FICHE TECHNIQUE
USINAGE ROTOR TURBINE

FTe07

1. AVANT PROPOS

Avant de se lancer il convient de connaître quelques principes sur ce type de turbine de la famille des turbines à action.

Une turbine à action comprend deux sous-ensembles :

- un stator à ailettes ou bien des injecteurs. Ce sous-ensemble a pour rôle de transformer « l'énergie de pression » en « énergie de vitesse » et d'injecter à très grande vitesse le fluide (vapeur) sur les aubages du rotor avec un angle optimal
- un rotor mobile autour de son axe. Le fluide rentre sur le bord d'attaque de l'aubage et en ressort symétriquement en sens opposé. Pour un usage amateur on peut se satisfaire de deux portions d'arc de cercle.

On notera que les deux faces du rotor sont à la même pression, qui est celle de l'échappement. Les problèmes d'étanchéité sont ainsi considérablement simplifiés.

Une turbine à action comporte un injecteur qui transforme la pression du fluide en vitesse. (Imaginer une lance d'arrosage de jardin). La vitesse de la vapeur est limitée par la loi qui conditionne l'écoulement au travers d'un injecteur. Le lecteur intéressé pourra se reporter à la fiche technique sur les injecteurs gaz.
Le jet de fluide va communiquer sa quantité de mouvement au rotor. Par l'effet de sa détente à la sortie de l'ajutage de l'injecteur la vapeur va brutalement se refroidir. Si elle se refroidit au point de se condenser totalement cela va mal se passer car à masses égales l'eau occupe un volume presque 900 fois moindre que la même masse de vapeur. La conséquence est que la vitesse d'écoulement tombe presque à zéro. On vient de réinventer les roues des moulins à eau du moyen-âge.

La conséquence est que l'on doit **fournir de la vapeur surchauffée à haute pression. On devra aussi préchauffer la turbine avant le démarrage**.

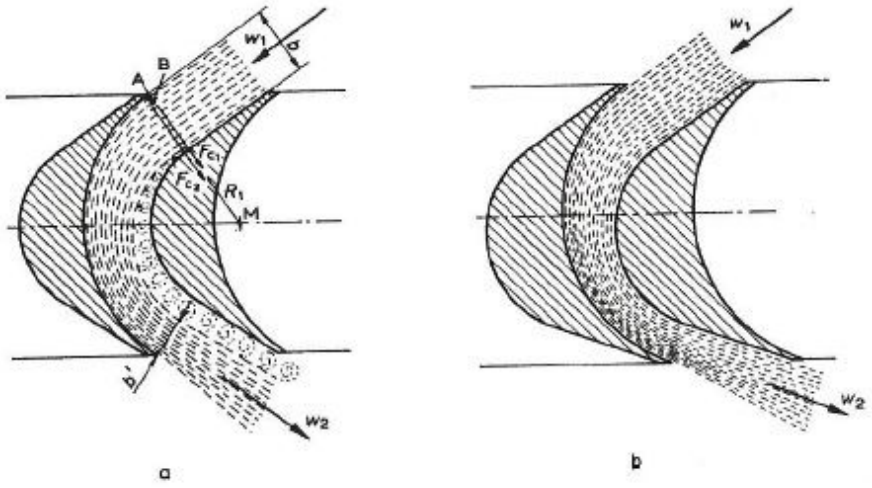
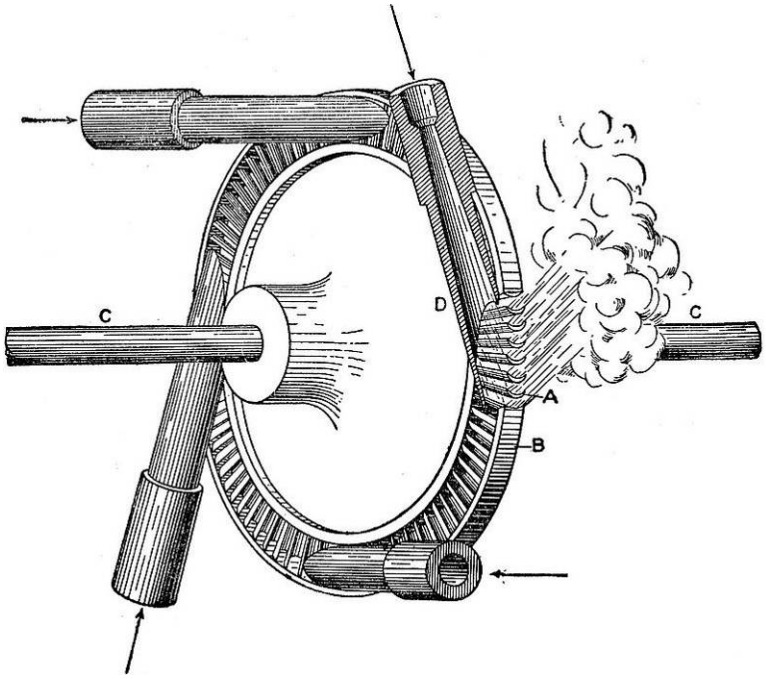


FIGURE 6.4 – principe turbine d'action

*Ce document est la propriété de **VAPEUR 45**. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de **VAPEUR 45***

Turbine à injecteurs De Laval



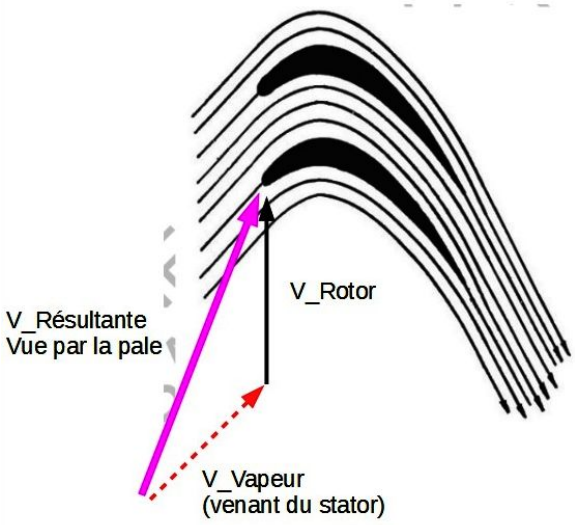
En simplifiant grossièrement on peut dire qu'à l'équilibre la vitesse périphérique des pales est égale à la vitesse du fluide. Ces turbines ont donc une très grande vitesse de rotation.

Les conséquences :

- Ces turbines ont un couple moteur faible, il faudra leur adjoindre une démultiplication de vitesse.
- Elles consomment de grandes quantité de vapeur, donc inutile de faire des augets (pales) immenses, la chaudière ne suivrait pas la demande en vapeur.

1.1. Angle d'incidence d'injection

L'angle d'incidence vu par la pale aura un effet sur le rendement de ce profil. Mais il faut être conscient que la pale se déplace à grande vitesse et donc que la vitesse résultante est la composition de sa vitesse de déplacement et de la vitesse de la vapeur.
Lors du prototypage on aura intérêt a essayer plusieurs angles pour l'injecteur.
On notera qu'une turbine va subir une poussée axiale qu'il faudra reprendre mécaniquement.



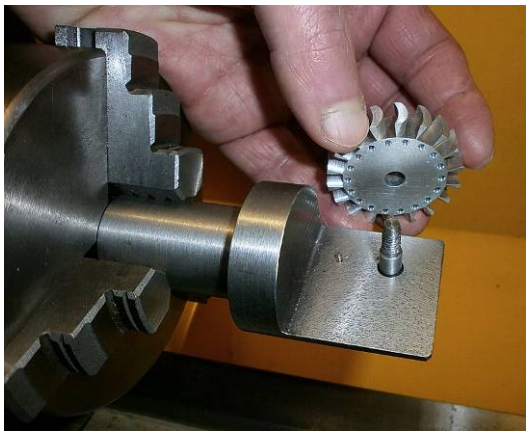
*Ce document est la propriété de **VAPEUR 45**. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de **VAPEUR 45***

2. COMMENT REALISER LE ROTOR DE LA TURBINE

Le rotor c'est le cœur de la turbine. Il est possible de réaliser un disque de métal et d'y insérer des lames en guise de pales, mais pour une efficacité maximale, le rotor doit être usiné dans la masse.
Nous avons exploré une voie intermédiaire, l'idée directrice étant de faire un trépanage au tour. Débutants s'abstenir! Après pas mal de réflexions et quelques essais nous vous présentons une méthode complètement documentée et qui fonctionne.

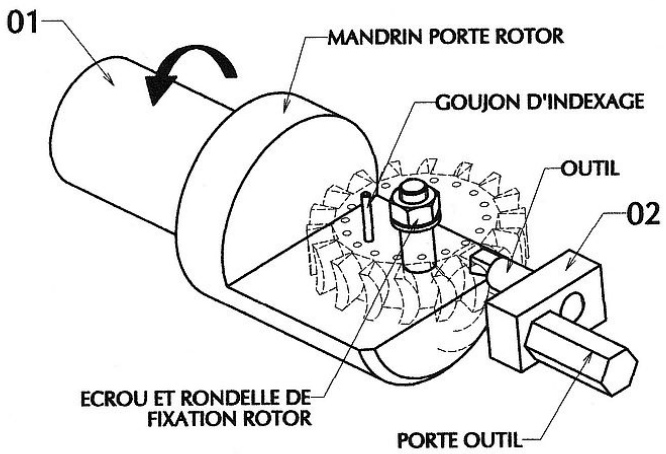
Cette méthode est dans les capacités des machines outils dont nous disposons. Le point de départ en aura été une méthode développée dans l'article du journal "Popular science" N°142 de février 1961, article d'Herbert R.PFISTER "Comment construire une turbine à vapeur pour le SAVANNAH", vous trouverez l'article en suivant le lien :
https://books.google.fr/books?id=ZyYDAAAAMBAJ&pg=PA142&lpg=PA142&dq=Herbert+R.PFISTER+turbine&source=bl&ots=hXTLE9Xi6V&sig=ACfU3U1MUbiTpONm_fljCBhAFWIymlsG6w&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwjOyZC1pIzwAhUD1BoKHcqKAsMQ6AEwDnoECBYQAw#v=onepage&q=Herbert%20R.PFISTER%20turbine&f=false

Pour l'usinage du rotor, nous réaliserons deux gabarits, un pour l'indexation du pas des ailettes, que nous appellerons, "mandrin porte rotor" repère **01** et un "porte outil" repère **02** avec son outil de forme, spécifique pour le taillage des ailettes. La réalisation de l'outil à trépaner est le point délicat de l'affaire.



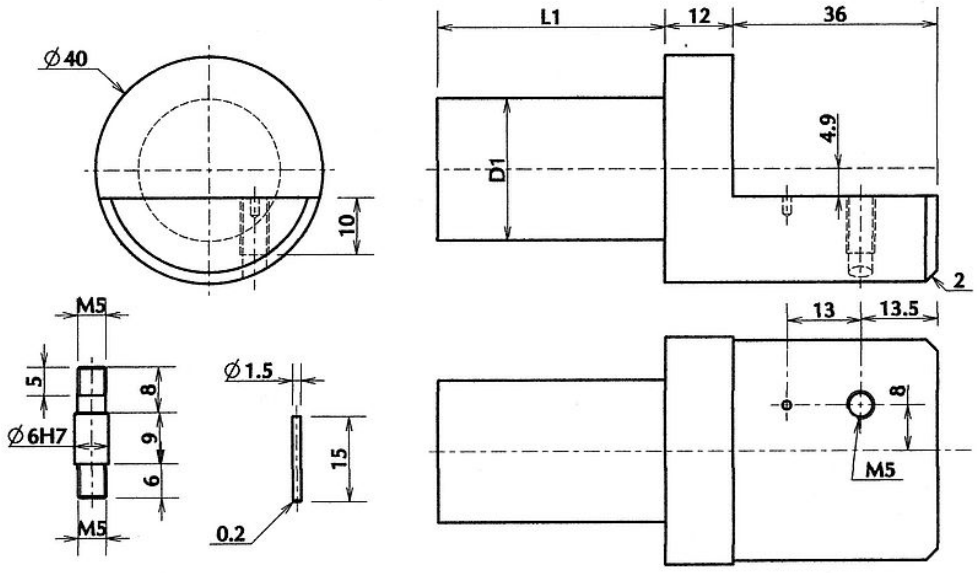
Le rotor que nous allons usiner fait 40 mm de diamètre et 9,8 mm d'épaisseur. Il comporte 18 ailettes.

La vue ci-dessous nous montre le montage des éléments, le mandrin porte rotor est à placer dans le mandrin 3 mors du tour. Pour le positionnement latéral de l'outil, soit vous utilisez le porte outil qui positionnera correctement l'outil dans la position latérale, ce porte outil sera positionné dans le mandrin de la poupée mobile, soit comme sur les photos suivantes, monté directement sur le porte outil du tour, mais dans ce cas, un réglage latéral sera à prévoir.

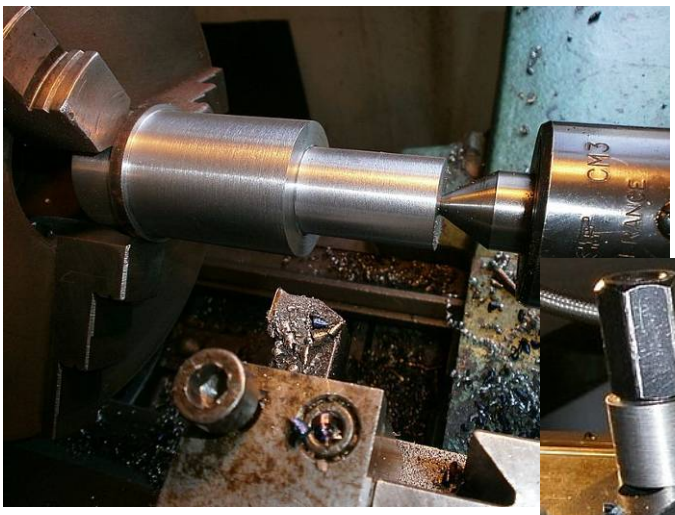


*Ce document est la propriété de **VAPEUR 45**. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de **VAPEUR 45***

3. USINAGE DU MANDRIN PORTE ROTOR



Le mandrin est réalisé à partir d'un jet d'acier ou de laiton de diamètre 45 longueur 90 mm. Les cotes **D1** et **L1** sont laissées à votre appréciation en fonction du matériel dont vous disposez.

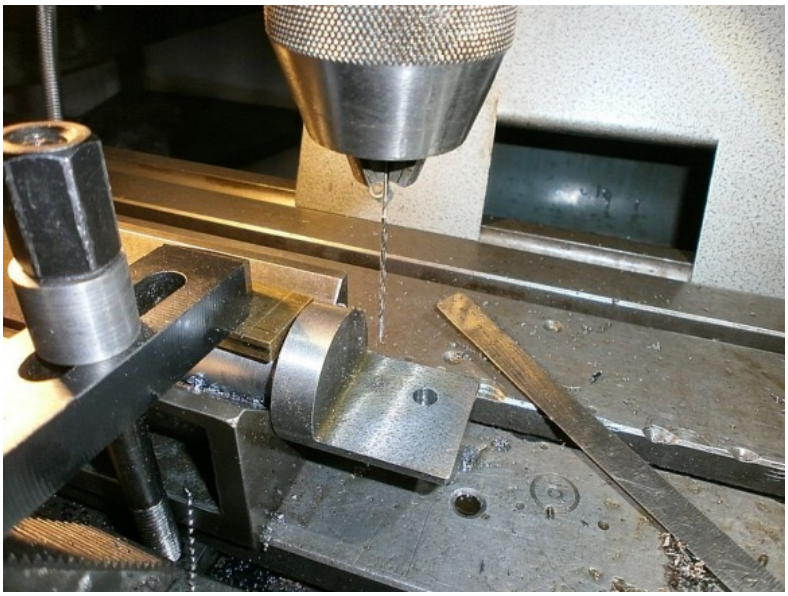


Après débitage, usinage au tour du mandrin et reprise en vé pour usinage de l'épaulement.

*Ce document est la propriété de **VAPEUR 45**. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de **VAPEUR 45***

FICHE TECHNIQUE
USINAGE ROTOR TURBINE

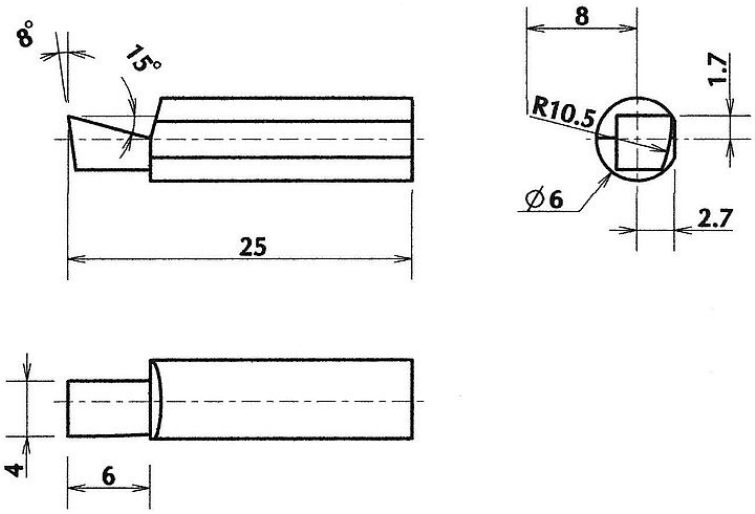
FTe07

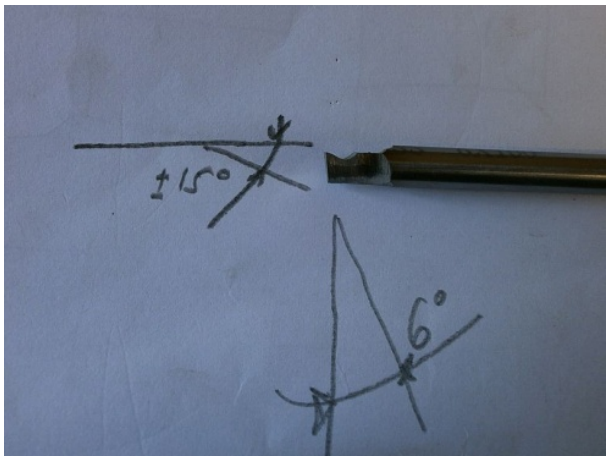


Pose sur vé de fraisage et contrôle de l'usinage de l'épaisseur à la cote 15,1mm. Pointage du trou de fixation de la turbine et du trou du pion puis perçage.

*Ce document est la propriété de **VAPEUR 45**. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de **VAPEUR 45***

4. OUTIL DE COUPE





Ci-dessus, présentation de l'outil de coupe.

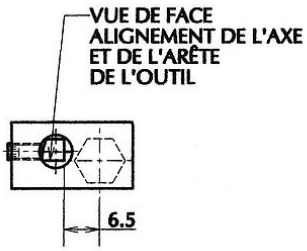
L'outil a été affûté à la main, la largeur du tranchant est de 4 mm. Attention au rayon de 10,5 mm, c'est le rayon de l'intrados de l'ailette.

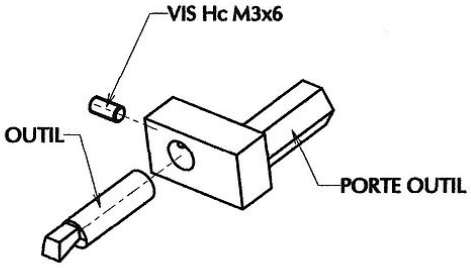
*Ce document est la propriété de **VAPEUR 45**. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de **VAPEUR 45***

5. POSITIONNEMENT DE L'OUTIL

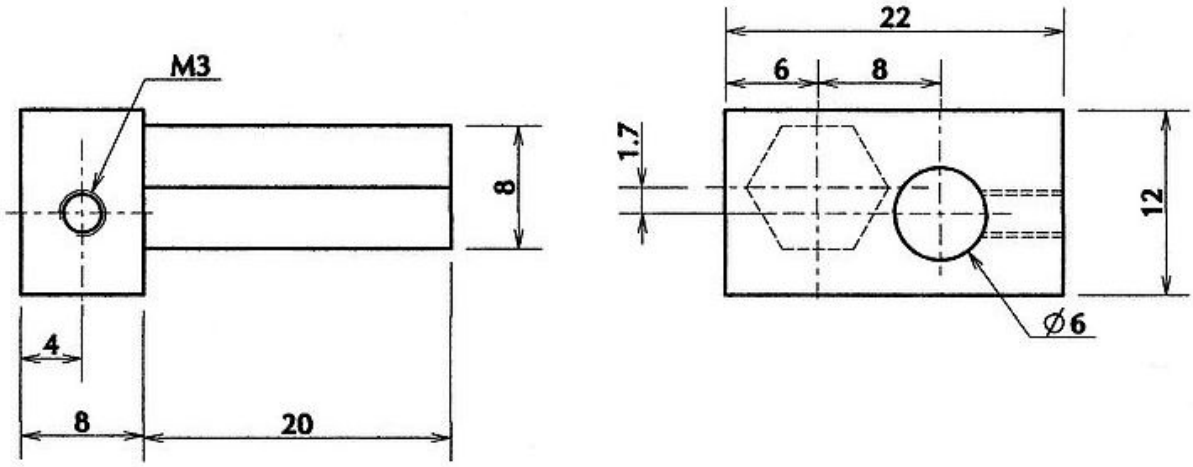
Comme déjà cité, deux possibilités de positionnement de l'outil, soit à l'aide du porte outil ou, manuellement comme montré sur les photos :

1/ Mise a l'horizontale de l'arrête coupante de l'outil et mise a hauteur de la pointe.
2/ Décalage de 6,5 mm du coté interne de l'outil, se servir d'un bout de rond de 13 mm effleurement = 6,5 de l'axe du tour.



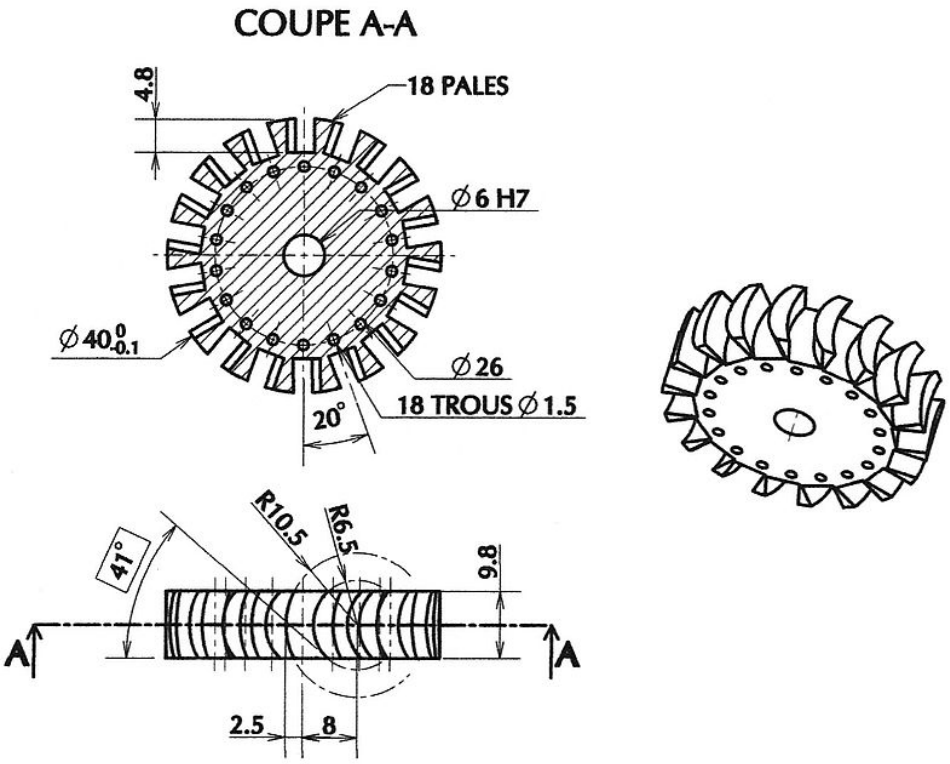


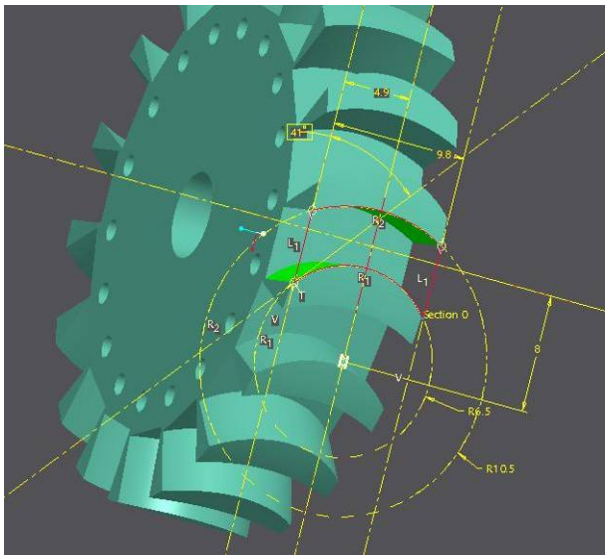
Ci-dessous, plan du porte outil



Ce document est la propriété de VAPEUR 45. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de VAPEUR 45

6. USINAGE DU ROTOR





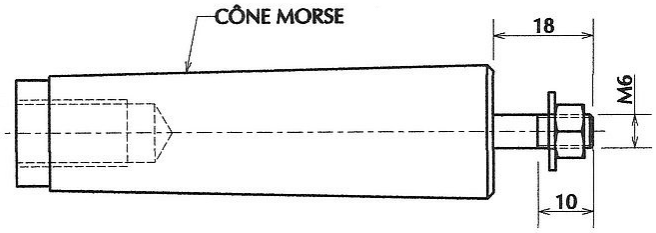
Epure de la turbine et tronçonnage de la pièce.

*Ce document est la propriété de **VAPEUR 45**. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de **VAPEUR 45***

FICHE TECHNIQUE
USINAGE ROTOR TURBINE

FTe07

Ébauche de la roue à 0,5 mm au dessus de la cote finale tronçonnage, mise à épaisseur en mors doux et alésage à 6H7. L'opération suivante consiste à réaliser, à partir d'un cône Morse *(2 ou 3 en fonction de votre matériel)* usinable, un embout de reprise au diamètre de l'alésage du rotor (6H7) (*à usiner sur la broche du tour)*.

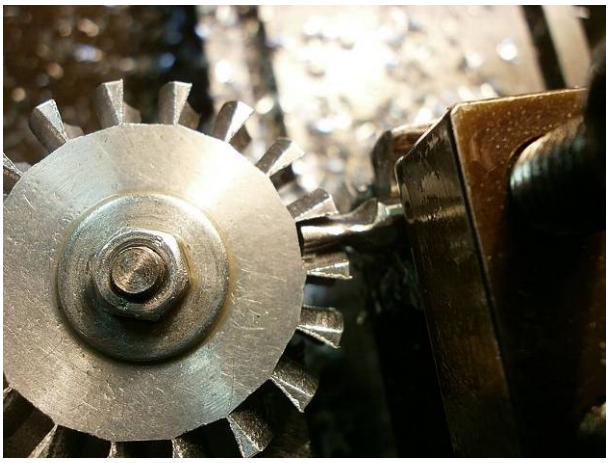


Placer la roue sur ce mandrin cône Morse ceci afin d'avoir une cylindricité parfaite et finir la roue au diamètre final fixé sur ce mandrin dans la broche du tour. Ce mandrin sera également utilisé sur le plateau diviseur pour les trous d'indexation diamètre 1,5 le tout est donc parfaitement concentrique.

La réalisation du trou d'indexation diamètre 1,5 se fera, soit au plateau diviseur, ou comme la méthode d'Herbert R.PFISTER à l'aide d'un engrenage de 18 dents ou multiple de 18.

*Ce document est la propriété de **VAPEUR 45**. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de **VAPEUR 45***

6.1. Mise en œuvre



Placer le rotor sur le mandrin porte rotor de manière à ce qu'un trou d'indexation s'adapte sur la goupille d'indexage. Fixez le rotor en position avec un écrou M5 sur le goujon fileté.

Quelque soit la méthode utilisé pour la fixation de l'outil, venir tangenter l'ébauche du rotor. Avancez lentement la poupée mobile (ou le chariot porte outil) pour effectuer la première coupe en forme d'arc dans l'ébauche du rotor et avancer l'outil, doucement, d'une profondeur de 4,8 mm

Au fur et à mesure que le tour tourne, le mandrin porte rotor fait basculer le bord de l'ébauche du rotor sur l'outil de coupe spécialement conçu et maintenu dans la contre-pointe (ou dans le porte outil). Prévoir une butée sur l'avance de l'outil afin d'obtenir une régularité dans l'usinage.

L'usinage se comporte bien avec une vitesse réglée à 100 tr/mn et une lubrification au pétrole.

Le rotor terminé avec ces 18 pales également espacées. La coupe de l'intrados des ailettes a été faite par l'outil en même temps qu'elle a façonné les pales.

*Ce document est la propriété de **VAPEUR 45**. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de **VAPEUR 45***