éloigné du schéma précédent:

Ailettes bitube en cuivre 90 x 45
 ep 0.3 mm e = 8 mm.
 Tube cuivre Ø 16 mm ext., ep 1 mm



Après discussion avec le chaudronnier et après avoir fait le choix d'un tube de 8 pouces / 213 mm pour le corps du réacteur, les ailettes ont été légèrement biseautées, on prévoit de tailler les angles des ailettes, et on retient le schéma suivant :



Longueur de l'échangeur

On souhaite loger 10 kg de zéolite entre les ailettes. On prend en compte une densité de 0,65, soit un volume total de $10\text{kg}/0,65 = 15,4$ litres.

Compte tenu du volume occupé par les ailettes et les tubes, la longueur ailetée nécessaire de l'échangeur est de 704 mm, non compris les retours de tuyauterie, et non compris les plaques de fond qui assurent à l'échangeur une certaine tenue mécanique générale.

Configuration du circuit.

Une seule entrée et une seule sortie seraient suffisantes, mais compte tenu de toutes les incertitudes sur l'équilibre thermique de la machine à glace, on souhaite ici se réserver la possibilité

d'alimenter l'échangeur à partir de deux sources différentes de vapeur, par exemple deux capteurs de 2 m², ou bien deux très petites chaudières électriques. Mais lorsque deux sources de vapeur aboutissent dans un même récipient (ou échangeur) la régulation de la production de vapeur n'est plus très maîtrisable. Il est alors préférable de disposer de deux circuits différents dans l'échangeur qui pourront quant à eux être alimentés par une seule source de vapeur.

Echangeurs à tube gonflé ou à ailettes spiralées ?

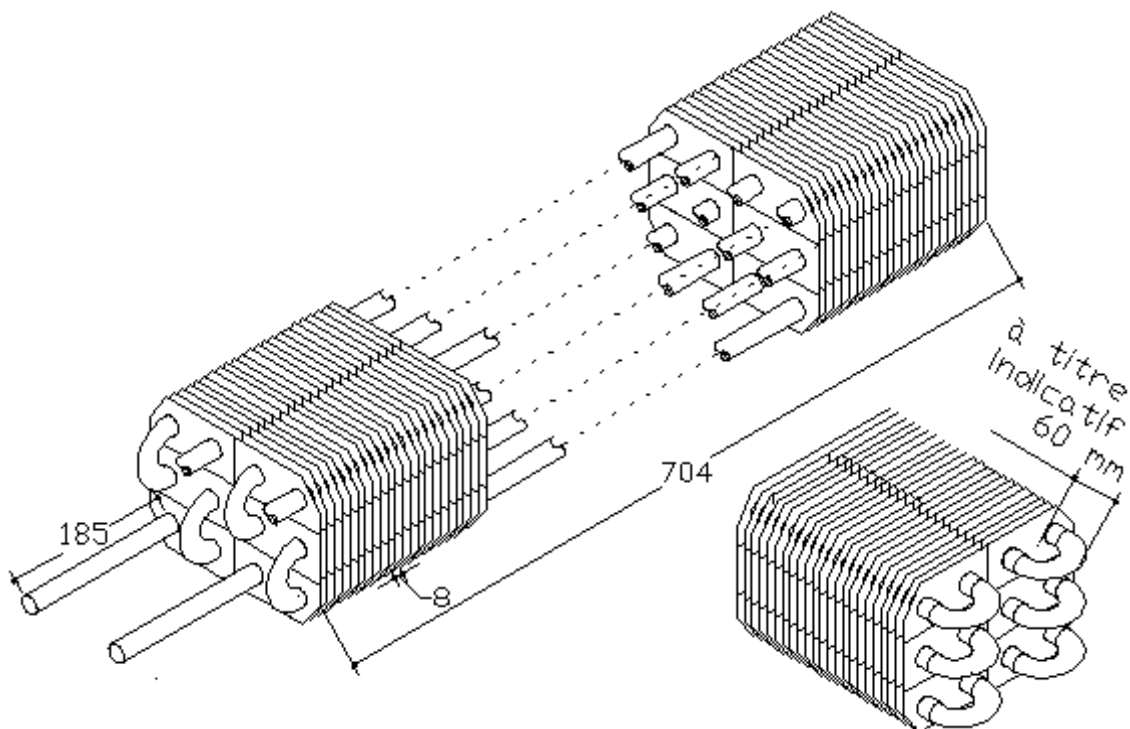
Lors de la fabrication, l'assemblage tube-aillettes s'effectue selon le principe du "tube gonflé". Lors de l'emboutissage, les ailettes conservent un petit retour au niveau du passage du tube. Lors de la fabrication, les ailettes sont distribuées le long du tube selon l'écartement souhaité, puis le tube est gonflé (hydrauliquement, ou mécaniquement) de façon à appliquer la paroi extérieure du tube contre le retour de l'aillette et avoir ainsi un bon transfert thermique.

Les performances thermiques des échangeurs à tubes gonflés sont supérieures à celles des échangeurs à ailettes spiralés.

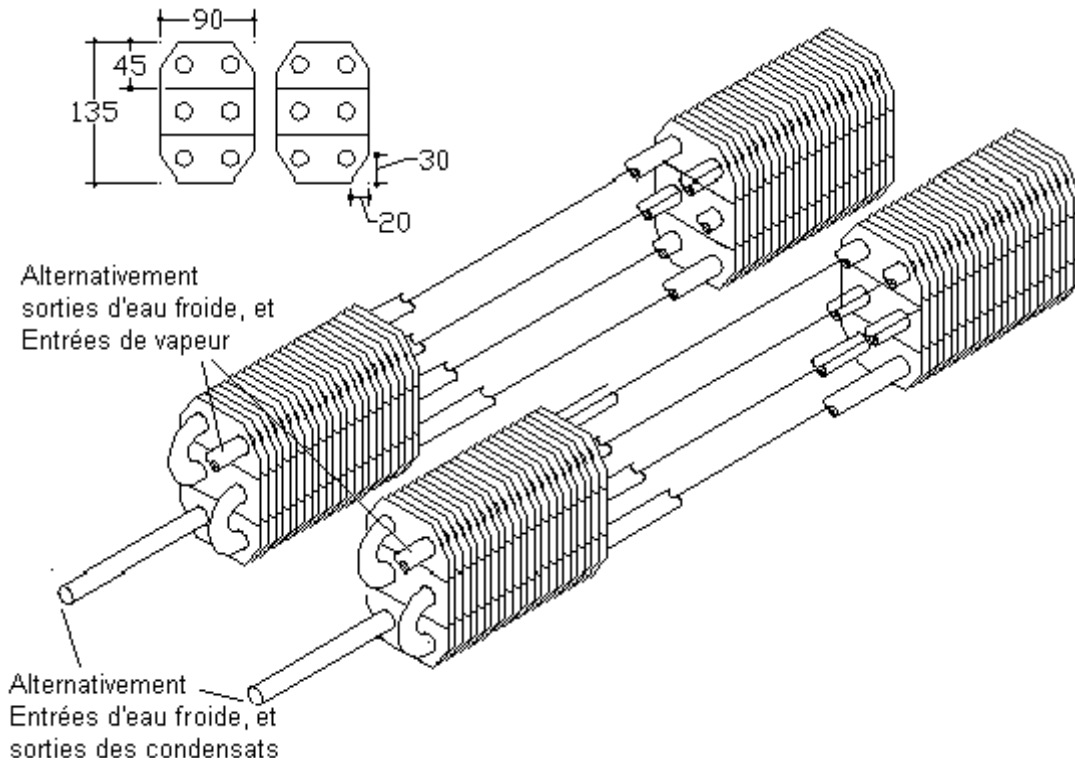
Seul un atelier artisanal est à même de fabriquer un échangeur sur mesures, il est inutile de s'adresser aux fabricants d'échangeurs industriels, à moins que par une extraordinaire coïncidence l'un d'eux dispose du produit adéquat.

La traversée du couvercle du réacteur

Le tracé et le percement des entrées / sorties du circuit de l'échangeur à travers le couvercle seront effectués "par présentation". Il sera prudent, dans un premier temps, de faire un gabarit en contreplaqué avant de percer le couvercle métallique. L'étanchéité entre les tubes de cuivre et le couvercle pourrait être effectuée par soudo brasage (voir le Mémento technologique / Brasage), auquel cas il serait souhaitable que le couvercle soit en acier noir (fût-il galvanisé) et non en inox, mais tout autre procédé proposé par les hommes de l'art conviendrait aussi.

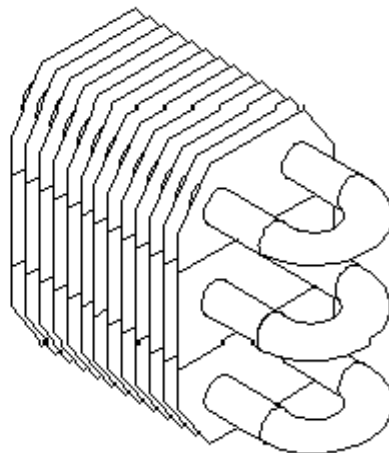
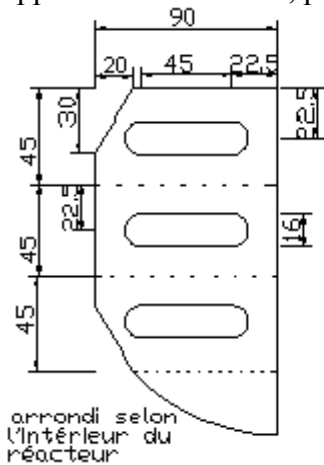


À la réception de l'échangeur, on constate qu'il n'y a pas de plaques de fond et que la découpe des angles des ailettes ne correspond pas exactement à ce qui était prévu. On se retrouve avec deux demi-échangeurs complètement séparés, et un volume de zéolite légèrement inférieur aux prévisions. Il faudra s'en accommoder.



Supportage de l'échangeur dans le réacteur :

Compte tenu de l'absence de plaque de fond, on envisage pour chaque demi-échangeur de confectionner des plaques de fond en Téflon ep 10 mm (fourniture : Radiospares ; tenue à la température : 260° C). A l'arrière de l'échangeur, les plaques de fond en Teflon serviront également de support pour reposer l'échangeur dans le corps du réacteur. Prévoir une fixation de la plaque de Teflon en raison des mouvements de dilatation / contraction . À l'avant de l'échangeur, le passage des tubes dans le couvercle du réacteur assure le maintien en place de l'échangeur, mais un ou deux supports intermédiaires, par exemple en Téflon, seront probablement nécessaires.



Pour bloquer la plaque : confectionner un coin en Teflon à insérer entre la plaque et les coudes cuivre

SECTION III - LA ZEOLITE

Choix, caractéristiques, approvisionnement

Au vu de la documentation disponible, on utilise ici de la zéolite 13X en billes Ø 1,6 à 2,5 mm, mais sans aucune certitude que ce choix soit le meilleur.

Il existe en France deux fournisseurs de zéolite. Axens est une filiale de Total/ Institut Français du Pétrole qui produit la zéolite dans son usine de Salindres près d'Alès (ex-Péchiney). La CECA / Arkema (ex Elf Atochem) produit la zéolite dans son usine de Honfleur. La zéolite est vendue en fûts de 225 litres/125 kg nets. (soleil-vapeur en a à revendre)

La zéolite 13 X est commercialisée par Axens sous la dénomination AxSorb 913

Spécifications techniques :

Nominal specific heat : 0,23 Kcal/kg/°C, soit 0,96 kJ/kg/°C

Nominal heat of adsorption : 1 000 Kcal/kg of water, soit 4 180 kJ/kg of water

Water static adsorption capacity : 19 wt% (23° C / 10% of relative humidity)

Water static adsorption capacity : 22 wt% (23° C / 50% of relative humidity)

Densité apparente ["en sac"] 650 Kg/ m³

Selon la Fiche de Données de Sécurité le produit ne semble présenter aucun aspect dangereux. En cas de dissémination de poussières, la Fiche préconise l'utilisation de filtres aérosols P3 blancs.

Par précaution, on pourra utiliser un masque lors des manipulations de la zéolite

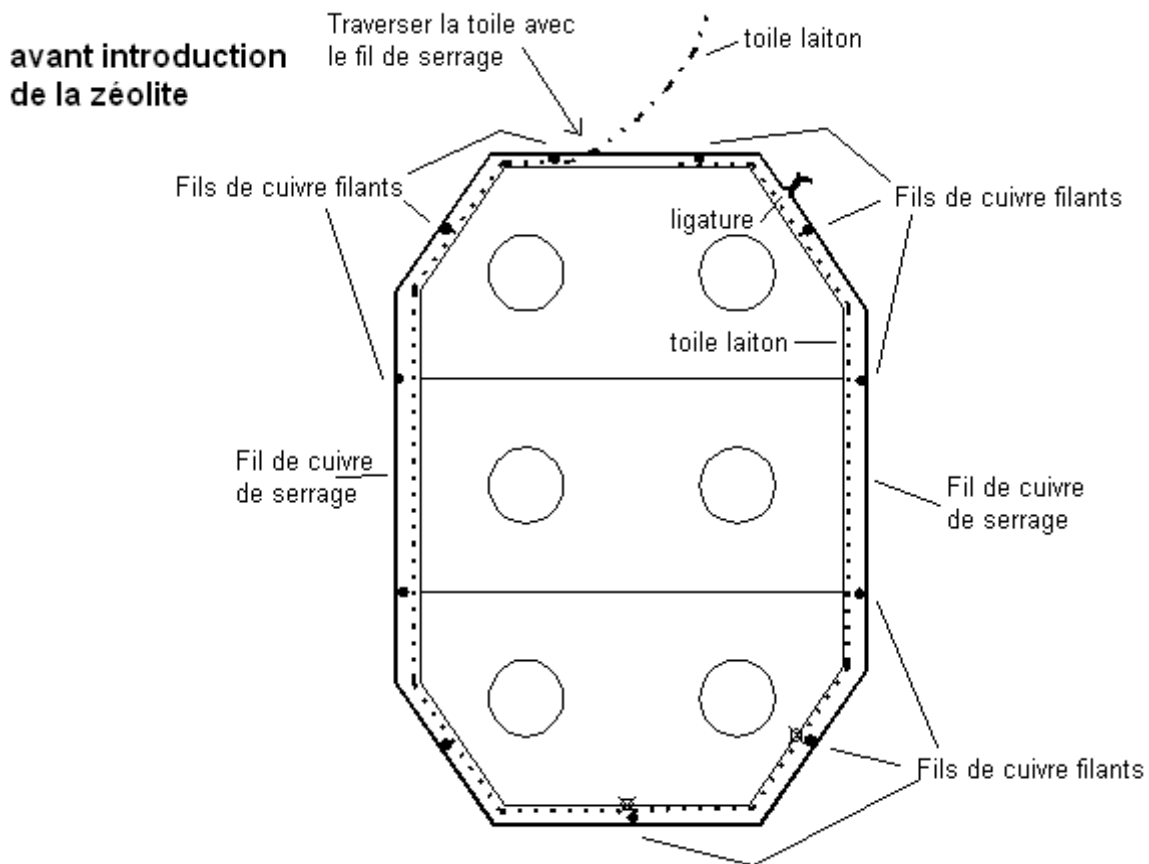
Le sac à zéolite

La zéolite est maintenue enfermée entre les ailettes du réacteur à l'aide d'une toile laiton, par exemple : toile laiton des Ets Saulas.fr, ouverture 0,8 mm, fil de 0,315 mm

- entourer le réacteur (ici : chaque demi-réacteur) avec la toile laiton, en laissant ouverte la partie supérieure
- entourer la toile avec un quadrillage de fils de cuivre , pour ficeler le réacteur comme un saucisson; ligaturer le tout, en laissant toujours ouverte la partie supérieure de la toile
- charger la zéolite par l'ouverture supérieure. Pour bien mettre en place la zéolite, "vibrer" l'échangeur comme on vibre un coffrage pour béton : appliquer un petit morceau de bois sur les ailettes, puis frapper par petits coups légers et rapides avec un marteau.
- Refermer la partie supérieure du sac, et coudre la partie supérieure du sac avec du fil de laiton. Pour la couture, on peut utiliser du fil de laiton disponible en bobines dans les magasins de bricolage, ou bien prélever du fil sur la toile laiton, et utiliser une petite pince d'électronicien ou bien une pince à écharde.

Mesure de la quantité de zéolite

Mesurer soigneusement la quantité de zéolite, en poids, puis en volume. On peut utiliser comme étalon des bidons de 5 litres ayant servi pour la vente d'eau distillée des batteries, ou bien une bonbonne d'eau minérale.



Préparation du quadrillage de fil de cuivre

On peut se procurer du fil de cuivre dans les magasins de bricolage / électricité, soit du fil ordinaire 2,5mm², à dénuder, ou se procurer quelques mètres de fil de terre ou autre gros câble, et séparer ensuite les brins.

Fils de cuivre filants :

Longueur 0,80m environ, à confirmer. Quantité : 11 unités pour un demi-échangeur

Fils de cuivre de serrage :

Longueur 0,60 environ, répartition ? (selon les diamètres disponibles)

Les fils de serrage doivent être assez malléables, à recuire au besoin ? (cf le mémento "plomberie")

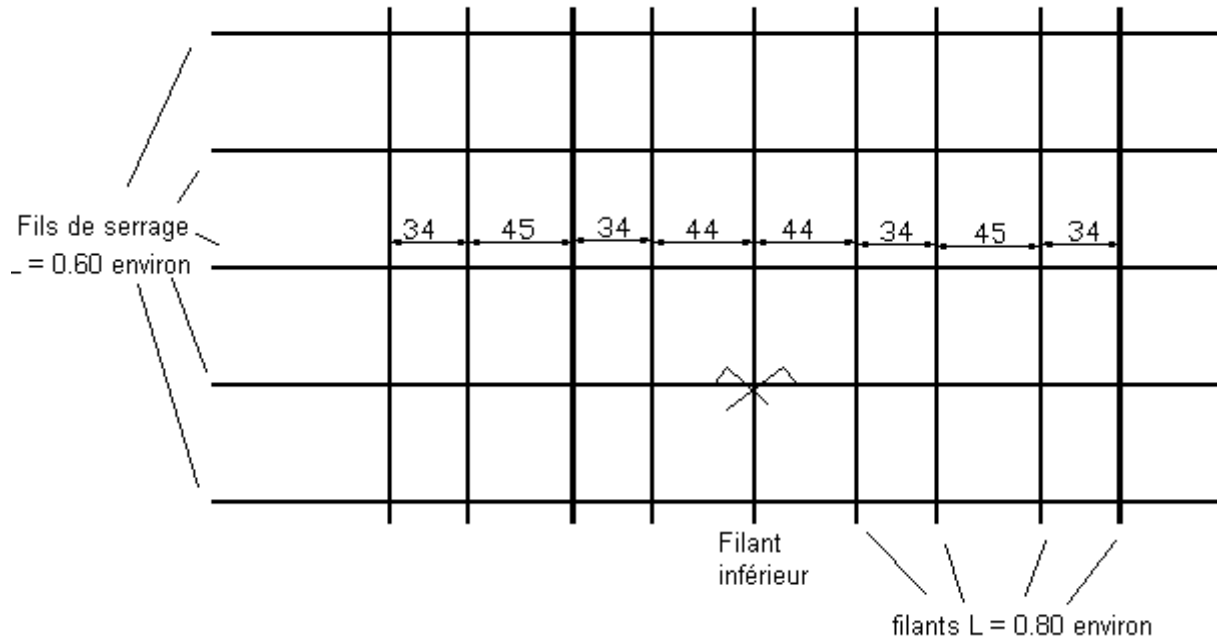
Préparation du quadrillage

On peut préférer préparer le quadrillage. Il est possible de préassembler 9 filants (ne pas assembler les deux filants supérieurs) avec quelques uns des fils de serrage (ne pas assembler tous les fils de serrage, pour conserver de la souplesse au quadrillage).

L'assemblage du quadrillage peut se faire avec de la soudo brasure laiton. La brasure ne convient pas, compte tenu de la géométrie de l'assemblage, et pour une fois, s'agissant de petites pièces, un

chalumeau aéro-gaz, c'est à dire sans bouteille d'oxygène, conviendrait très bien. C'est donc une bonne occasion de s'exercer sans risque à la soudo-brasure laiton.

En tout état de cause, il est nécessaire de maintenir les filants en bonne position, pour éviter une déformation du sac au cours du temps, ce qui entraînerait une dégradation difficilement compréhensible des performances de la machine à glace. Selon le diamètre des fils de cuivre disponibles, il n'est pas interdit de rajouter des filants.



NB - Les cotes d'espacement sont à confirmer

- La ligature n'étant pas axée sur l'échangeur, les filants sont à décaler "vers la droite" sur les fils de serrage
- Veiller à ne pas avoir de sur-épaisseur sur les côtés afin que les deux demi-échangeurs entrent dans le réacteur...

SECTION IV - ETUDE DU REACTEUR

Le corps du réacteur

Le matériau

Selon les prix et les disponibilités, l'évaporateur peut-être en tôle noire galvanisée à chaud après soudure, ou en acier inox. Pour des raisons de prix on aurait une légère préférence pour la tôle noire galvanisée à chaud, sous réserve qu'il n'y aie pas de problème de corrosion entre le zinc de la galvanisation et le cuivre de l'échangeur.

Le diamètre

Il est toujours possible de faire rouler une virole chez un chaudronnier, mais il est plus économique d'utiliser du tube de dimensions standard disponible sur étagère (voir Chap VII Documentation technique). Pour notre usage, du tube de 8 pouces = \varnothing 213 mm convient parfaitement pour loger l'échangeur tel que défini précédemment, en laissant de la place pour le passage de la vapeur.

L'épaisseur

Le réacteur sera mis au vide, il doit donc supporter une pression extérieure de 1 bar. Dans le cas d'un tube de 8 pouces le calcul d'épaisseur est peut-être superflu, mais il s'impose pour des diamètres plus importants!

La longueur est fonction de l'encombrement de l'échangeur, qui ne doit pas buter en fond du réacteur (la dilatation du cuivre est légèrement plus importante que celle e l'acier), et il faut laisser un peu de place pour le réfrigérant d'air du tirage au vide près du couvercle, voir section VIII sur ce point.

Le fond doit être assez épais pour résister au vide

Bossages

Un bossage 1"1/2 (40 x 49) pour le raccordement de l'évaporateur et du condenseur.

Un bossage 1/4" pour une soupape de sûreté. En cas de fuite sur l'échangeur, la vapeur se répandrait dans le réacteur à une pression pour laquelle il n'est pas prévu. Ou bien, en cas de fausse manoeuvre du conducteur qui oublierait d'ouvrir le robinet entre le réacteur et le condenseur lors de la désorption, la vapeur désorbée monterait en pression. Il est donc prudent d'installer une soupape de sécurité, identique à celle qui équipe le bouilleur du capteur, et tarée à 1 bar manométrique environ, MSCdirect.com # 78063195

En cas de galvanisation à chaud, prévoir une évacuation du zinc en partie basse, le bossage pour la soupape pouvant en tenir lieu.

On peut prévoir un ou deux bossages supplémentaires. Il serait entre autres utile de pouvoir instrumenter le réacteur avec des sondes de température notamment.

Sur la réfection des filetages après galvanisation, voir voir la première partie - confection du bouilleur.

Deux fers U de 30 mm serviront à fixer le réacteur dans le caisson isolé.

Collerette pour couvercle

La collerette doit être assez large pour recevoir les boulons de serrage et le dispositif d'étanchéité par pâte du type "Joint Bleu", ou similaire.

Le couvercle

Epaisseur identique au fond du réacteur.

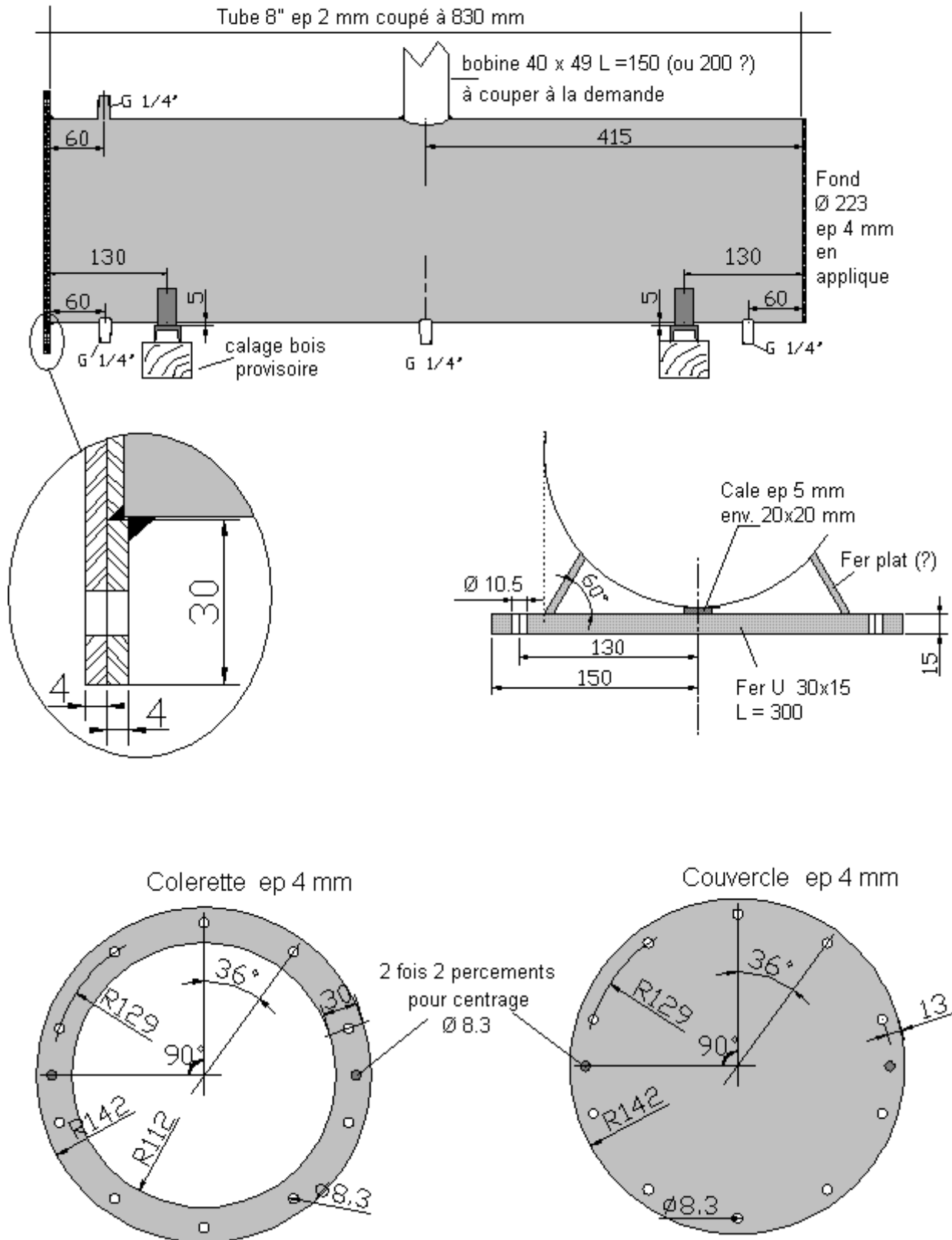
Le couvercle sera ultérieurement traversé par les tubes d'entrées / sorties de l'échangeur qui sont en cuivre, et par le tirage au vide. La liaison entre le couvercle et les tubes se fera probablement par soudo-brasage. Le soudobrasage du cuivre sur l'inox n'étant pas possible, il serait préférable que le couvercle soit en tôle noire galvanisée à chaud. Il restera bien le problème de la retouche de galvanisation après brasage, on se contentera alors d'un "peinture galva" en bombe. Au sujet de la dégalvanisation locale avant soudo brasage, à l'aide d'acide chlorhydrique, voir la première partie - confection du bouilleur.

Vers un fond amovible ?

Il serait peut-être préférable que le fond soit amovible comme le couvercle, au lieu d'être soudé, afin de faciliter la mise en œuvre et surtout le calage de l'échangeur dans le réacteur.

REACTEUR

4 Dec 2012



SECTION V

ETUDE DE L'EVAPORATEUR

L'évaporateur est un récipient cylindrique isolé, muni d'un couvercle étanche au vide, recevant un panier en fils métalliques dans lequel sont rangés les bacs à glace, relié au réacteur et au circuit de vide, et muni de deux hublots pour observer la formation de la glace.

Les bacs à glace

Pour ne pas faire de pataquès, il est indispensable de choisir et d'approvisionner les bacs à glace avant de dessiner l'évaporateur.

Une hauteur d'eau de l'ordre de 2,5 à 3 cm dans les bacs à glace devrait convenir, mais ce chiffre sera à confirmer.

Il existe de nombreuses possibilités: moules de pâtisserie, barquettes de traiteur, barquettes en aluminium, etc... Ici le choix s'est porté sur des bacs pour conservation alimentaire en PEHD, d'une contenance brute de 1 litre, hauteur totale 6 cm, forme carrée, encombrement maximum en diagonale 202mm, munis d'un couvercle. Fabricant: EDA à Oyonnax, référence du bac 10112. Ces bacs sont disponibles dans diverses enseignes de grandes surfaces.

On peut envisager de laisser le couvercle sur le bac, après l'avoir percé à l'emporte pièce de quatre trous de 20 (?) mm. Il est alors possible d'empiler les bacs les uns sur les autres dans le panier en fil à descendre dans l'évaporateur. Le dessous des bacs étant muni de quatre pieds de quelques millimètres de haut, il devrait rester entre deux bacs un passage



suffisant pour la vapeur. Quand il s'agira d'utiliser la glace, on pourrait alors transférer l'ensemble panier + bacs + glace dans l'armoire réfrigérée, en limitant ainsi les pertes thermiques dues au démoulage et au poids mort thermique des bacs. Enfin le couvercle limiterait les renversements d'eau, et limiterait peut-être un effet de primage en cas d'ébullition trop violente en début d'adsorption. Le primage est l'entraînement de gouttes d'eau par la vapeur, et dans notre cas tout phénomène de primage saturerait la zéolite de façon parasite.

Le corps de l'évaporateur

Le matériau

Au choix selon les prix et les disponibilités, l'évaporateur peut-être en tôle noire galvanisée à chaud après soudure, ou en acier inox. Toutefois, les hublots étant en acier inox, la galvanisation peut poser problème (ou alors: souder un bossage sur l'évaporateur, pour y visser ultérieurement un

corps de hublot fileté et non "à souder"). On aurait donc une légère préférence pour l'inox, malgré le prix.

Le diamètre

Il est toujours possible de faire rouler une virole chez un chaudronnier, mais il est plus économique d'utiliser du tube de dimensions standard disponible sur étagère (voir Chap VII Documentation technique). Dans le cas des bacs EDA ci dessus, du tube de 8 pouces = Ø 213 mm convient parfaitement. En cas de bacs à glace ronds, il convient de laisser un espace (1 cm ?) entre le bac et la paroi de l'évaporateur, pour laisser passer la vapeur. Dans le cas des bacs EDA qui sont de forme carrée, la question ne se pose pas.

La hauteur est fonction du nombre de bacs, plus quelques centimètres en haut pour la poignée du panier en fil métallique, plus aussi quelques centimètres en fond pour le réfrigérant d'air du tirage au vide, voir la section VIII sur ce point.

Le fond doit également résister au vide

Bossages pour liaison avec le réacteur Ø 1 ½" (40 x 49) et bossage ¼" et pour tirage au vide

Hublot pour visualisation de la formation de la glace. Par exemple: raccord SMS 50 (au minimum) avec verre pyrex (ou Macrolon ?) Voir catalogue Beneinox

Les deux pattes triangulaires de chaque côté du le corps de l'évaporateur sont prévues pour installer ultérieurement un dispositif de couvercle avec charnière et un seul point de fermeture – à voir ultérieurement.

Deux fers U de 30 mm serviront à fixer l'évaporateur dans le caisson isolé.

Collerette pour couvercle

La collerette reçoit le joint torique du couvercle, et les boulons de serrage.

Le joint torique est en principe suffisant pour assurer l'étanchéité.

Toutefois, l'étanchéité à l'eau étant beaucoup plus facile à réaliser que l'étanchéité à l'air, on peut envisager un dispositif de "couvercle à eau": confectionner une collerette légèrement plus grande que le couvercle, environ 8 mm de plus sur le diamètre. On pourra alors garnir le chant de la collerette avec une petite rehausse verticale en tôle, maintenue par un collier de grand diamètre, et verser un verre d'eau dans le petit espace entre le couvercle et la rehausse.

Le couvercle

L'épaisseur du couvercle est définie en tenant compte de l'engravure pour le joint torique.

Pour le dessin de l'engravure, on peut se référer aux indications fournies lors de l'étude de la plaque à vapeur (seconde partie/ Utilisation de la vapeur). Toutefois ici la pression vient de l'extérieur et non de l'intérieur, on peut donc envisager que le joint soit légèrement en extension dans l'engravure, et que le côté intérieur de l'engravure soit à incliné à 60° environ.

Hublot d'éclairage sur le couvercle, SMS 38 minimum.

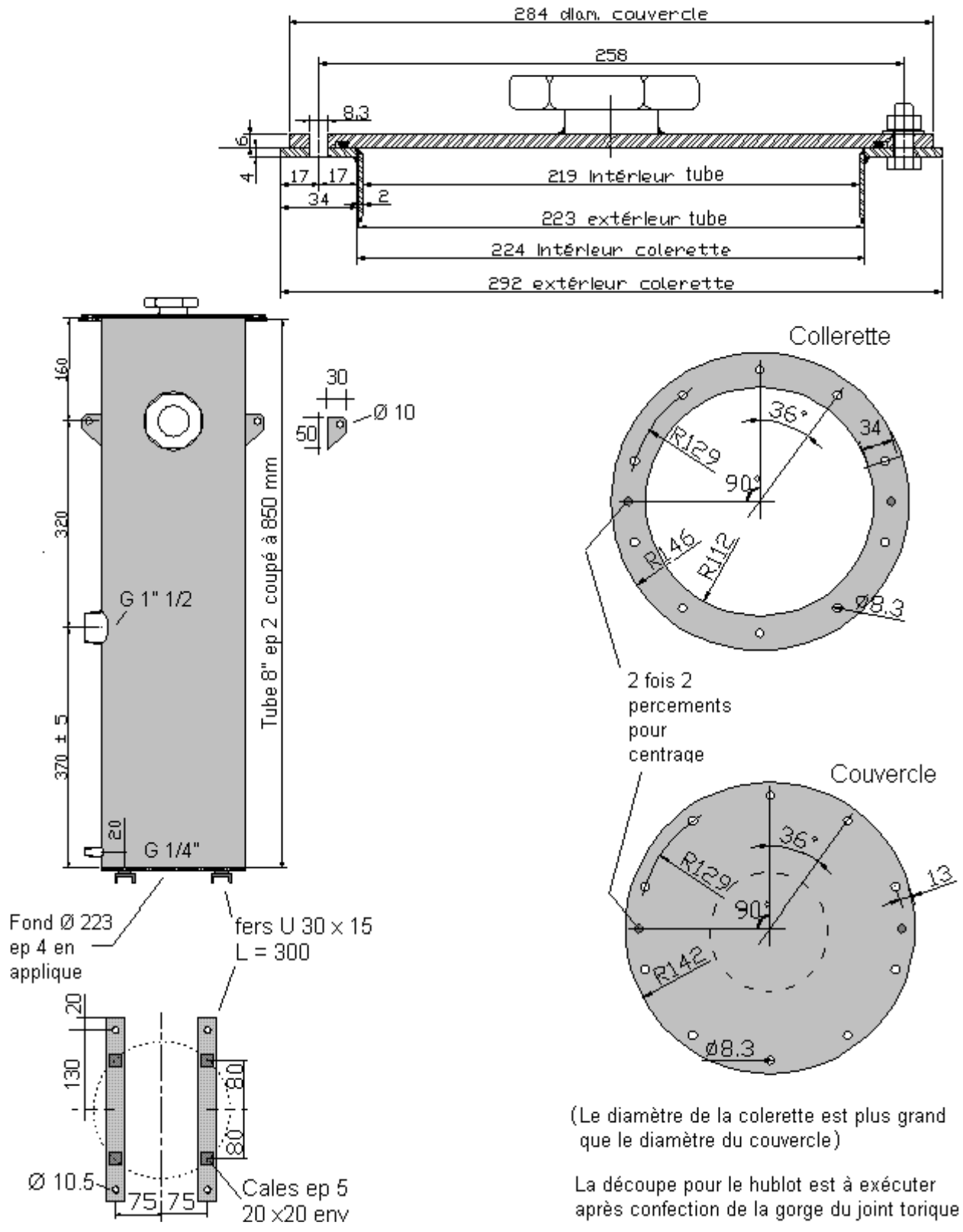
Prévoir des poignées pour saisir le couvercle.

Les détails de la collerette et du couvercle sont à définir avec le chaudronnier.

Il est indispensable de faire redessiner les plans par le bureau de dessin du chaudronnier, ne serait-ce que pour l'interprétation des détails, et afin de se conformer aux habitudes de travail de l'atelier.

EVAPORATEUR

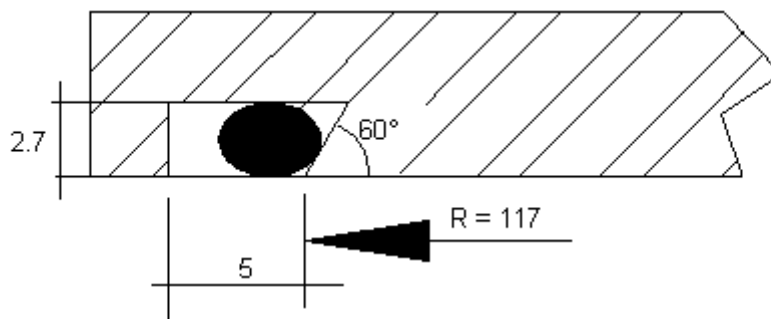
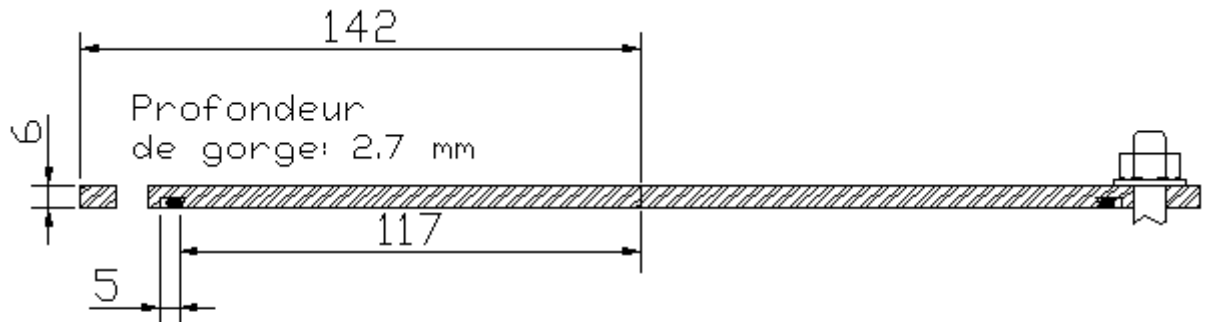
4 Dec 2012



(Le diamètre de la colerette est plus grand que le diamètre du couvercle)

La découpe pour le hublot est à exécuter après confection de la gorge du joint torique

Gorge pour joint torique du couvercle de l'évaporateur



Joint torique \varnothing intérieur 221.84 \varnothing de tore 3.53 Ref LJF 177200 Dash Number 269
Extension sur le diamètre: 6%

SECTION VI

ETUDE DU CONDENSEUR

Pour les besoins de la machine à glace, on peut envisager de nombreuses configurations de condenseurs. Peu importe la configuration choisie, l'essentiel est de fournir à la machine à glace une source froide la plus froide possible.

Le condenseur est un récipient cylindrique non isolé, muni d'un couvercle fixe étanche au vide, relié au réacteur et au circuit de vide, et muni de deux hublots d'éclairage et d'observation.

L'intérieur du condenseur est parcouru par un serpentín où circule de l'eau froide, et l'extérieur est garni d'un textile sur lequel ruisselle de l'eau froide alimentée par un goutte à goutte afin de créer un refroidissement adiabatique. Lors de la désorption, les vapeurs expulsées de la zéolite se dirigent vers la zone froide (le serpentín et le corps du condenseur), elles s'y condensent et retombent en gouttes au fond du récipient

Dans une installation industrielle, les condensats recueillis au fond du condenseur sont évacués par pompage. Ici, compte tenu des faibles débits en jeu, les condensats, de l'ordre de 1,2 litre s'accumulent au fond du condenseur et sont évacués par gravité via un robinet en fin de séance.

La physionomie du condenseur présente quelque analogie avec celle de l'évaporateur, cette symétrie rappelant le fonctionnement cyclique de la machine, qui d'un côté prélève de l'énergie thermique, et de l'autre la restitue. A l'intérieur, les divers composants sont agencés en vue de piéger et pomper les gaz incondensables – qui, comme tous les gaz, sont invisibles. Plus que jamais, "le diable est dans les détails".

§ 1 LE CORPS DU CONDENSEUR

Le récipient est de préférence en Inox, à défaut en acier galvanisé.

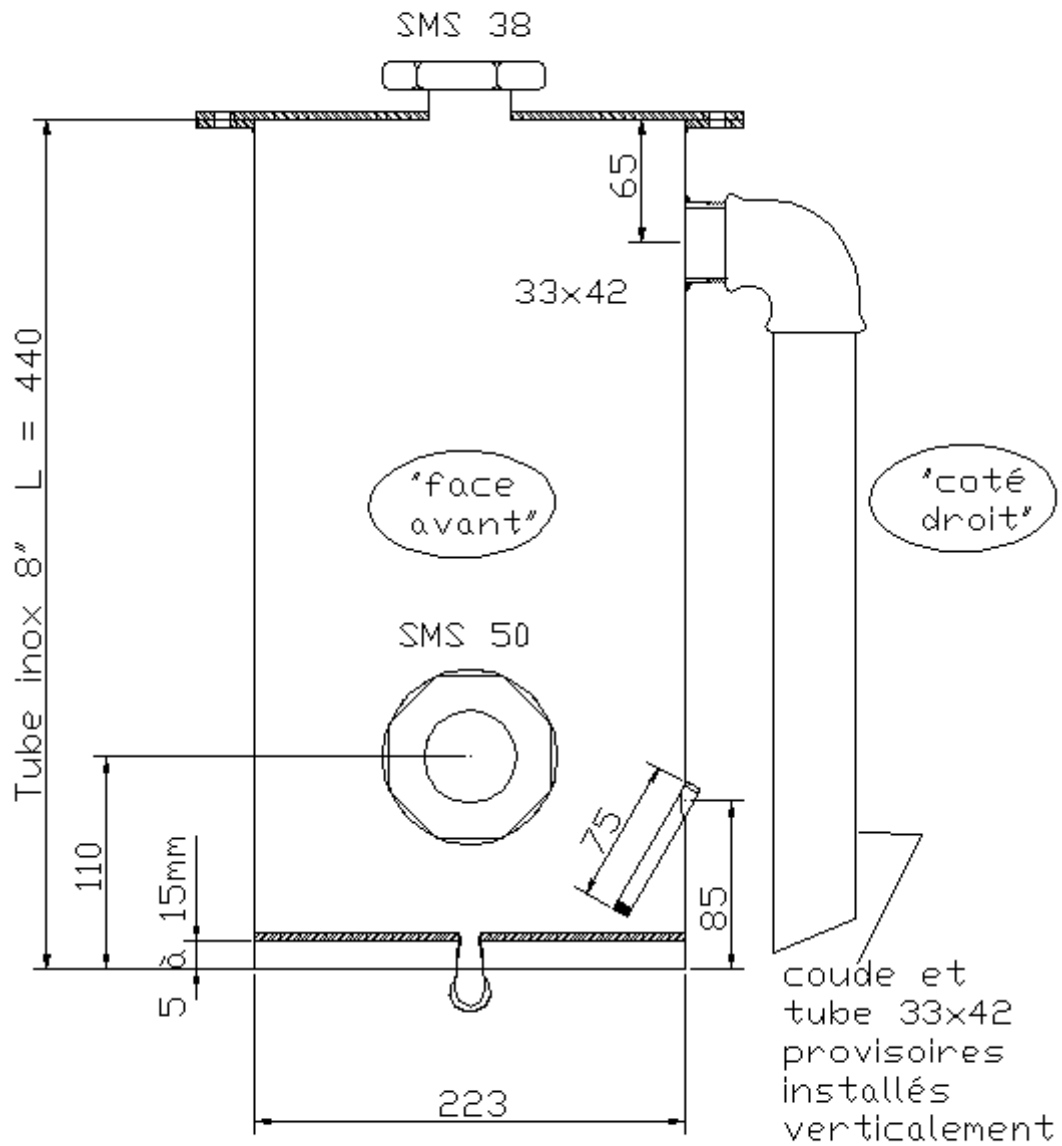
A) LA VIROLE

Corps en tube inox 8 "/ Ø intérieur 219,1mm , ep 2mm, idem l'évaporateur. Longueur : 440 mm

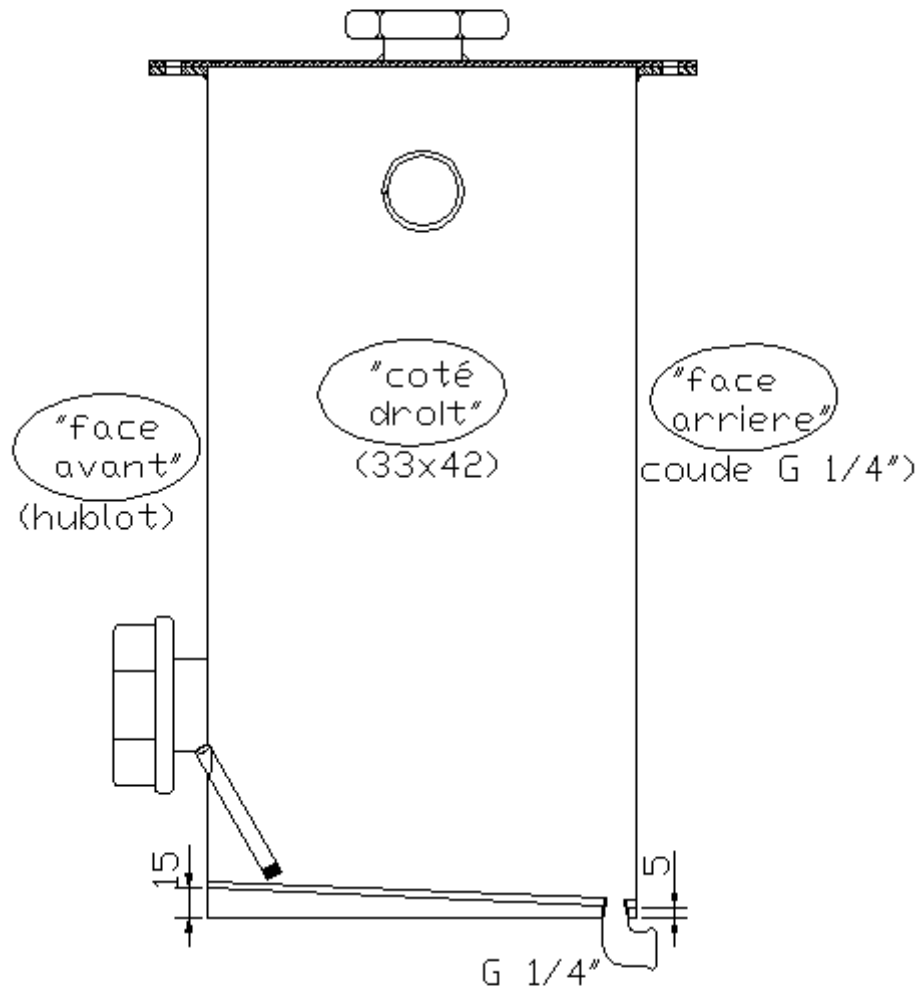
- Sur la "face avant" : Hublot d'observation SMS Ø 50 idem l'évaporateur
- Sur le "coté droit" : Bossage 1"1/4 (33 x 42) pour le raccordement au réacteur, avec coude au quart FF et tube galva 33 x 42 installé verticalement.
- Sur la "face arrière" en partie basse : Coude au quart G ¼ M F pour évacuation des condensats
- A mi chemin environ entre la "face avant" et le "coté droit" : un doigt de gant en inox Ø 8 mm extérieur L = 75 mm, obturé en partie basse.

Fond épaisseur 4 mm légèrement en pente sur 1 cm environ vers la "face arrière" pour une évacuation complète des condensats.

Corps du condenseur vu "de face"



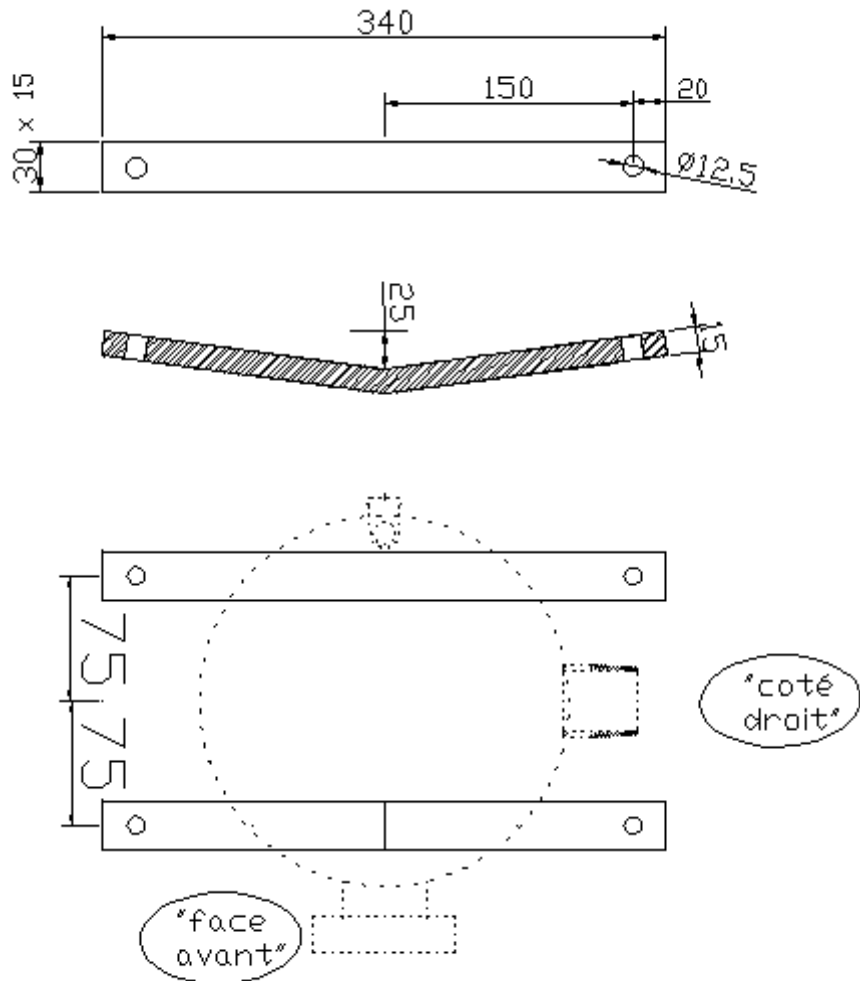
Corps du condenseur vu du "coté droit"



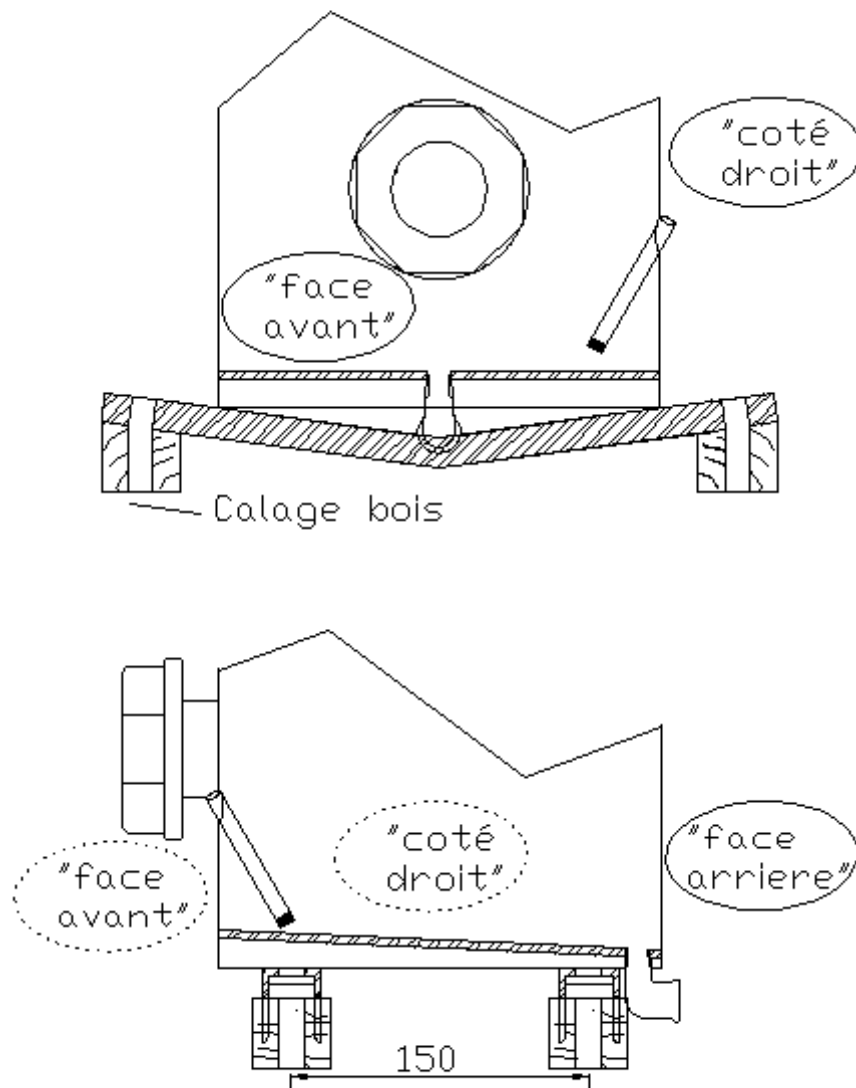
Supports du condenseur en fers U de 30 mm

Il conviendra de recueillir dans un récipient plat sous le condenseur l'eau excédentaire provenant du ruissellement à l'extérieur du condenseur (refroidissement adiabatique). Pour éviter que cette eau se disperse, les supports en fer U de 30 mm sont légèrement pliés en V en leur milieu.

Le condenseur repose sur le plancher intermédiaire du caisson isolé.

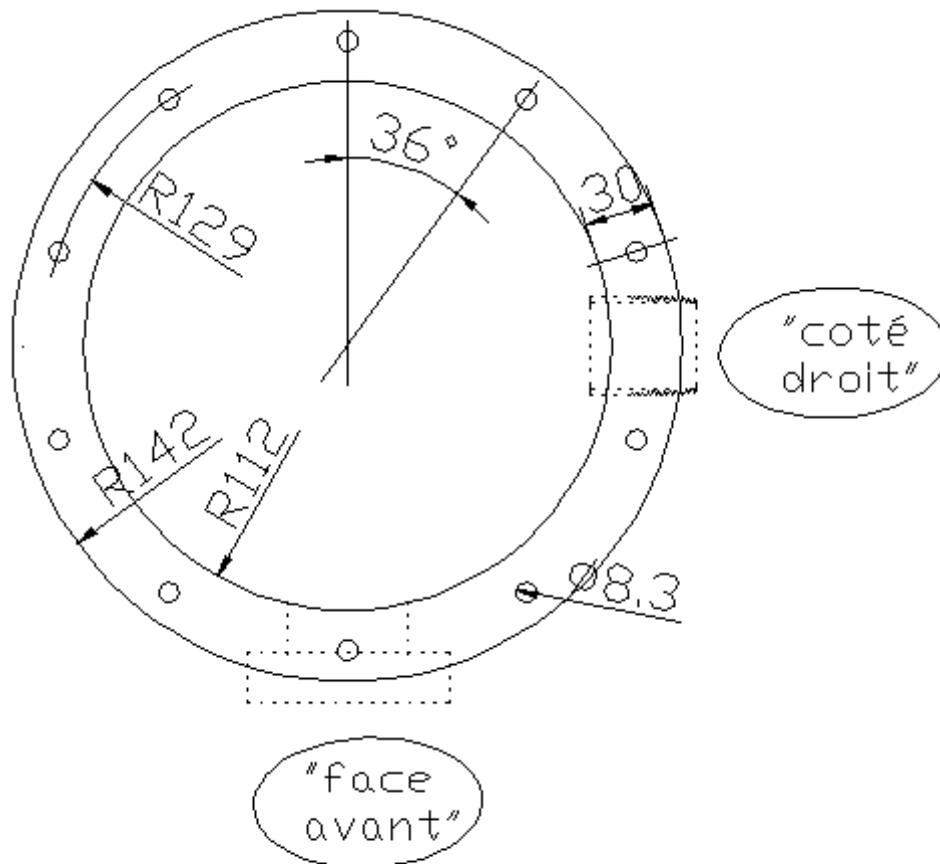


Installation du condenseur sur ses supports



Collerette : le diamètre extérieur de la collerette est identique à celui de son couvercle. Le couvercle restant à poste fixe, il n'y a pas lieu de prévoir de dispositif d'étanchéité à l'eau comme pour l'évaporateur, mais il faut prévoir une plage suffisamment large pour le joint en pâte, type "Joint bleu". (voir Loctite / joint bleu) disponible entre autres dans les grandes surfaces d'accessoires et pièces pour automobiles

Pour démonter le couvercle : avec une lime triangulaire, exécuter quelques passages à la jointure entre le couvercle et la collerette, , puis y insérer le tranchant d'un couteau, et frapper modérément avec un marteau.



B) LE COUVERCLE

Couvercle ep 4 mm

Hublot d'éclairage SMS Ø 38 sur le couvercle (voir catalogue bene-inox)

Trois bossages en inox filetés G ¼, à souder par le chaudronnier

- Une demi bobine pour une soupape de sécurité
- Une demi bobine pour un robinet casse-vide
- Une bobine double pour la sortie d'eau de refroidissement

Les filetages seront ultérieurement équipés de mamelon laiton G Femelle ¼"– Male 3/8" pour raccords à joint plat, étanchéité dans le filetage avec du ruban Teflon, cf l'étude du bouilleur.

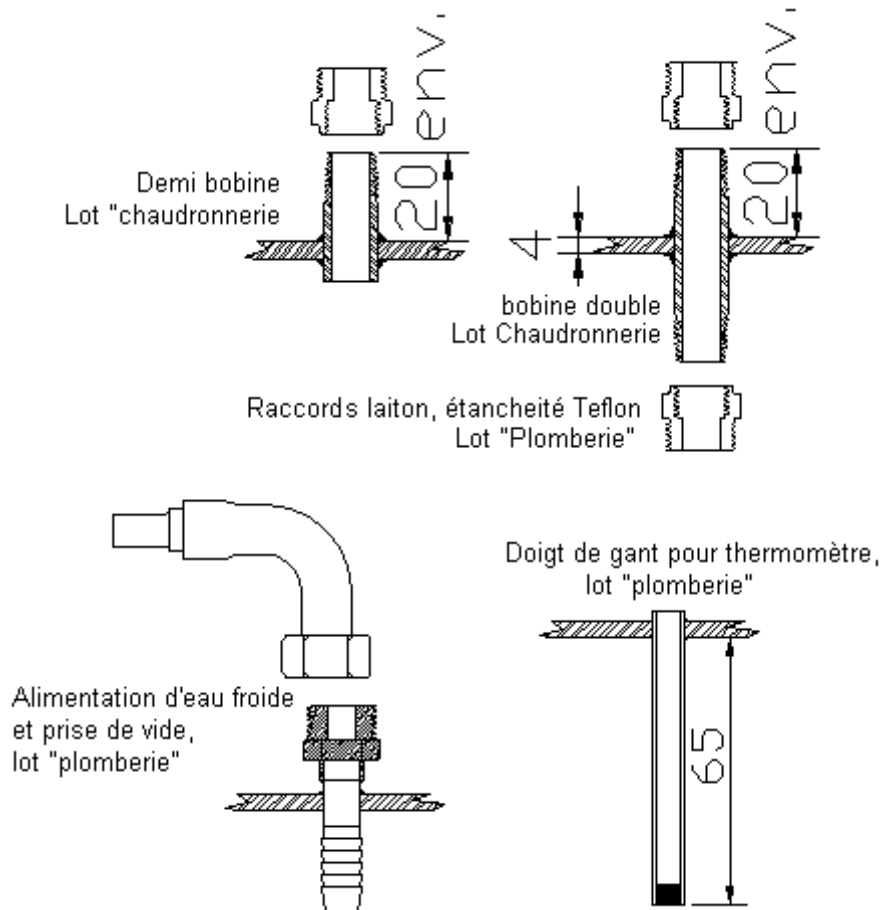
- pour la prise de vide : raccord "bicône", voir la section "vide"

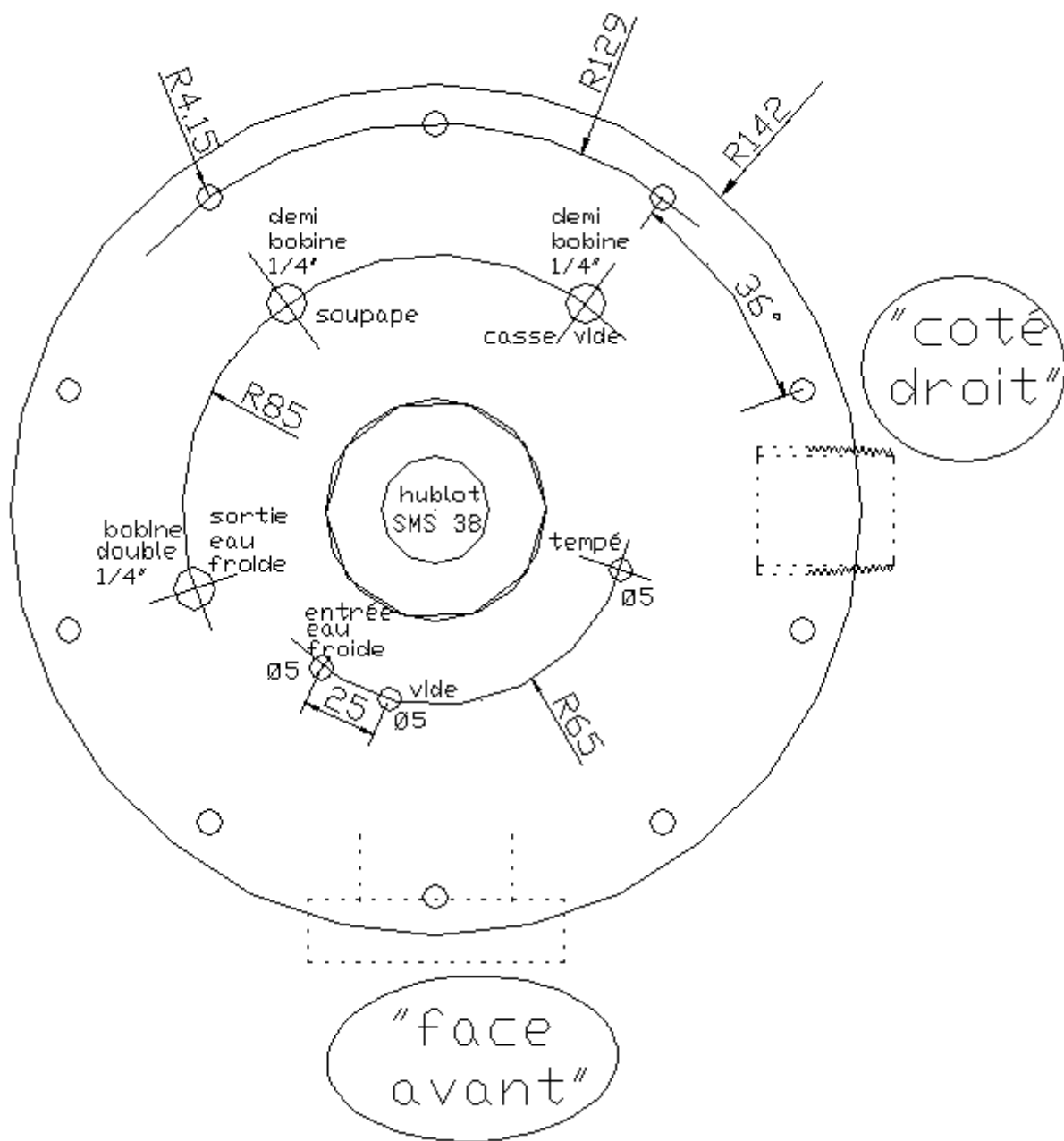
Une soupape tarée à 1 bar est indispensable pour le cas d'arrêt d'alimentation en eau de refroidissement (la vapeur ne condenserait plus, et monterait en pression) MSCdirect.com # 78063195

Trois percements

- Ø 5 mm pour l'entrée d'eau froide
- Ø 5 mm pour le circuit de vide
- Ø 5 mm pour un second doigt de gant de thermomètre en inox Ø 8

Les percements seront ultérieurement repris par le lot "plomberie" pour y braser les raccords.





Fixations pour le supportage du serpentín et du refroidisseur (non représentés sur les croquis) : percer et tarauder le couvercle pour y fixer des petites pattes de suspension, auxquelles seront amarrés des fils de cuivre pour supporter le serpentín. Pour l'étanchéité des filetages traversant le couvercle, utiliser du Loctite 272 ou autre frein filet (cf la confection de la plaque de cuisson à vapeur), et on peut y rajouter une boule de mastic colle, voir ci dessous

§ 2 LE REFRIGERANT D'AIR, dénommé également "refroidisseur d'air"

Le propos est de disposer d'un petit volume à la fois froid et calme, situé en partie inférieure du condenseur, afin d'y piéger puis d'y pomper les gaz (air, oxygène, gaz carbonique) arrivés dans le condenseur en même temps que la vapeur, qui sont impossibles à condenser, et dont la présence perturbe fortement la condensation de la vapeur d'eau.

Le corps du réfrigérant est un tuyau souple spiralé blanc en PVC vendu en magasins de plomberie/bricolage à usage de raccords d'évacuation pour évier, diamètre nominal 40 mm/ Gaz 1 1/2", diamètre intérieur réel du tuyau 30millimètres, référence "raccord spirale D40 L 720 BD" de chez Wirquin.com. Le tuyau est livré avec deux manchons en PVC blancs à visser sur les spires, on n'utilise que l'un d'entre eux.

D'autres tuyaux souples devraient également convenir, il n'est que d'adapter, et de vérifier la tenue à la chaleur. Le tuyau ci dessus, à usage d'évacuation d'évier, est censé supporter une évacuation d'eau bouillante.

Le réfrigérant est disposé horizontalement. Il est parcouru par le début du tube en cuivre du serpentin d'eau froide, c'est donc la zone la plus froide du condenseur. Une des extrémités du refroidisseur est libre, c'est par là que pénètrent les gaz incondensables. L'autre extrémité du refroidisseur est fermée, avec un passage pour l'eau de refroidissement et un passage pour la prise de vide.

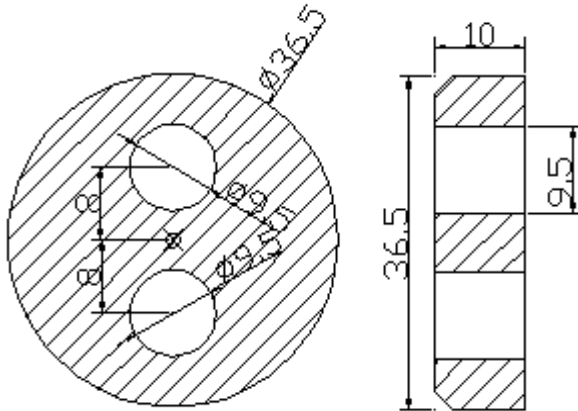


Fermeture du refroidisseur

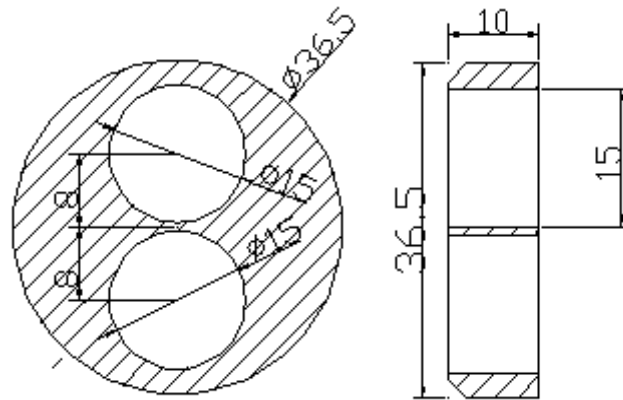
Confectionner deux plaques rondes en PVC ep 10 mm, ou autre matériau

Les plaques seront à coller à l'intérieur du manchon diam 37 mm intérieur, prévoir en conséquence un jeu de 2 à 3 dixièmes pour la colle, soit 0,5 mm sur le diamètre, soit $\varnothing 36,5$ mm pour les plaques. Prévoir également un chanfrein pour faciliter l'encollage.

Sur la première plaque, effectuer deux percements $\varnothing 9,5$ mm

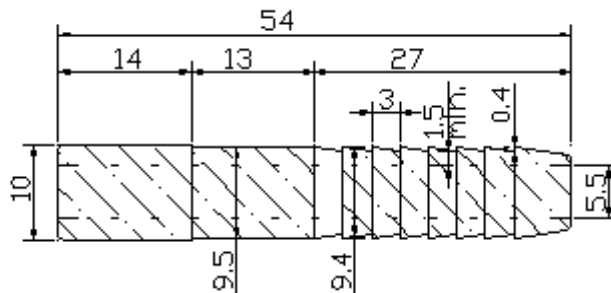


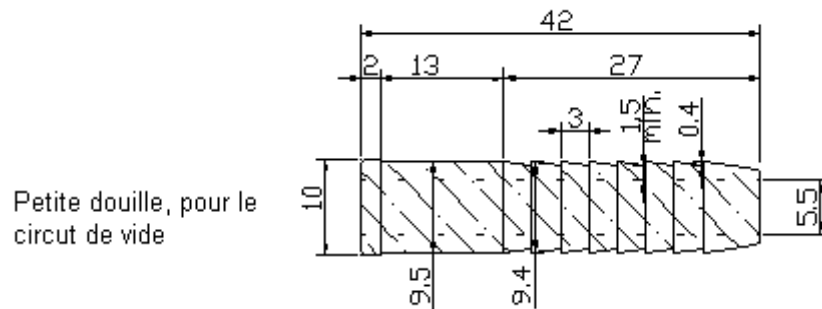
Sur la deuxième plaque, effectuer deux percements $\varnothing 15$ mm



Confectionner deux douilles cannelées dans de la barre laiton $\varnothing 10$ mm

Grande douille, pour le circuit d'eau

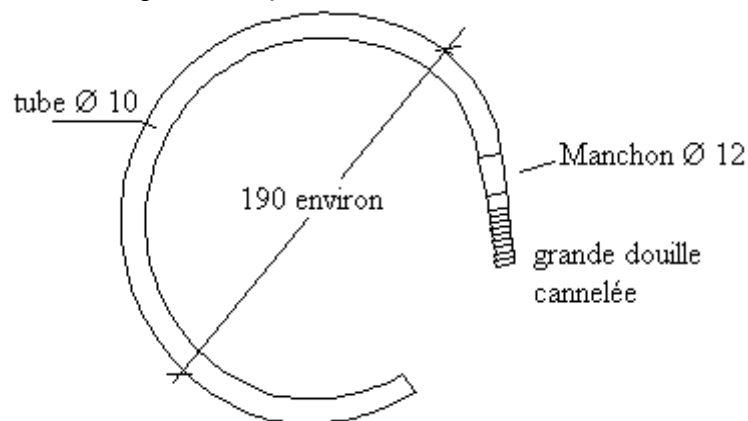




Confectionner le tube de cuivre intérieur au refroidisseur, Ø 10 mm extérieur

Longueur : un peu plus des trois quarts du périmètre du condenseur. Le tube sera à recouper ultérieurement à la bonne dimension. Cintrer le tube, braser un manchon en amont (une chute de tube Ø 12 mm extérieur) et braser le raccord cannelé.

Pour centrer quelque peu le tube de cuivre sur le tuyau annelé, on peut braser, sur le tube de cuivre, quelques chutes de fil de cuivre que l'on façonne ensuite à volonté

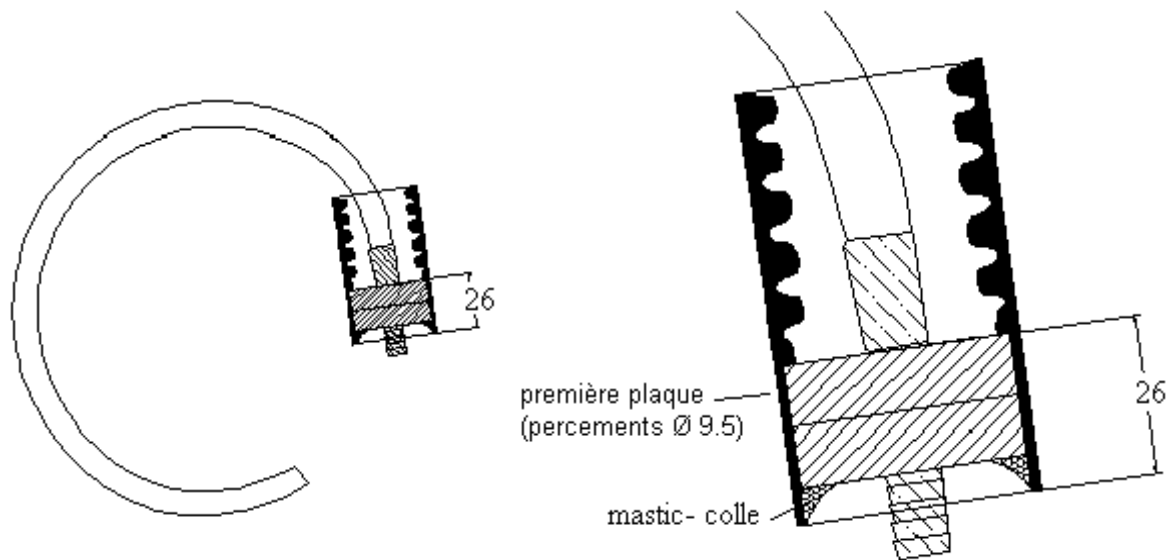


Installer les deux raccords cannelés sur la première plaque PVC, en forçant légèrement si besoin. Le circuit d'eau passe par le percement du haut, la prise d'air par celui du bas.

S'il est nécessaire de réduire le diamètre du raccord cannelé : saisir le raccord dans un mandrin de perceuse, et démaigrir le raccord à l'aide d'une chute de bande abrasive tenue entre deux doigts.

Raccourcir la partie lisse (non spiralée) d'un des deux raccords PVC livrés avec le tuyau spiralé pour la ramener à une longueur intérieure de 26 mm. Ebavurer et chanfreiner l'intérieur de la coupe pour faciliter la mise en œuvre des plaques et de la colle.

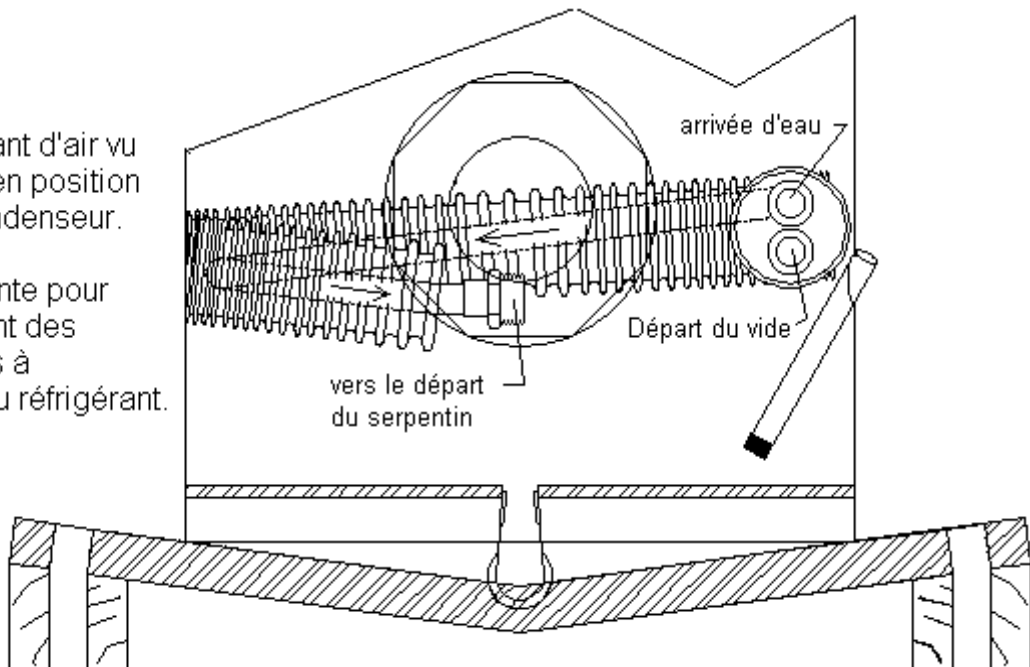
Coller la première plaque PVC dans le manchon en PVC blanc livré avec le tube, puis coller la seconde plaque avec la première, et avec le manchon. Utiliser de la colle pour PVC, et respecter le temps de prise.



Garnir de mastic-colle polyuréthane les espaces annulaires de la seconde plaque PVC, et former un congé dans l'angle entre la seconde plaque et le manchon. Respecter le temps de prise, de l'ordre de plusieurs jours. Voir ci dessous le § "Colle PVC et mastic -colle Polyuréthane"

Le réfrigérant d'air vu "de face", en position dans le condenseur.

Noter la pente pour l'écoulement des condensats à l'intérieur du réfrigérant.



Avant d'installer le réfrigérant d'air dans le condenseur, il faut préparer le serpentin de cuivre et les tuyaux souples.

§ 3 LE SERPENTIN REFROIDISSEUR EN CUIVRE

Au contact du serpentín, la vapeur désorbée viendra se condenser en libérant sa chaleur latente que l'eau froide est chargée d'évacuer.

Le serpentín est en tube de cuivre recuit (c'est à dire en couronne, et non en barre) Ø 10 mm extérieur. Le nombre de spire n'a pas fait l'objet d'un calcul thermique, il n'est pas interdit de surdimensionner. Le serpentín peut être formé à la main autour d'une chute de tube ou d'un bidon de diamètre adéquat, et maintenu fermement sur l'établi par un grand serre-joint installé verticalement.

Le début du serpentín est raccordé au tube de cuivre du réfrigérant d'air par un raccord à joint plat 3/8"

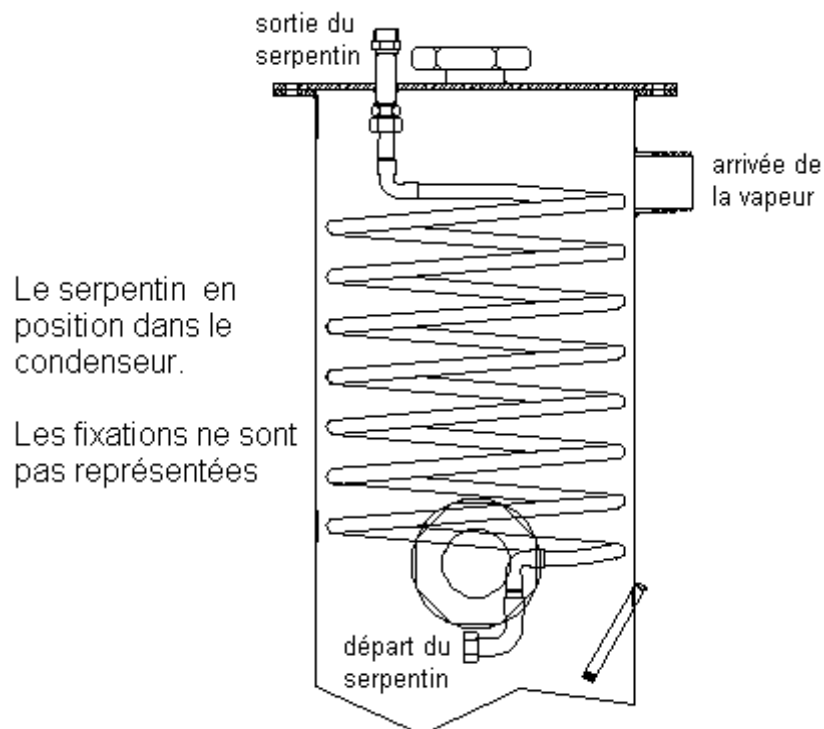
La sortie du serpentín est raccordée, par un raccord à joint plat, à la bobine double soudée sur le couvercle

Fixation du serpentín : Comme pour toute installation, ce n'est pas aux deux raccords d'extrémité de retenir l'ensemble de la tuyauterie, un système de supportage est indispensable.

On peut suspendre le serpentín avec du fil de cuivre amarré au couvercle, et amarré en boucles et/ou avec des brasures tendres au serpentín.

Pour la tenue latérale, quelques fils de cuivre horizontaux et recourbés contre le corps du condenseur sont suffisants pour limiter le ballant pendant d'éventuelles manutentions du condenseur.

Pour la fourniture de fil de cuivre on peut se procurer au rayon électricité du fil électrique monobrin ordinaire 2,5 mm² en bobine, à dénuder ensuite, ou au détail du fil de terre multibrins 27 mm² dont on sépare ensuite les brins.



§ 4 LES TUYAUX SOUPLES

A) L'ALIMENTATION EN EAU FROIDE

Au début de son parcours, entre le couvercle et le réfrigérant d'air, le circuit d'eau froide doit être isolé, pour ne pas créer de zone froide parasite. Le plus simple est donc de le réaliser en tuyau de caoutchouc assez épais et résistant à la chaleur des vapeurs de désorption, par exemple du tuyau de vapeur Ø 8 mm. La traversée du couvercle ne doit pas non plus créer de zone froide parasite, on peut "isoler" le métal du couvercle avec une plaque de caoutchouc collée.

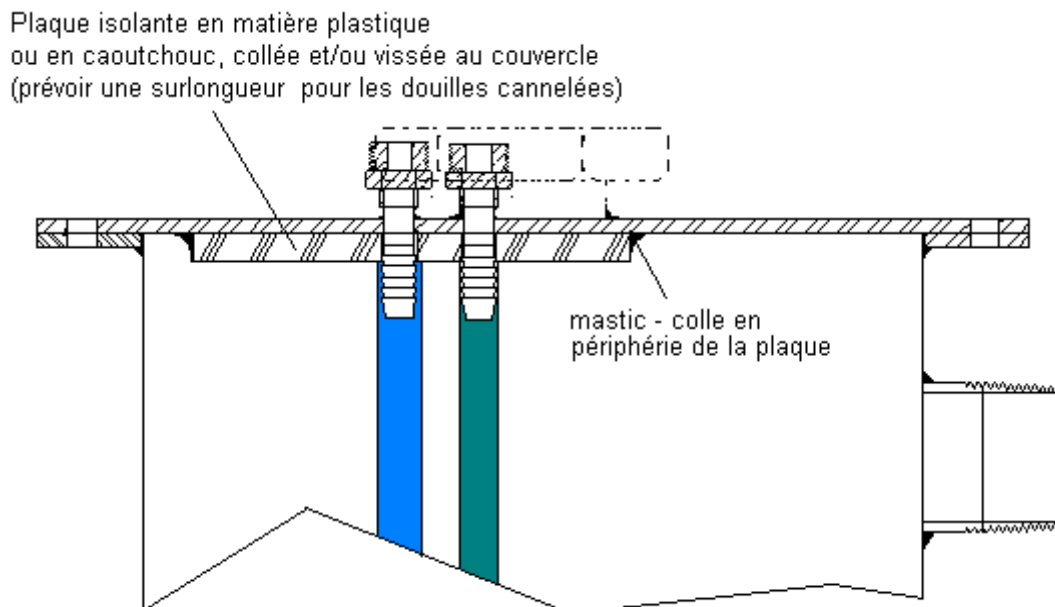
Le principe à respecter est : *pas de zone froide*, donc pas de pièce métallique apparente sur la partie amont du circuit de refroidissement, entre l'arrivée de l'eau dans le condenseur, et le refroidisseur d'air.

Pour réaliser la traversée du couvercle, confectionner et braser une douille annelée sur le couvercle, sur laquelle on branche le tuyau. Dans le cas d'un couvercle en inox, effectuer une brasure à l'argent 40%. S'agissant de braser un raccord sur une plaque, il faut plus de puissance de chauffe que pour braser deux raccords, une solution étant de chauffer la plaque par le dessous avec un second chalumeau aérogaz. On peut braser en même temps, sur l'extrémité de la douille à l'extérieur du couvercle, un raccord mâle à joint plat sur lequel sera branché le tuyau d'évacuation de l'eau de refroidissement

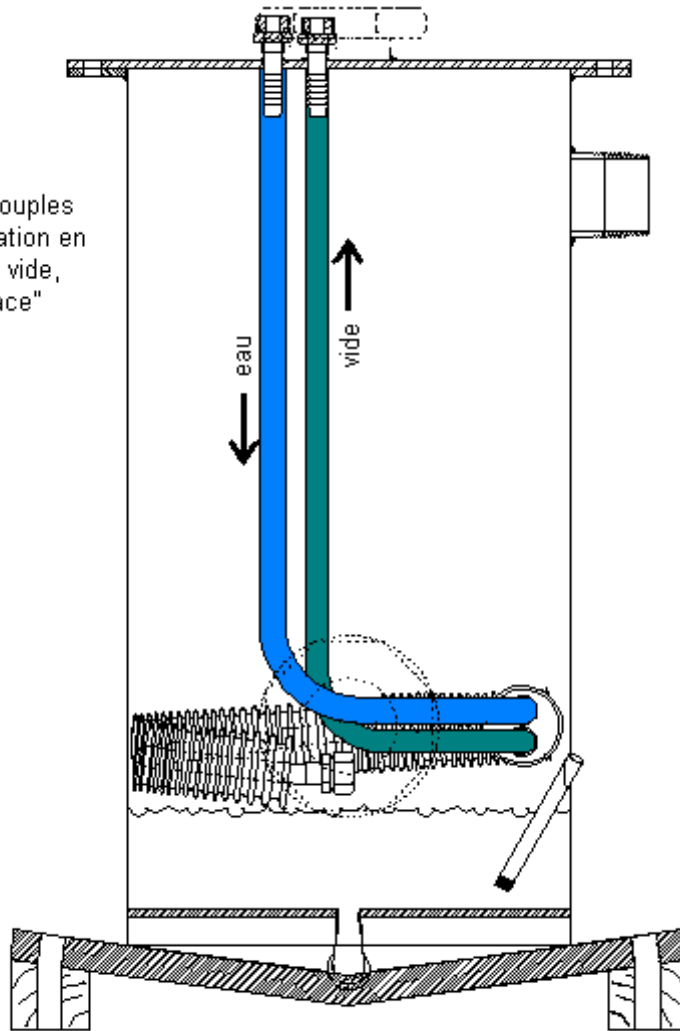
En partie basse, le tuyau est à courber à l'horizontale. S'il est trop rigide, et afin qu'il conserve la courbure souhaitée on peut lui adjoindre deux attelles latérales en fil de fer galvanisé, fixés avec de l'adhésif d'électricien ou avec des colliers à oreilles

B) LE TUYAU DE VIDE

Mêmes commentaires que pour le tuyau d'eau froide, hormis la nature du tuyau et la question de l'isolation.



Tuyaux souples
d'alimentation en
eau et de vide,
vus "de face"



§ 5 L'ASSEMBLAGE

Couper définitivement le tube de cuivre du réfrigérant d'air

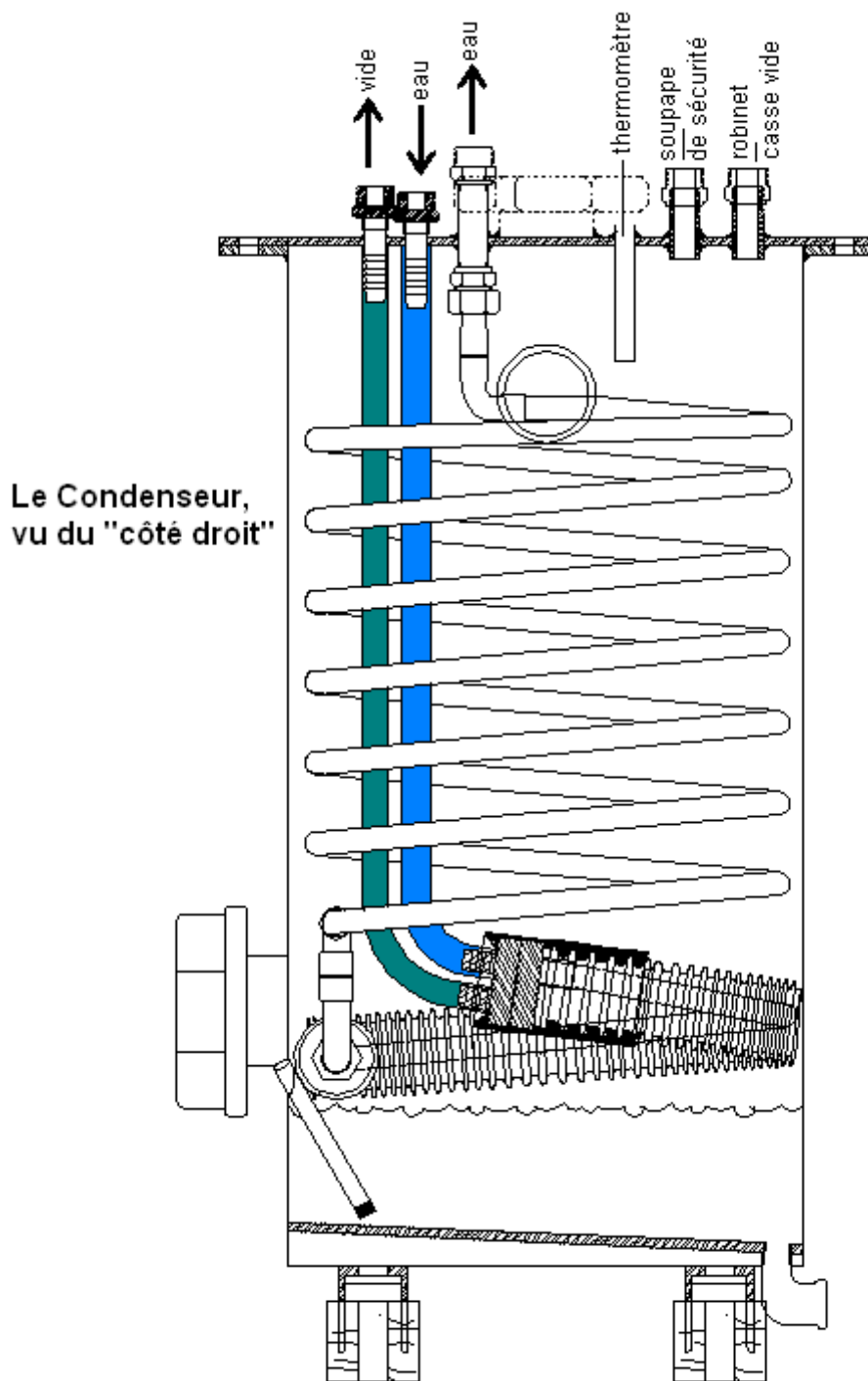
Couper définitivement le tuyau de réfrigérant, en veillant à laisser visible le raccord à joint plat en bas du serpentin. Le tuyau du réfrigérant ne sera mis en place et vissé dans son manchon qu'après avoir effectué tous les brasages. La notice accompagnant le tuyau spiralé préconise d'étancher le filetage PVC avec de la colle silicone en tube.

Positionner tous les raccords avant brasage, en veillant

- à conserver une légère pente dans le réfrigérant
- à ce que le raccord à joint plat, en bas du serpentin, qui est le point le plus bas de la source froide, soit bien en vue de l'opérateur à travers de hublot, afin de s'assurer du déroulement de la désorption en observant le goutte à goutte.

Suspendre le serpentin et le refroidisseur au couvercle avec des fils de cuivre, et si possible caler horizontalement le serpentin de la même manière.(cf § 2 ci dessus)

Installer les tuyaux souples pour l'eau et le vide, entre le refroidisseur et le couvercle du condenseur. Utiliser de préférence des colliers à oreilles.



§ 6 AUTRES ELEMENTS

- soupape de sécurité tarée à 1 bar, idem la soupape du bouilleur
- Robinet casse vide (robinet à bille G 1/4")
- doigt de gant pour thermomètre

- robinet d'évacuation des condensats (Robinet à bille Gaz 1/4")
- il serait intéressant de disposer un petit réglet en inox à l'intérieur du condenseur, en vue de l'opérateur à travers le hublot, à étalonner ultérieurement. Il serait ainsi possible d'appréhender l'évolution de la désorption au cours d'une séance.

§ 7 - COLLE PVC et MASTIC POLYURETHANE

Ces deux matériaux sont complémentaires, mais travaillent de façon complètement différente.

La colle pour PVC est présentée comme une "soudure à froid" (avec inter-pénétration moléculaire ?). L'intervalle entre les deux pièces ne doit pas dépasser 0,6 mm. Les surfaces doivent être dépolies au papier de verre, et dégraissées avec du décapant (de l'acétone convient aussi) en raison du film d'huile résiduel provenant du processus de fabrication. Une fois les pièces assemblées, attendre plusieurs minutes sans les manipuler, puis laisser sécher plusieurs heures. Les assemblages à la colle PVC sont rigides et ne supportent aucune déformation. Pour plus de renseignements voir mode d'emploi de la colle Henkel / Tangit pour PVC

Le mastic-colle pour scellement de joint

Il en existe une très grande variété, il n'est question ici que d'élastomère monocomposant polyuréthane, par exemple le Sikaflex 1a. Après mûrissement le matériau reste souple, et admet une dilatation de l'ordre de 25%, mais il ne peut remplir correctement son rôle que s'il a été correctement mis en œuvre.

Soit par exemple une fissure de 2 mm de largeur dans un mur en béton. Supposons que l'on fasse entrer de force du mastic dans la fissure, l'épaisseur du boudin sera de 2 mm, il admettra une extension de 25%, soit 0,5 mm. Si la fissure s'ouvre encore sur 0,7 mm, le joint de mastic va décoller d'un côté ou d'un autre. Et l'on ne tient pas compte de l'adhérence du mastic dans la fissure, qui est ici invérifiable.

Par contre si la fissure est préalablement ouverte sur une largeur de 7 ou 8 mm, sur une profondeur de 10 mm, et que les bords sont bien dépoussiérés pour un bon accrochage, alors le joint admettra un souffle de 1,75 à 2 mm sans décoller latéralement.

Dans le cas du condenseur il s'agit de renforcer l'assemblage de pièces, on est dans un cas de figure différent d'une fissure, mais les principes de base sont les mêmes : il faut disposer d'une surface d'accrochage large et de bonne qualité, non poussiéreuse et totalement exempte de graisse, et d'un volume de matériau suffisant compte tenu des efforts et des mouvements éventuels.

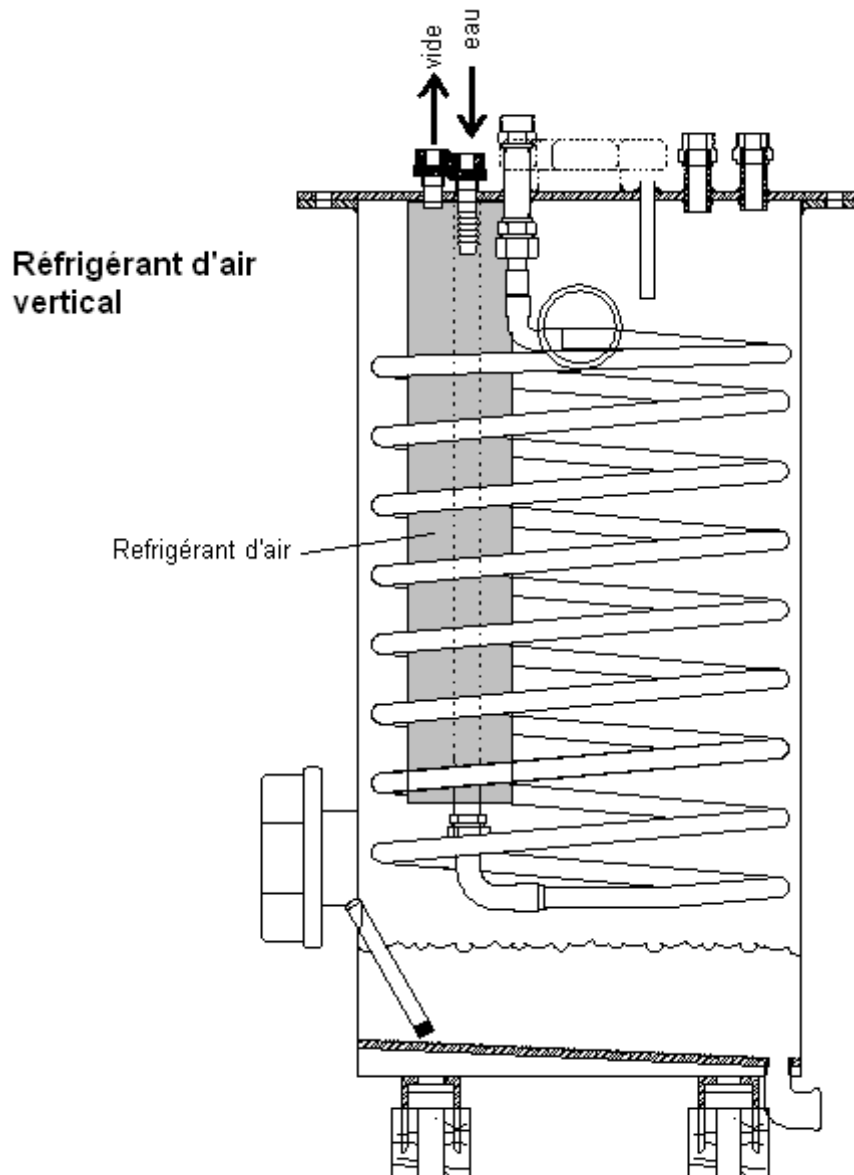
Le mûrissement (la "prise") du mastic colle s'effectue au contact de l'air humide, il s'effectue lentement en plusieurs jours en fonction entre autres de l'épaisseur mise en œuvre.

Lors de la mise en œuvre, on peut donner au matériau la forme voulue avec un doigt préalablement trempé dans de l'eau savonneuse, ou plus simplement avec un morceau de pomme de terre coupé en bâtonnet de la taille d'une grosse frite, on dont recoupe l'extrémité à la forme voulue.

Enfin lorsque l'on reste perplexe devant un problème de vide qui semble insoluble, le mastic-colle peut être un dernier recours pour étancher un joint, un écrou, ou un raccord, mais toujours en respectant la double consigne : surface suffisante, propre et dégraissée, et volume minimum.

§ 8 - EN VARIANTE : UN REFRIGERANT D'AIR VERTICAL.

C'est une variante au dispositif précédent, qui serait légèrement plus facile à exécuter. Le réfrigérant est un simple tuyau installé sous le couvercle, Ø 45 à 50 mm. On peut aussi rouler et braser une tôle de cuivre ou de zinc, etc... (on peut se procurer de la tôle de cuivre en achetant une longueur de gouttière de cuivre chez un revendeur de matériau de couverture). Le tube d'arrivée d'eau est entièrement en cuivre, sans partie "isolée". La prise de vide a lieu immédiatement sous le couvercle (c'est pour cette raison que les deux orifices de vide et d'entrée d'eau ont été rapprochés) Quel système fonctionnera le mieux ? Seule l'expérience fournira une réponse. Rien n'interdit de confectionner deux couvercles de condenseur, et d'essayer diverses solutions.



§ 9- REFROIDISSEMENT ADIABATIQUE

Le propos est d'entourer le corps du condenseur avec un linge mouillé par une alimentation goutte à goutte, et de profiter de l'évaporation de l'eau pour refroidir le condenseur (cf le chapitre précédent).

La question est de savoir si ce refroidissement adiabatique ne risque pas de perturber le fonctionnement du refroidisseur d'air si laborieusement élaboré dans les paragraphes précédents. Seule l'expérience fournira une réponse.

Choix du matériau : faut-il préférer un matériau naturel comme la laine ou le coton (dont les fibres sont creuses) qui ont plutôt tendance à retenir l'eau, ou un matériau synthétique sur lequel l'eau s'écoule plus rapidement ?

Fixer le textile autour du condenseur à l'aide d'un collier type Serflex "grande longueur"

Entourer le corps du condenseur par un tuyau d'arrosage "goutte à goutte", disponible dans toutes les jardinerie. Fixer le tuyau par des petits morceaux de fils métalliques ou autres que l'on aura préalablement mis à poste avant de serrer le collier.

Pour recueillir sous le condenseur le trop plein de l'eau non évaporée, confectionner un récipient plat aux dimensions adéquates, par exemple avec de la plaque PVC ou de la tôle d'aluminium, voire en contreplaqué, de la colle ... et du mastic colle.

§ 10 L'ALIMENTATION EN EAU DE REFROIDISSEMENT

Les volumes en jeu sont de l'ordre de quelques dizaines de litre, il faut donc en rester à des moyens rudimentaires.

Pour le circuit du serpentin, on dispose de deux solutions.

alimentation gravitaire: on dispose deux baquets (des poubelles de quelques dizaines de litres), l'un étant surélevé de quelques dizaines de centimètres par rapport au condenseur, l'autre étant posé au sol. Manuellement, avec un seau, l'eau est transvasée de l'un à l'autre autant que besoin.

utilisation d'une pompe à eau du type pompe pour fontaine de jardin, disponible dans toutes les jardinerie, fonctionnant sur panneau photovoltaïque ou sur batterie.

Le même dispositif sert pour le refroidir le condenseur, et pour refroidir le réacteur pendant la fabrication de la glace. L'utilisation de robinets "trois voies" serait une solution élégante, mais dans un premier temps on peut se contenter de brancher / débrancher les circuits d'eau et de vapeur via les raccords à joint plat - en veillant à ne pas déposer un raccord lorsqu'il est sous pression....

SECTION VII ETUDE DES RACCORDEMENTS

§ 1 SECTION DU RACCORDEMENT ENTRE L'EVAPORATEUR ET LE REACTEUR

Aux basses températures, le volume de la vapeur est très important, on lit dans les tables de vapeur : 210 m³ à 0°C, 500 m³ à -11,5° C, mille m³ à - 20° C, d'où la nécessité de vérifier la vitesse de la vapeur dans la canalisation entre l'évaporateur et le réacteur, afin notamment de ne pas avoir de problème de col sonique (voir sur le sujet les données de la mécanique des fluides).

Les bases de calcul sont ici assez sommaires. On considère qu'en une séance d'adsorption de deux heures, la zéolite adsorbe un kg de vapeur, mais avec une répartition inégale dans le temps. Soit donc Un kg en Une heure, à -11,5°, c'est à dire 500 m³ de gaz, à faire transiter dans un tube 1 ½" 40x49 , Ø ext 48,3, épaisseur 2,9, Ø intérieur 42,5 mm.

500 000 litres / 3600 secondes = 139 litres/seconde

Volume de Un mètre de tube : 1,42 litres.

La vitesse serait de 139 / 1,42 = 98 mètres/seconde, ce qu'il conviendrait largement

On retient donc pour ce raccordement des composants de 1 ½" 40x49

§ 2 DE L'EVAPORATEUR AU REACTEUR

A) BOSSAGE

Demi bobine en inox ou en galva, longueur 120 mm, confectionnée à partir d'une bobine de 150 mm dont on supprime un filetage, à souder par le chaudronnier rigoureusement perpendiculairement à l'axe du réacteur



La qualité du positionnement du bossage avant soudage est très importante afin d'avoir ultérieurement des raccords corrects, sans fuite de vide et sans effort parasite dans les composants. Il ne s'agit pas de tuyauterie ordinaire. Le cas échéant, remettre au chaudronnier des raccords et des chutes de tube adéquates lui permettant de bien positionner les bossages par rapports aux récipients.

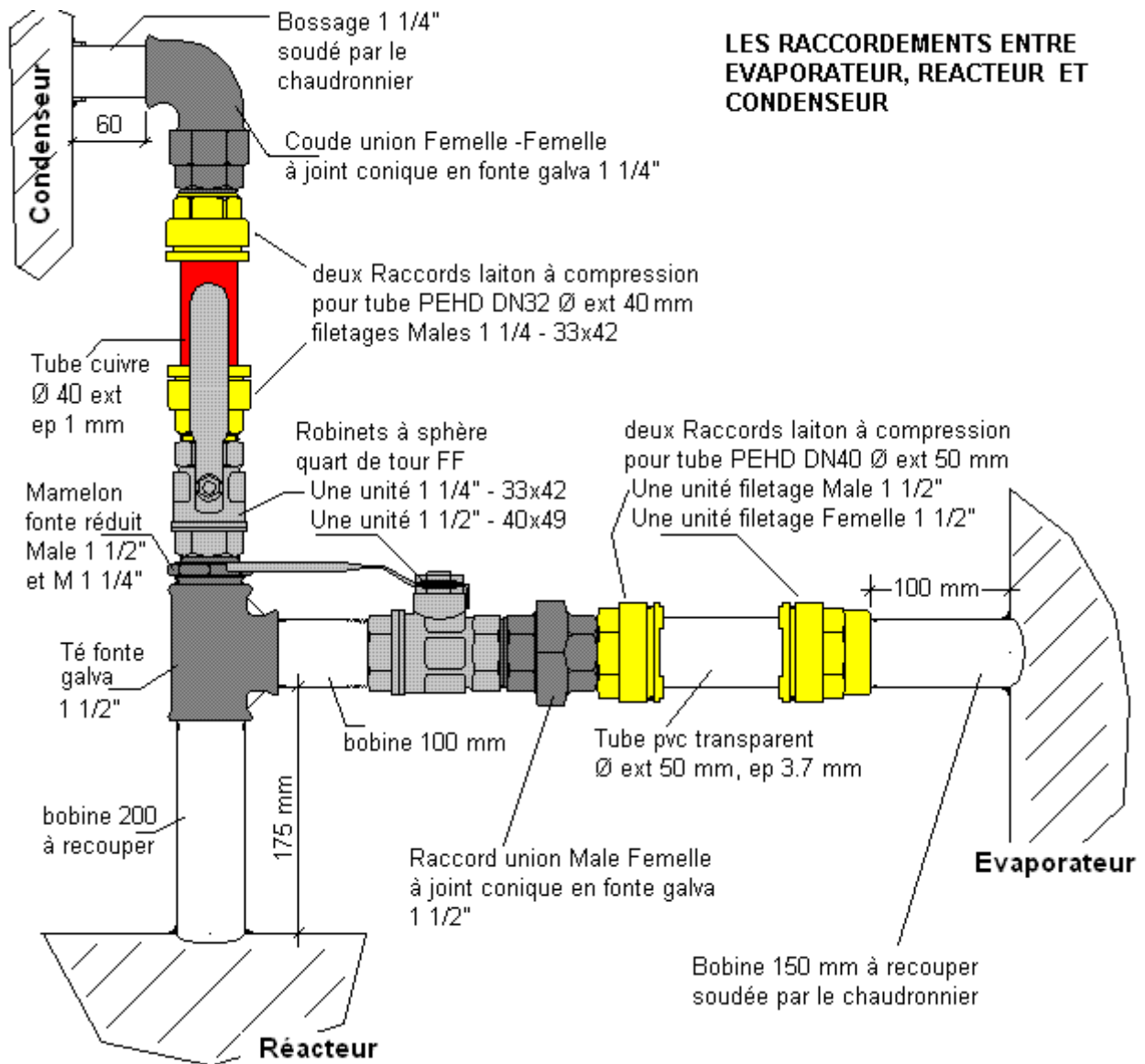
Si l'évaporateur est à galvaniser à chaud, il sera nécessaire de disposer d'une filière G 1 ½" pour nettoyer le filetage après passage en atelier de galvanisation.

B) UNE PORTION DE CANALISATION TRANSPARENTE.

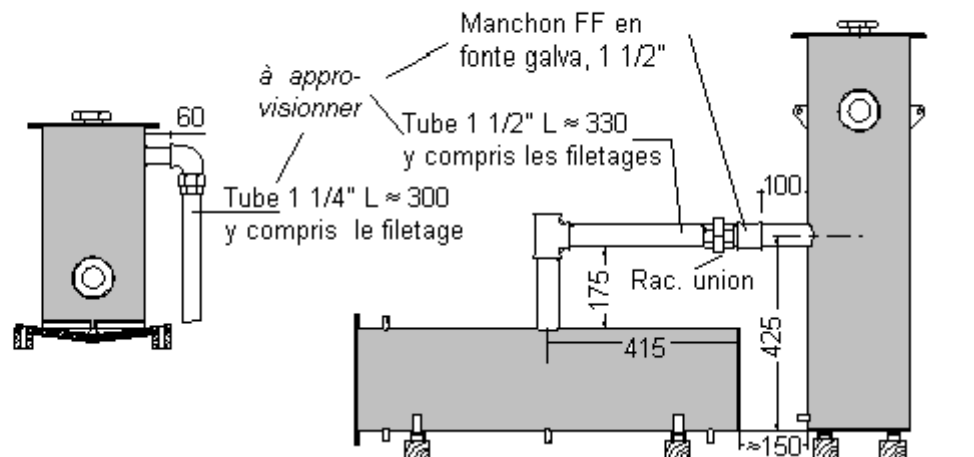
On va insérer ici un tronçon de tube en PVC transparent, dans le quel sera introduit ou suspendu, depuis l'évaporateur, un témoin (petite chute de miroir alu?) qui peut-être signalera au conducteur de la machine à glace l'existence d'un flux de vapeur.

Le tube PVC transparent est installé entre deux raccords adéquats, qui usuellement sont utilisés avec des tubes d'adduction d'eau en PEHD. Attention ici aux dénominations et diamètres – voir le chapitre VII sur le sujet

LES RACCORDEMENTS ENTRE EVAPORATEUR, REACTEUR ET CONDENSEUR



Éléments supplémentaires, pour faciliter le positionnement des bossages avant soudage



Raccord laiton à compression pour tube PEHD filetage femelle

Raccord laiton droit pour tube PEHD DN40 Ø ext 50 mm, et avec filetage Gaz 1 ½" 40x49.
Par exemple : adgvalve.com dimensions 50 x 1 ½" référence D01F 5040.

Il existe des raccords identiques en Polyéthylène qui ne conviennent pas pour notre usage en raison de la température. L'étanchéité de ce type de raccord s'obtient par la compression d'un joint en élastomère sur l'extérieur du tube, le bon fonctionnement du raccord est donc soumis à plusieurs conditions, le manquement à l'une seule d'entre elles étant suffisant pour faire échouer toute production de glace.

- Résistance du joint souple à la chaleur. Usuellement les joints sont prévus pour une température de 80° C maximum. Selon les fabricants, les joints ont un profil rectangulaire, ou bien ce sont des joints toriques. Il est préférable d'approvisionner des raccords à compression avec joint torique que l'on pourra ultérieurement remplacer par un autre joint torique dont le matériau est prévu pour un niveau de température plus élevé. Les raccords adgvalves sont munis de joints toriques en EPDM, qui est un matériau utilisable à une température de 150° C en continu et 175° en pointe (doc "Le Joint Français". Les raccords du fabricant Italien Deca sont munis de joints toriques. Les raccords Gebo ont un joint plat.

- Serrage correct du raccord

- état de surface extérieur du tube, qui doit correspondre aux exigences d'étanchéité d'un joint torique, voir les spécifications dans les documentations sur les joints toriques. Si besoin, reprendre l'état de surface avec de la toile abrasive ou de la laine d'acier.

- chanfrein aux extrémités du tube avant insertion dans le raccord ; utilisation de lubrifiant ?



Tube PVC Transparent DN 40 Ø ext 50 mm, épaisseur 3,7 mm

Ce matériau n'est vendu qu'en longueurs de 5 m, qu'il est préférable de faire couper en tronçons de 1,25 m pour le transport.

voir par exemple abaqueplast.fr, ou [Sté Richardson-plastiques.fr](http://StéRichardson-plastiques.fr), l'agence du Pas de Calais sait couper et expédier le matériau.

Raccord laiton à compression pour tube PEHD filetage mâle

par exemple chez adgvalves.com la référence D01M 5040

Et si le Tube PVC transparent ne résiste pas à la chaleur ?

On peut remplacer le tube PVC par un tube acier, mais les dimensions extérieures du tube n'étant plus les mêmes, les raccords à compression sont aussi à changer, par exemples les références 02F4940 et 02M4940 chez adgvalves.

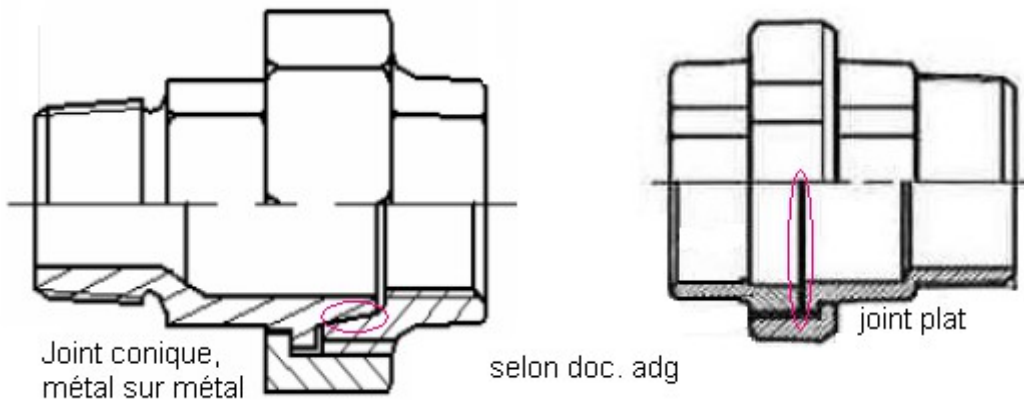
On peut aussi remplacer le tube PVC et ses deux raccords par une bobine double de 150 ou 200 mm et un manchon femelle-femelle en fonte galva. Les positions relatives de l'évaporateur et du réacteur n'en seront que peu affectées, mais on n'a plus alors la (très) petite souplesse d'ajustement que permettent les deux raccords avec joint torique.



C) UN RACCORD UNION

Raccord union en fonte malléable galvanisé Mâle-Femelle 1 ½" à joint conique par exemple adgvalve.com référence 341G-40.

L'étanchéité entre les deux parties de ce raccord s'effectue par le contact métal sur métal de deux profils coniques mâle et femelle. Il existe des raccords dont l'étanchéité s'effectue par un joint plat, (331G-40), à l'instar des raccords fer-cuivre à joint plat préconisés pour le circuit vapeur, voir : étude du circuit de vapeur, en première partie. Mais en l'occurrence, concernant les raccords de gros diamètre sous vide, les raccords à joint plat ne sont peut-être pas la bonne solution, car la poussée du fluide provient de l'extérieur et chasse le joint vers l'intérieur de la canalisation, voir sur ce sujet les documentations sur les joints toriques. En outre, pour le premier prototype de la machine à glace, le raccord union à joint conique a donné toute satisfaction. On en reste donc, pour le moment, à ce choix.



D) ROBINET QUART DE TOUR À SPHÈRE

Le problème majeur est celui de la tenue à la température. L'étanchéité des vannes à sphère s'effectue par le joint en élastomère entre la sphère métallique et le corps de la vanne. On peut retenir

- chez [Legris .com](http://Legris.com), les robinets de la série 4902 avec des joints en PTFE, tenue à 130° C
- chez adgvalve.com, les vannes à sphère série 1010 avec des joints en "PTFE chargé de fibre de verre", TMS [Température Maximum de Service] 180° C.



E) BOBINE DOUBLE ACIER GALVA L = 100 mm



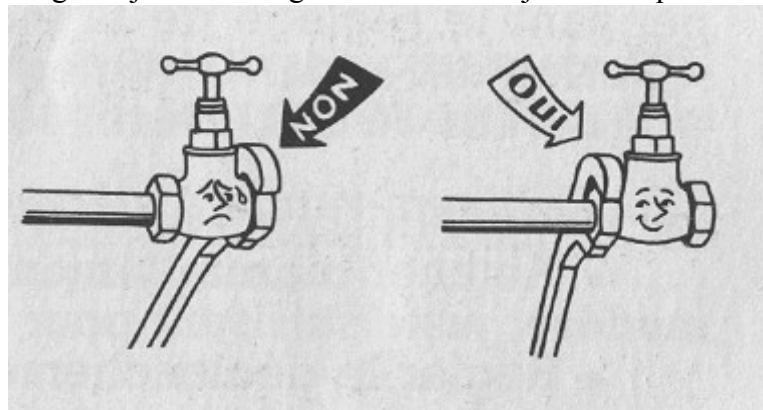
F) ETANCHEITE ET COUPLE DE SERRAGE DES FILETAGES 1 1/2"

Tous les filetages des composants retenus pour les raccordements entre l'évaporateur, le réacteur et le condenseur sont à filetage Gaz conique, dont l'étanchéité s'effectue dans le filetage à l'aide d'un ruban Téflon, hormis le cas spécifique du raccord union .

Concernant le couple de serrage des raccords filetés, la documentation técalémit.fr / guide technique / couples de serrage préconise, pour les filetages Gaz = BSP, un couple de 215-365 N/m pour les raccords 1 1/2", et 140-280 N/m pour les raccords 1 1/4". Si l'on ne dispose pas d'une clé dynamométrique adaptée, il est toujours possible de fixer par tous moyens une rallonge sur la clé en cours d'utilisation lorsqu'elle est en position quelque peu horizontale, d'y repérer la distance de 1 mètre à partir de l'axe du filetage, et d'y suspendre un poids de ≈ 20 kg pour 215 N/m, ou 13,5 kg pour 140N/m , etc... c'est certainement aussi bien que de serrer "à bloc"...Pendant les serrages, soutenir les raccords en cours de serrage pour ne pas créer un effet de bras de levier que les soudures des bossages n'apprécieraient pas (alors qu'elles supportent très bien un effort en torsion)

Concernant le serrage du joint élastomère des raccords à compression, la documentation Gebo préconise un couple de 140 Nm, mais il s'agit de joints rectangulaires et non de joints toriques.

Concernant le serrage des robinets, les conseils du catalogue Sergot / La maîtrise des éléments restent toujours d'actualité. Attention notamment aux filetages mâles trop longs qui endommageraient le mécanisme du robinet.



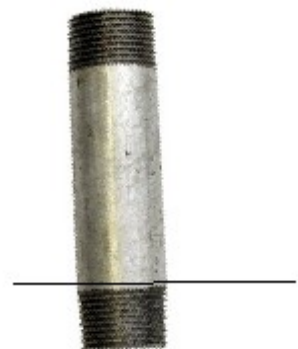
Si l'orientation d'un coude ou d'un raccord n'est pas satisfaisant une fois le serrage achevé, on peut éventuellement raccourcir le filetage mâle, et/ou le prolonger d'un ou deux tours à l'aide d'une filière de plombier

§ 3 DU REACTEUR AU CONDENSEUR

A) BOBINE 200 MM à RECOUPER

à souder rigoureusement perpendiculairement à l'axe du réacteur

B) TE EN FONTE GALVA



C) MAMELON REDUIT MÂLE-MÂLE EN FONTE GALVA 1 ½" - 1 ¼"

L'étanchéité s'effectue dans le filet conique, avec du ruban Teflon

Il existe des raccords en laiton mais dont le filetage est cylindrique et non conique, ce qui pose des problèmes d'étanchéité (inutile de multiplier les épaisseurs de Teflon).



D) ROBINET À SPHÈRE QUART DE TOUR F F 1 ¼"

Idem le robinet précédent, mais en 1 ¼"

E) TUBE CUIVRE Ø 40MM EXTERIEUR

Pour disposer d'un peu de souplesse dans l'agencement entre l'évaporateur, le réacteur et le condenseur, on peut installer ici un tube de cuivre Ø 40 mm extérieur, entre deux raccords à compression pour tuyau PEHD

Raccord laiton à compression pour tube PEHD Ø ext 40 filetage mâle 1 ¼"

Tube cuivre Ø 40 mm extérieur.

On peut se procurer des longueurs de 1.00 m dans les magasins de bricolage. Veiller à l'état de surface extérieur, et au chanfrein pour faciliter la mise en œuvre. Lubrification ?

Raccord laiton à compression pour tube PEHD Ø ext 40 filetage femelle 1 ¼"

Il serait prudent de prévoir immédiatement des joints toriques de rechange qui tiennent à la température des vapeurs de désorption.

F) COUDE UNION FEMELLE FEMELLE A JIONT CONIQUE

G) BOSSAGE 1 ¼" SUR LE CONDENSEUR

soudé par le chaudronnier ; la conduite descendante doit être rigoureusement parallèle à l'axe du condenseur



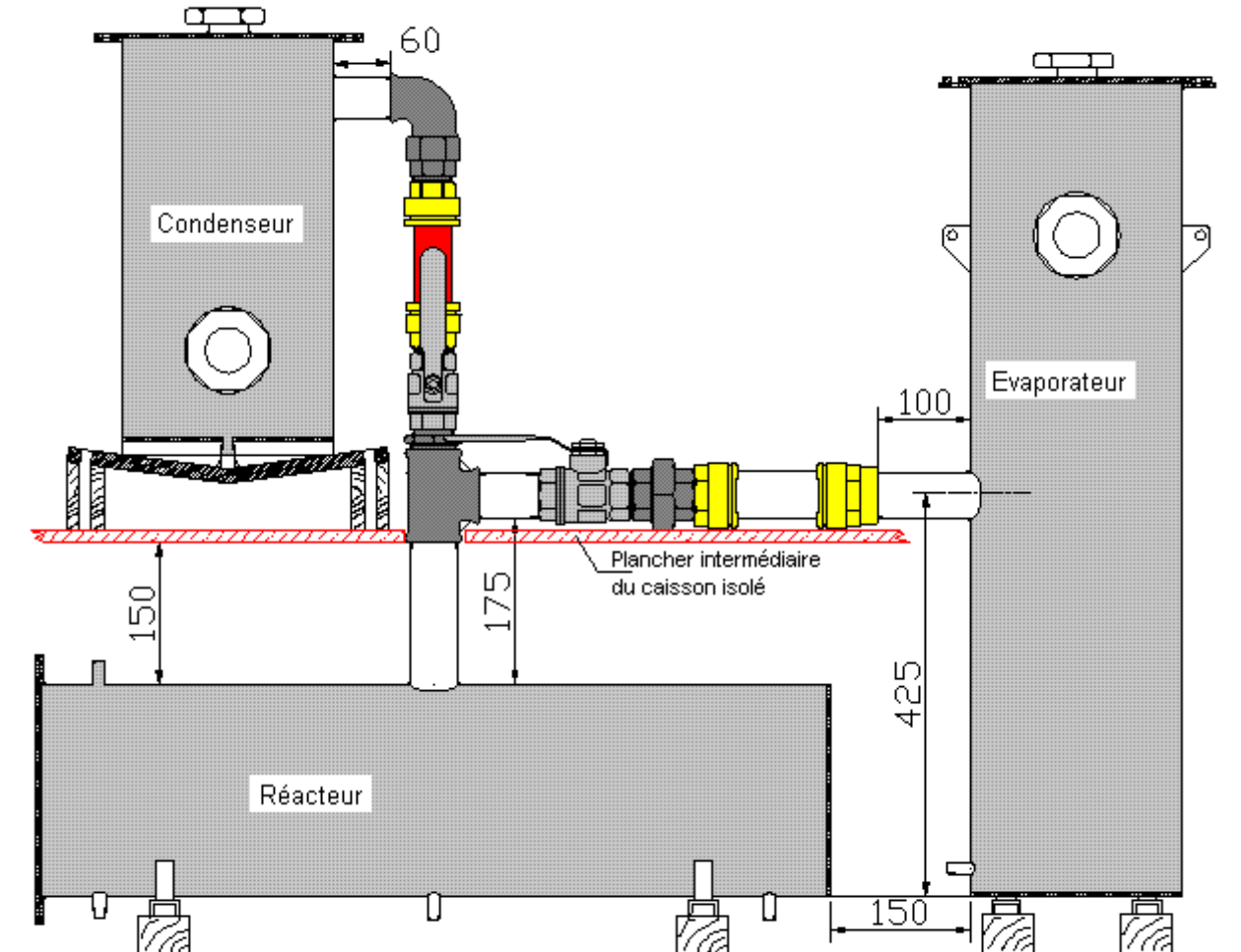
§ 4 POUR FACILITER LE POSITIONNEMENT DES BOSSAGES AVANT SOUDAGE ,

on peut le cas échéant préparer un petit tube 1 ¼" L = 300 mm et un petit tube 1 ½" L = 330 mm à couper et fileter.

Le condenseur reposera sur le caisson isolé en contreplaqué entourant le réacteur et l'évaporateur , voir section IX

§ 5 VUE D'ENSEMBLE

Vue d'ensemble des trois principaux composants de la machine à glace



§ 6 LES RACCORDEMENTS EAU ET VAPEUR DU REACTEUR

Pour la traversée du couvercle, faire un gabarit en contreplaqué avant de percer le couvercle et de braser les entrée/sorties de l'échangeur. Par prudence, il serait possible dans un premier temps de soudo-braser un manchon en cuivre dépassant à l'extérieur du couvercle, de mettre en place l'échangeur, puis d'effectuer une brasure argent 40 % entre les manchons et les sorties de l'échangeur (refendre l'extrémité du manchon pour effectuer une pince sur le tube de l'échangeur ; quelques percements Ø 4 mm en extrémité du manchon faciliteront le brasage, cf la fabrication de la pompe alimentaire du capteur).

Braser des raccords fer-cuivre à joint plat en entrées/sorties de l'échangeur.

Après les raccords fer-cuivre, une solution assez simple consiste à faire des raccordements en tuyau souple de vapeur jusqu'à l'extérieur du caisson isolé, où les différents branchements et/ou robinets seront regroupés sur une platine. Pendant les périodes de non utilisation, ou en cas de transport, la platine est déposée, et les flexibles sont rentrés à l'intérieur du caisson.

Au sujet des problèmes de sertissage des tuyaux de vapeur, voir "étude du circuit de vapeur" en première partie.

Pour les raccordements au circuit d'eau froide et/ou au circuit de vapeur, on peut soit envisager le que conducteur débranche et rebranche les raccordements, ce qui reste admissible dans un premier temps dans le cadre d'un prototype, soit envisager la solution plus professionnelle des vannes trois-voies.

La régulation de la vapeur s'effectue avec le même dispositif que pour la plaque chauffante.

Dans le cas de la plaque chauffante, une pression de trois à cinq bar environ suffisait pour la cuisson et la stérilisation médicale. Dans le cas de la machine à glace, il y aura toujours intérêt à fonctionner avec le niveau de température/pression le plus élevé possible permis par l'installation, à savoir soit les 6 bar réglementaires de PMS Pression Maximale de Service du tuyau souple de vapeur, soit les limites de la chaudière, voir les abaques de désorption. Et l'on sait aussi que le capteur peut facilement dépasser le seuil des 6 bar.

Rappel : installer sur le corps de l'évaporateur une soupape de sécurité identique à celle du bouilleur, mais tarée à 1 bar.

Les bossages non utilisés sont à obturer

§ 7 LES RACCORDEMENTS DU CONDENSEUR

On a le choix entre la pompe "fontaine de jardin", ou une alimentation gravitaire.

Robinet casse vide : on peut préférer un robinet à soupape (c'est à dire : à visser) ou à pointeau, pour éviter les manœuvres brusques. Equiper le robinet d'un coude à 180° dirigé vers le bas.

Soupape de sécurité : idem soupape du bouilleur, mais tarée à 1 bar.

Refroidissement adiabatique, le cas échéant : entourer le condenseur par un textile maintenu par un collier Serflex de grand diamètre (vendu au mètre) auquel est fixée également une petite longueur de tuyau d'arrosage "goutte à goutte".

SECTION VIII

ETUDE DU VIDE

Les capacités d'adsorption/désorption de la zéolite sont fonction de la température et de la pression. Le vide est indispensable à un bon fonctionnement de la machine à glace. Il s'agit ici de relier l'évaporateur, le réacteur et le condenseur à une petite pompe à vide.

La machine à glace fonctionne en circuit ouvert, c'est à dire qu'à chaque séance d'adsorption et à chaque séance de désorption la machine est à mettre sous vide. C'est un choix initial délibéré, qui ne peut désormais plus être remis en cause. Dans d'autres types d'installations de froid par absorption, le vide n'est effectué qu'une fois pour toutes à la mise en route de l'installation. Mais en cas de problème, l'utilisateur se trouve complètement désarmé devant la "boite noire" qui refuse de fonctionner, alors qu'en tirant au vide deux fois par jour, l'utilisateur "apprivoise" le vide, et le diagnostic en cas de problème est beaucoup plus rapide. Temps Moyen de Réparation, ou Temps Moyen entre Pannes, la discussion est ouverte...(voir MTBF et MTTR sur Wikipedia)

§ 1 TUBES, TUYAUX ET RACCORDS

En pratique, le matériel courant pour le vide fait partie de la caisse à outils des frigoristes et installateurs de climatisation. Pour des raisons historico-commerciales, les diamètres des tubes de cuivre sont en pouces, et les raccords utilisés sont du type SAE Flare. Le filetage SAE (Society of Automotive Engineer) est différent du filetage américain pour les tubes acier NPT National Pipe Thread, qui lui même est différent du filetage BSP British Standard Pipe = filetage Gaz utilisé en France. "Flare" signifie "évasement", l'étanchéité est assurée par le contact métal sur métal de deux profils coniques à 45°, l'un male l'autre femelle

..

On fait ici le choix

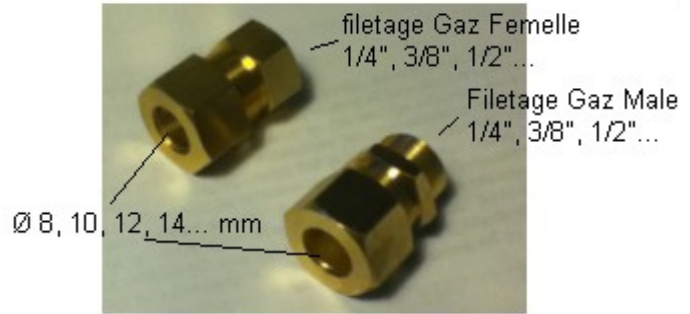
- pour les tubes cuivre, de la série "métrique" (\varnothing 6,8,10,12,14... mm extérieur)
- pour les raccords, des raccords "bicone", dits aussi "raccords à olives"

L'utilisation des raccords bicone avait été exclue pour la vapeur. En effet sur l'installation de cuisson, certains raccords pourraient être manipulés par l'utilisateur, par exemple pour changer le dispositif de cuisson, et le raccord à joint plat, infiniment réutilisable pour peu que l'on change le joint, paraît plus adapté.

Dans le cas du circuit de vide, d'une part le raccord n'a pas à être manipulé, la déformation du métal à chaque réutilisation est donc sans importance, et d'autre part, la pression extérieure atmosphérique pousserait le joint plat vers l'intérieur du raccord, alors que dans le cas de la vapeur la pression pousse le chant extérieur du joint contre la paroi du raccord.

Les tubes cuivre série métrique et les raccords bicones sont disponibles dans tous les magasins de bricolage au rayon plomberie, par exemple Castorama ref 511934, 511976. Il existe des raccords union bicones égal pour rabouter deux tubes, (511883) et des coudes bicones (511878)

On retient en tube cuivre le \varnothing 10 mm extérieur (ce choix reste à justifier), et pour les raccords bicones le filetage Gaz 3/8". Noter que pour un même diamètre de tube, il y a différentes dimensions de filetage : \varnothing 10 mm/ G 1/4", ou bien \varnothing 10mm/Gaz 3/8" , Male ou Femelle....



quelques remarques au sujet de ces raccords

- Ne pas confondre avec les raccords à joint sphéro-côniques
- ne pas confondre l'extrémité "cone" avec l'extrémité "Male", les deux filetages étant parfois identiques chez certains fabricants
- Couple de serrage : l'utilisation d'une clé dynamométrique n'est pas usuelle en plomberie, son utilisation éviterait pourtant bien de déboires (on en trouve chez les revendeurs de bicyclettes en carbone). Faire au moins quelques essais préalables de serrage du bicône. Usuellement le tube de cuivre est très légèrement rétreint, le bicône est donc désormais prisonnier du tube, mais cela n'empêche pas quelques démontages / remontages du raccord si le premier serrage n'a pas été excessif.. Il est possible d' acheter séparément les olives.
- Dans le cas des raccords avec filetage 3/8" Femelle que l'on visse sur un filetage mâle conique, notamment sur les bossages acier soudés par le chaudronnier, il arrive que le raccord mâle, vienne en butée au fond du raccord femelle avant d'obtenir l'étanchéité souhaitée dans le filet. On peut alors raccourcir le filetage male à la scie ou à la lime, et/ou poursuivre le filetage avec une filière cônique.
- dans le cas des raccords en laiton avec filetage 3/8" mâle *cylindrique* que l'on visse sur un filetage

femelle *cylindrique*, *il ne peut pas* y avoir d'étanchéité dans le filet, même en multipliant les tours de ruban Téflon. La solution pourrait être le joint plat si le raccord opposé s'y prête (surface d'appui correcte et suffisamment large), mais on a vu ci dessus que ce n'est pas adéquat pour le vide En dernier recours on peut utiliser un produit d'étanchéité du type Filetanche ou autre, mais c'est un cas de figure qu'il faut éviter autant que possible. Ce sera probablement le cas pour le raccordement avec les robinets.

-Prendre garde aux tubes déformés, et garder un peu de surlongueur dans les tubes pour pouvoir les recouper ultérieurement si besoin.

§ 2 LES TROIS PRISES DE VIDE

Rappel : les incondensables sont à piéger dans une zone froide et calme, en bas des récipients

A) Evaporateur

Les bacs à glace sont empilés dans un panier en fil descendu par l'utilisateur dans l'évaporateur. En bas de l'évaporateur, le panier ne repose pas directement au fond du récipient, mais sur un petit trépied en fil, comme ceux utilisés pour surélever les paniers de cuisson dans les autocuiseurs ménagers. Déposer une petite plaque d'alu sur le trépied, d'un diamètre inférieur au diamètre intérieur du récipient, et placée au dessus de la prise de vide

B) Réacteur

Le réacteur est équipé de deux prises de vide, mais la configuration des réfrigérants d'air n'est pas très précise pour le moment. Les zones froides sont les deux tubes inférieurs d'arrivée d'eau froide, et, à l'opposé, les deux coudes de retour inférieurs, à couvrir par une tole de cuivre.

C) Condenseur. Cf l'étude du condenseur.

§ 3- LE CIRCUIT DE VIDE ET LE MANIFOLD

Les prises de vide sont reliées par du tube cuivre Ø 10 ext à un manifold. Les tubes cuivre sont à amarrer sur les chevrons du caisson isolé avec des colliers de plomberie. Les novices ont avantage à faire avec les tubes de grandes boucles qui permettent de la souplesse dans la mise en œuvre.

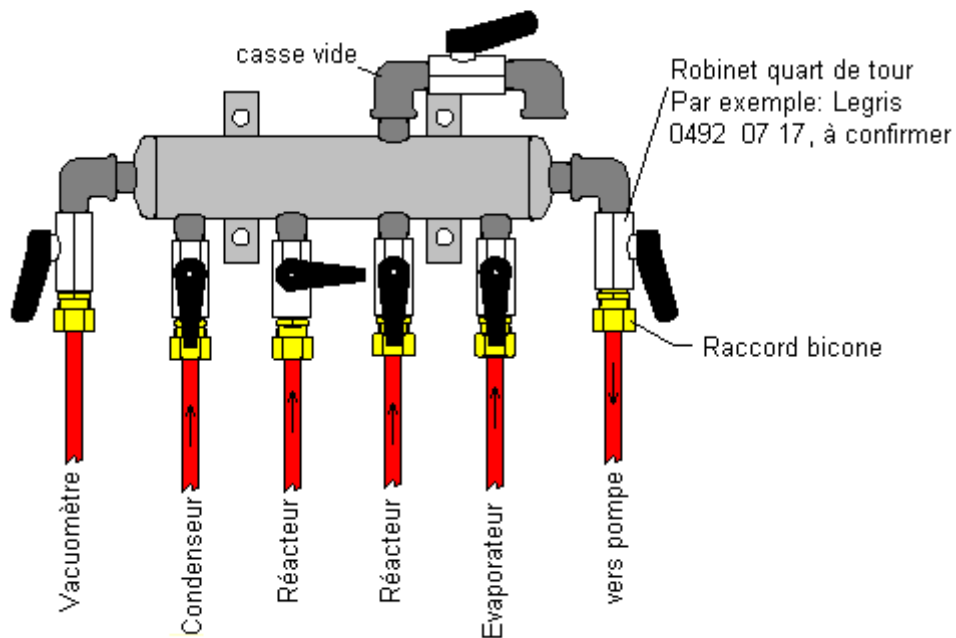
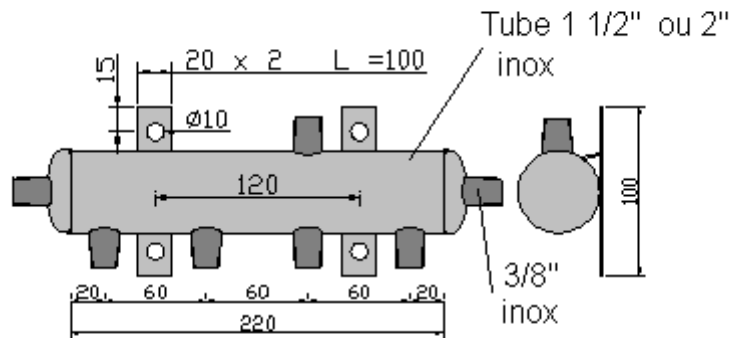
Le manifold (dit "clarinette" chez les plombiers) est le point de rencontre

- des quatre arrivées de vide avec leurs quatre robinets
- du départ vers la pompe
 - de la prise pour le vacuomètre digital
 - d'une prise pour robinet casse vide

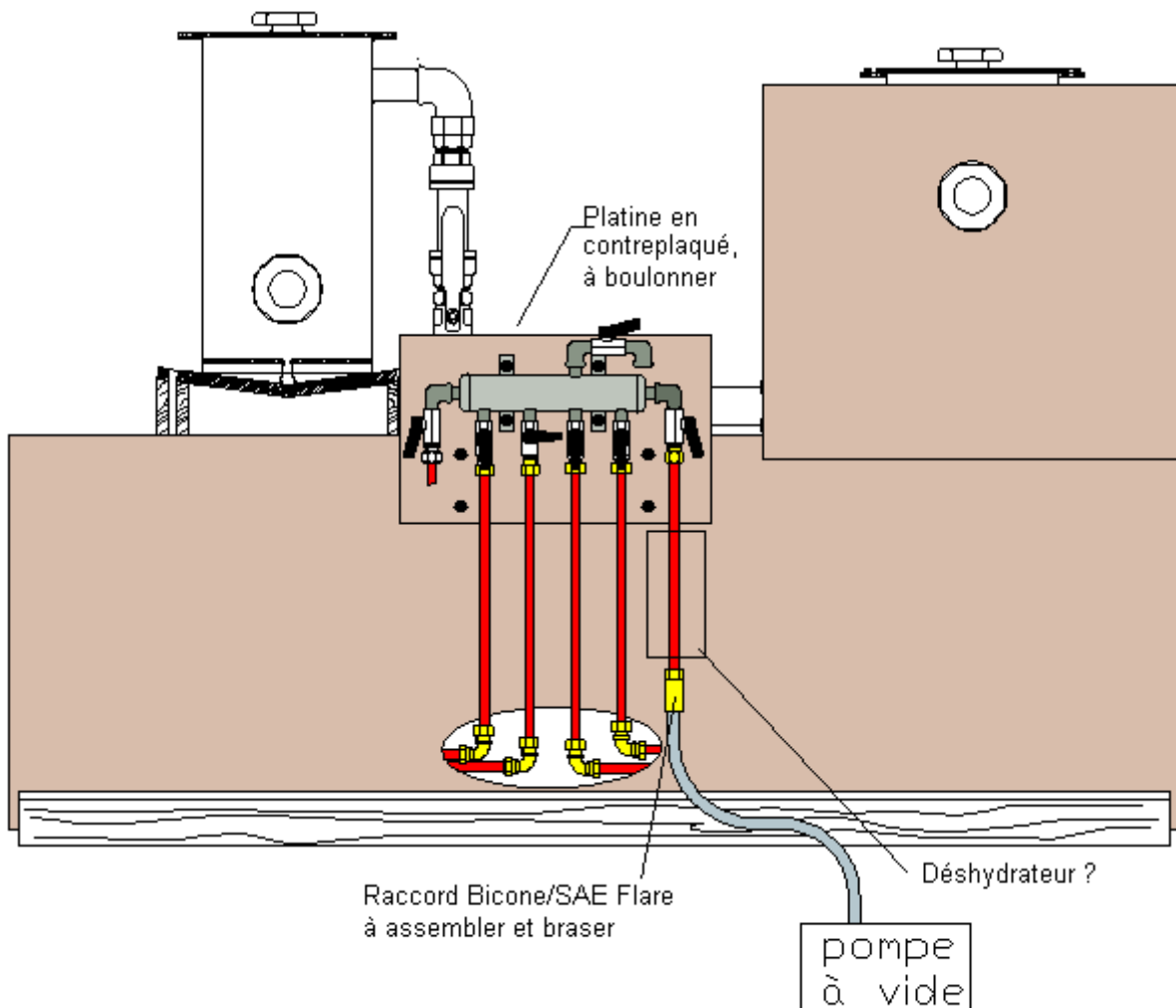
Le manifold est fabriqué par tous moyens (soudage, soudo-brasage, de préférence par un professionnel), et fixé sur une platine elle même fixée sur le plancher intermédiaire du caisson, face au conducteur, entre l'évaporateur et le condenseur.

La pompe à vide est simplement posée au sol. La canalisation entre le manifold et la pompe pourrait avantageusement être en cuivre autant que possible, pour n'avoir ensuite qu'une courte longueur flexible jusqu'à la pompe

Manifold



Installation de la platine sur le caisson isolé



§ 4 LA POMPE ET LE VACUOMETRE

On peut se procurer une pompe à vide chez les revendeurs de matériel pour frigoristes, par exemple hardeman-outillage. Un modèle de base, monoétagé, sans vacuomètre ni électrovanne devrait convenir, à confirmer.

- Prévoir une (grande) bouteille d'huile
- Flexible (Hardeman-outillage / Manifolds et accessoires / Flexibles / Flexible pour tirage au vide) - Une longueur de 90 cm conviendrait. Le flexible est équipé de deux raccords SAE femelle, sous réserve de vérification.



- approvisionner plusieurs raccords SAE 1/4" double male, dont une extrémité est à braser pour adaptation aux raccords et filetages BSP-Gaz (Hardeman-outillage /raccords et adaptateurs / raccords unions double male / raccords jonction 1/4" SAE).

Le vacuomètre électronique est au conducteur de la machine à glace ce qu'est le compas pour le marin. Il n'empêche pas les erreurs, mais sans lui on partirait à l'aventure. Hardeman-outillage / Manifolds et accessoires/ vacuomètres / vacuomètre électronique Mastercool 98061



SAE Flare
1/4" M et F



Un petit contrôleur de consommation électrique (15 Euros) permettra de connaître exactement la consommation de la pompe à vide



§ 5 LE SECHAGE DES CONDENSATS

Le talon d'Achille du dispositif ci dessus est que les pompes à vide, très performantes, sont des pompes à palette à huile. Leur rôle est de pomper les incondensables, mais si les incondensables ne sont pas pompés au bon endroit, ou si la pompe continue à travailler une fois que tous les incondensables sont évacués, alors de la vapeur d'eau se mêle à l'huile pour former un émulsion du type mayonnaise nuisible au fonctionnement de la pompe.

Comment savoir si l'on pompe de l'air ou de la vapeur ?

Si l'on pompe de la vapeur, comment l'éliminer ?

Si de la vapeur a formé une émulsion avec l'huile, comment régénérer l'huile ?

Il n'y a pas à ce jour de réponse très tranchée à toutes ces questions.

Pour éliminer la vapeur contenue dans les incondensables, on pourrait les faire transiter le circuit de vide par un refroidisseur pour condenser la vapeur, l'idéal étant de disposer d'une source froide... plus froide que la source froide principale. Un petit refroidisseur adiabatique serait-il un élément de solution, pour condenser la vapeur échappée avec les incondensables?.

Il existe des absorbeurs d'humidité (silica-gel ou autres) qu'il serait possible d'insérer dans une cartouche dans le circuit de vide. Certains absorbeurs virent de couleur lorsqu'ils sont chargés d'eau, la cartouche pourrait être constituée d'un tube PVC transparent. Noter que les quantités d'eau sont sans commune mesure avec celles qui sont recueillies au condenseur., et avec le capteur on dispose de la source chaude permettant de régénérer l'absorbeur d'humidité..

SECTION IX

ETUDE DU CAISSON ISOLE

Le propos est de disposer d'une plate forme pour l'agencement des composants et d'un caisson isolant qui tient lieu aussi de caisse de transport si besoin.

Le caisson est en deux parties, une partie inférieure jusqu'à la sous-face du raccordement entre l'évaporateur et le réacteur, et une partie supérieure.

L'isolation est à réaliser au choix avec de la laine de verre ou de la vermiculite.

L'épaisseur uniforme de contreplaqué est de 12 mm. Utiliser de préférence du contreplaqué "extérieur", dont la colle résiste à l'humidité.

§ 1 LE PLANCHER INFERIEUR

Chevrons 60 x 60 sous plancher : deux de 1510, et deux de 390 mm

Chevrons 60 x 60 sous réacteur et évaporateur : quatre de 510 mm

Contreplaqué 12 mm "extérieur" pour plancher inférieur 1 plaque 1510 x 520

§ 2 LA PARTIE INFERIEURE DU CAISSON

Contreplaqué 12 mm pour les cotés : deux de 1510 x 485, et deux de 544 x 485

Chevrons 60 x 30 pour lisse périphérique intermédiaire : deux de 1510 et deux de 450

Contreplaqué 12 mm pour plancher intermédiaire 520 x 1050 environ, à recouper en deux et à échancre pour le passage de la sortie du réacteur.

Installer quatre poignées en cordes sur les grands côtés (cf la caisse de miroirs), assez proches du plancher intermédiaire en raison du centre de gravité qui est assez élevé

§ 3 LA PARTIE SUPERIEURE DU CAISSON

Evaporateur

Contreplaqué 12 mm pour les "grands" cotés : deux de 545 x 490 h

pour le petit coté extérieur: un de 520 x 490 h

pour le petit coté intérieur un de 520 x 458 h, à échancre

Chevrons pour assemblage.

Condenseur

Support du condenseur : deux chevrons de 510 mm

Si besoin, pour les périodes de non utilisation ou de transport, il sera possible de confectionner une partie supérieure de caisson pour le condenseur, identique à celle de l'évaporateur, à visser sur la lisse périphérique du plancher intermédiaire.

Vue d'ensemble
du caisson
isolé

