

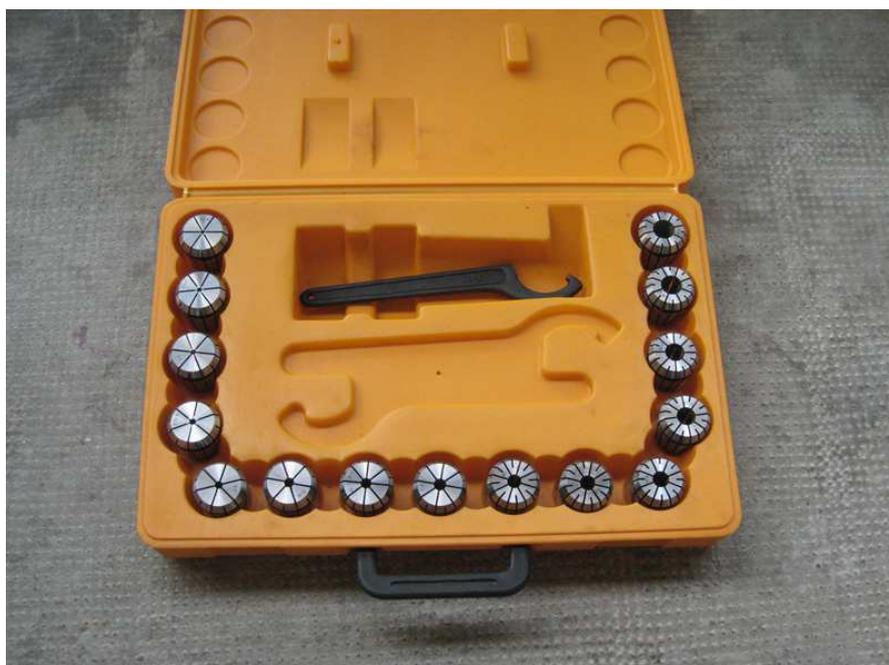
Fraiseuse X2 – Outillage et Accessoires

Pinces et Mandrins

Comme nous l'avons vu dans la description de la machine, la fraiseuse X2 est livrée avec un mandrin de perçage qui ne convient pas pour le fraisage.

Nous avons équipé nos machines d'un mandrin CM3 pour pincres ER32 et d'un jeu de pincres permettant le serrage de fraises de 1.5 à 20 mm

20 mm est aussi le diamètre du trou de la broche du tour SC2 ou les mêmes pincres sont utilisées.



Le coffret de pinces couvre les diamètres de 1.5 à 14 mm et j'ai complété jusqu'à 20 mm (Maximum dans la série ER32)

J'ai acheté en plus une 2^e pince de 16 mm. Nous en verrons l'utilisation dans le chapitre "Diviseur"

Je dispose aussi de 2 mandrins CM3 permettant le montage des fraises scies :

22 et 25.4 mm (1") Celui de 25.4 n'a pas de plats sur le corps pour une clé et le pas de l'écrou est à gauche. Je n'ai pas trouvé d'explication logique (Mais c'est anglais)

J'ai acheté ce mandrin à cause d'un lot de fraises scies de différentes épaisseurs achetées pas cher sur Ebay



Fraises

Fraises à surfacer

Fraise à plaquettes



Ce type de fraise convient pour les alliages légers ou la vitesse de rotation de la broche est relativement élevée.

Dans l'acier on est obligé de réduire la vitesse de 2 à 3 fois et les 3 dents "cognent"

On peut trouver des fraises avec plus de plaquettes mais elles sont chères et en général les arêtes de coupe des plaquettes ne sont pas tranchantes. Il faut les utiliser avec des fraiseuses plus puissantes et plus rigides que la X2

On voit sur la photo ci-dessus que les plaquettes sont tranchantes.

Fraise à trou



J'ai acheté une fraise à trou lisse marque Astra (16 mm) de diamètre 40 mm / 8 dents

Dans les alliages légers elle donne d'excellents résultats. Je ne l'ai pas encore testée pour usiner de l'acier.

La partie qui dépasse de la broche a une certaine longueur : 95 mm. Cela réduit un peu l'espace maximum disponible entre la table et la fraise. (Dans ce cas 194 mm) En contrepartie On peut surfacer une plaque relativement mince directement fixée sur la table de la machine avec des vis et des écrous en T

J'ai essayé de trouver un diamètre de 32 mm qui en principe existe et serait plus adaptée à la fraiseuse X2 mais je n'ai trouvé que 35 mm avec un prix presque le double de celle de 40 mm

Je conseille de prendre des fraises en HSS Co8 : Le cobalt augmente la résistance à chaud de l'outil et comme nous faisons sans refroidissement ou avec une lubrification minimum c'est plus adapté à notre usage.

On trouve des fraises de 30 mm monobloc à queue cône morse N°3 mais c'est à peu près le même prix que la fraise à trou + le mandrin porte fraise CM3 / 16 mm

L'achat d'une fraise à trou m'a paru plus logique.

C'est un des meilleurs achats que j'ai fait.

Fraises d'ébauche "Ravageuses"



La **fraise d'ébauche** est une fraise dont la partie coupante des dents est munie de brise-copeaux disposés en spirale sur le pourtour de la fraise.

Comparée à une fraise 2 tailles normale, la fraise d'ébauche permet un enlèvement de métal important avec un effort moindre.

J'ai constaté qu'elles ne convenaient pas pour des passes de faible valeur dans le sens axial.

Du fait de l'existence des brise-copeaux en spirale les dents ne sont pas identiques et elles "cognent"

Fraises droites



Fraises à bout hémisphérique



Fraises Scies



Mandrin de 22 mm

Mandrin de 25.4 mm (1")



Etau de fraisage

Etau à base tournante :



Caractéristiques :

Largeur des mors : 80 mm

Ouverture maximum des mors : 58 mm

Hauteur des mors : 29.6 mm

Rotation : 360 °

Hauteur totale : 93.6 mm

Hauteur de l'appui par rapport à la table :

Avec la base tournante : 64 mm

Sans la base tournante : 40 mm

Largeur de l'appui : 49 mm jusqu'à épaisseur 16 mm et 54 mm au-delà

Entre axe fixation :

Avec base tournante : 135 mm

Sans base tournante : 76.5 mm

Utilisation

La présence de la base tournante nuit à la rigidité de l'étau.

Quand ce n'est pas nécessaire on peut la démonter. On gagne aussi en course verticale : 24 mm

On dispose ainsi d'une bonne surface d'appui permettant si nécessaire de fixer l'étau dans une des deux rainures latérales de la table de la fraiseuse. (Non testé)

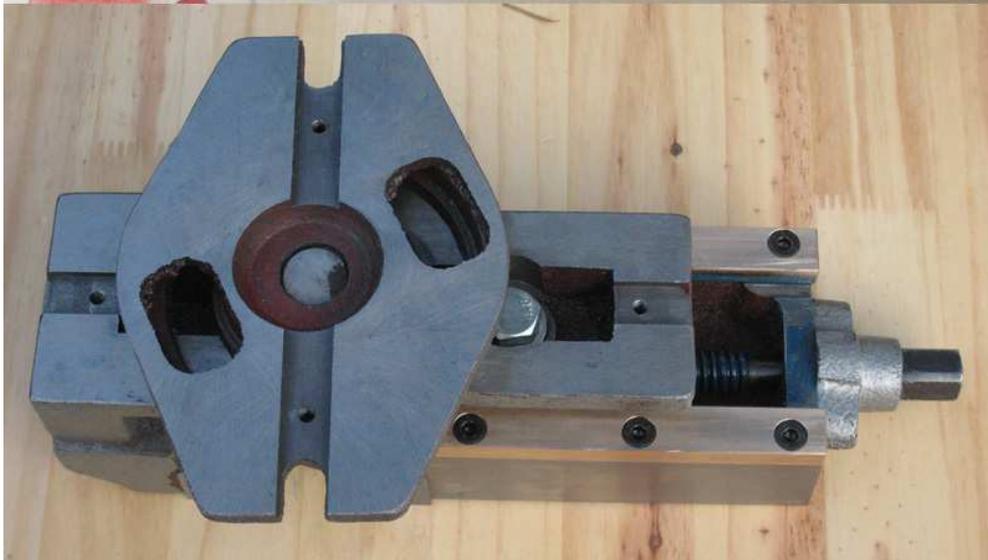
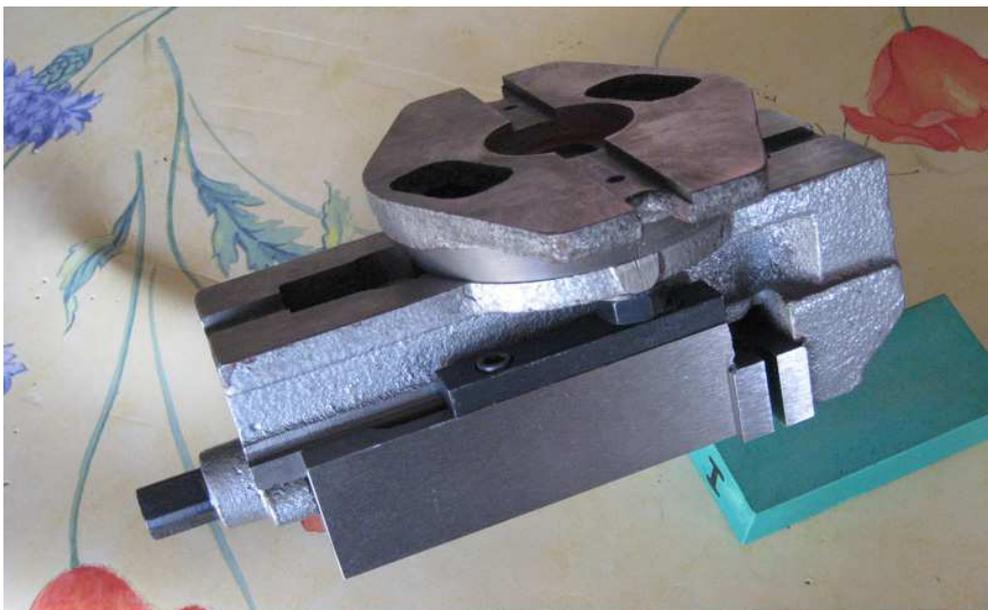
Autre problème :

Quand on serre une pièce dans les mors de l'étau, le mors mobile a tendance à remonter ce qui fait basculer la pièce vers l'arrière.

Il est possible d'améliorer la situation :

- Modification de l'étau :

J'ai remplacé les pièces en acier assurant le guidage par des pièces plus longues en bronze + 1 vis de fixation supplémentaire. :



Ainsi le guidage du mors mobile est meilleur et le basculement de la pièce moindre.

On peut aussi intercaler une pige cylindrique entre le mors mobile et la pièce.

Dans ce cas la référence est le mors fixe de l'étau.

C'est la solution à adopter pour fraiser des faces à 90°

Ci-dessous un exemple (sans la base tournante) :



Autre modification :

La manivelle permettant de manoeuvrer le mors mobile est trop longue et bute sur celle de déplacement du chariot "Y"

Le carré de commande mesure 14 mm

J'envisage d'en fabriquer une plus adaptée.

Alignement des mors de l'étau

On utilise une cale en acier rectifiée serrée dans les mors de l'étau et un comparateur à base magnétique fixé sur le carter de la broche.

On serre les boulons de fixation de l'étau de façon progressive en tapotant sur un des côté ou l'autre du mors mobile vers le carré de manœuvre avec une pige en bronze ou en laiton.

Il s'agit d'obtenir un déplacement minimum de l'aiguille du comparateur quand on déplace la glissière "X"

Un écart maximum de 0.02 mm sur la longueur de la cale (150 mm) est relativement facile à obtenir.

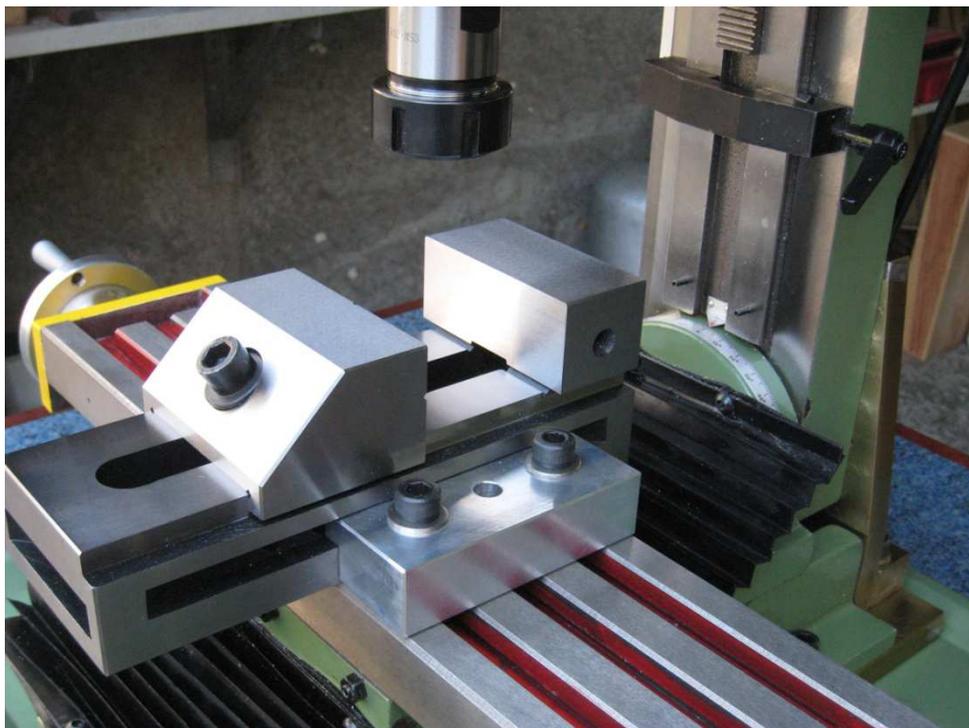
Ne jamais terminer par un blocage des écrous de fixation mais toujours par une mesure.

On procède de la même façon que l'étau soit avec sa base tournante ou pas.

Je conseille d'aligner l'étau même si à priori les opérations suivantes ne semblent pas le justifier.



Etau de rectifieur

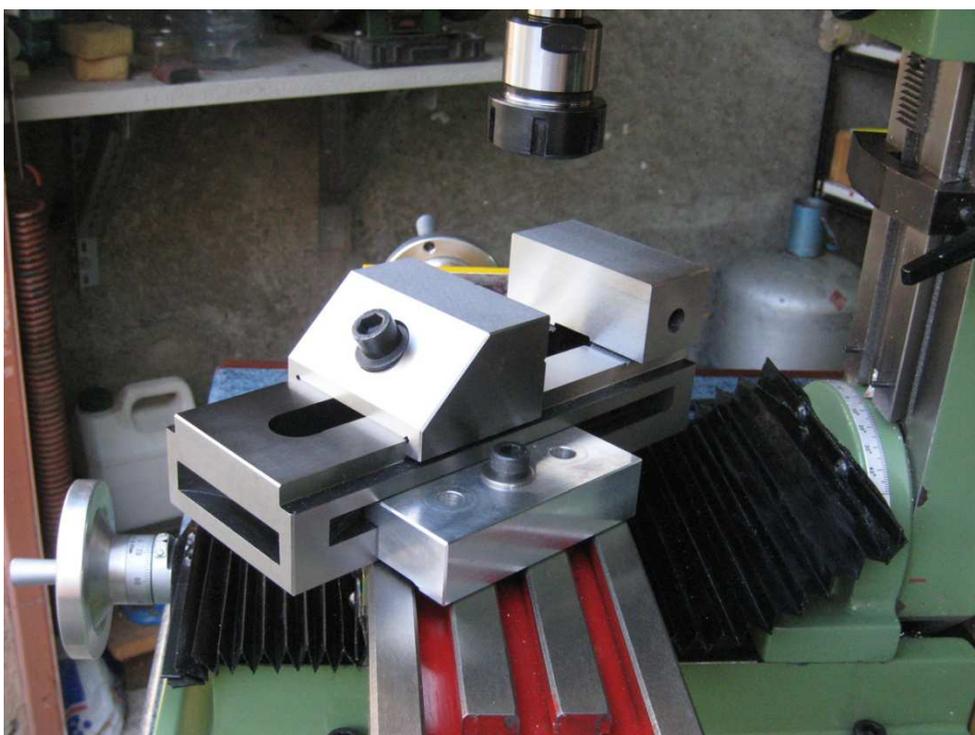


J'ai acheté cet étau afin d'augmenter la capacité de serrage : 110 mm (58 mm pour l'étau à base tournante)

Mais attention : On arrive très vite à un étau disproportionné par rapport la fraiseuse X2 qui est une petite machine.

L'étau est ici fixé avec 2 brides en alliage 7075 des vis M10 et des écrous en T pour rainure de 12 mm

Le trou central de chaque bride permet une certaine orientation de l'étau comme on peut le voir ci-dessous.



Cet étau est précis mais le serrage demande une certaine expérience :

Le mors mobile est bloqué sur la pièce par une vis inclinée dont l'écrou vient s'accrocher dans un crantage en dessous.

Si l'inclinaison de la vis n'est pas suffisante, on arrive à bloquer le mors mobile sur la base de l'étau sans que la pièce soit serrée. De plus ça n'est pas très visible car le mors mobile est tout de même appuyé contre la pièce.

Bien entendu, sauf utilisation particulière il convient d'aligner les mors de l'étau sur la glissière "X" comme précédemment.

Brides de fixation pour étau de rectifieur :



Cales



Le jeu de cales est un accessoire indispensable pour utiliser l'étau de fraisage

.Dimensions : Les cales sont en acier rectifié. Le jeu comporte 14 x 2 cales de X / 5 / 150 mm ou X varie de 14 à 50 mm

Les plus larges dépassent les mors de l'étau mais je les utilise pour effectuer son alignement en "X"

Ces cales sont prévues pour de plus gros étaux et leur longueur de 150 mm débordent largement de la surface d'appui qui peut faire 49 et 54 mm sur l'étau à base tournante.

On trouve maintenant chez Arceurotrade un jeu de cales plus petites que j'achèterai sûrement un jour.

Pour diminuer le risque d'avoir un défaut de parallélisme entre le dessus des cales et la table, j'ai usiné des cales en Alliage d'aluminium venant soutenir les extrémités des cales en acier

Ces cales ont été fraisées ensemble fixées sur la table de la machine afin d'obtenir des hauteurs égales.

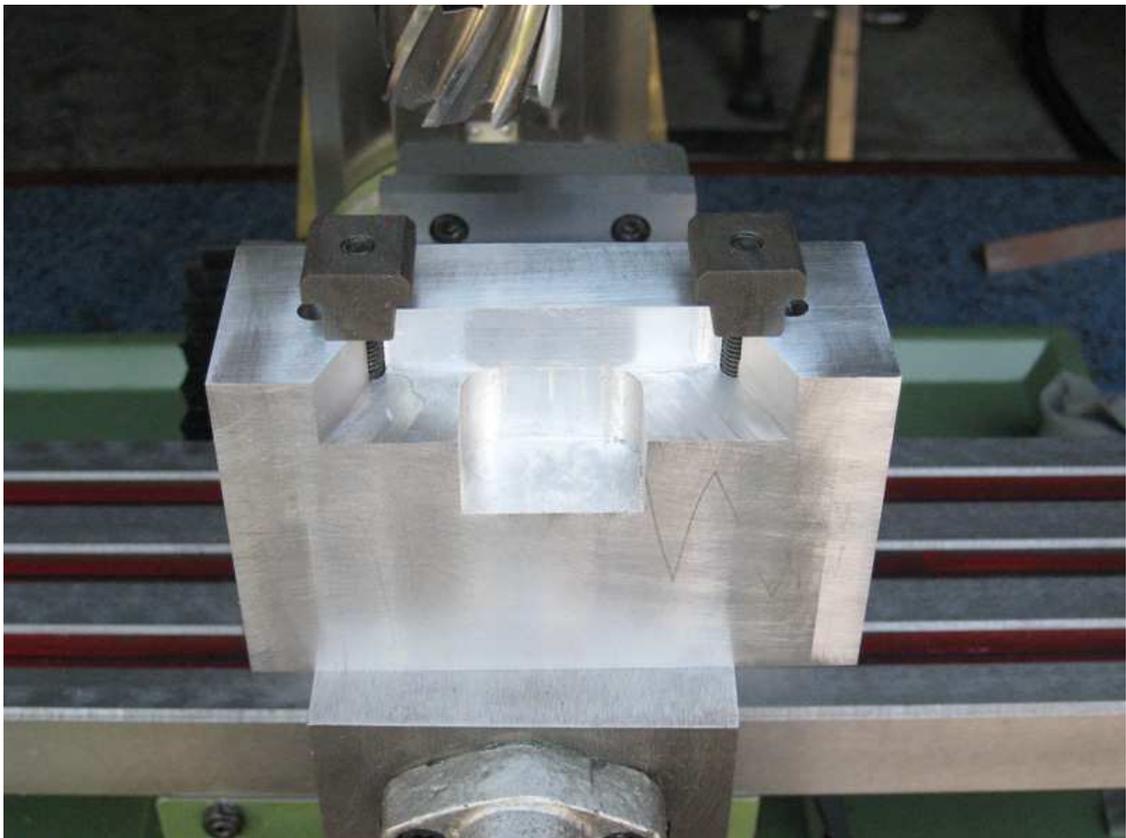
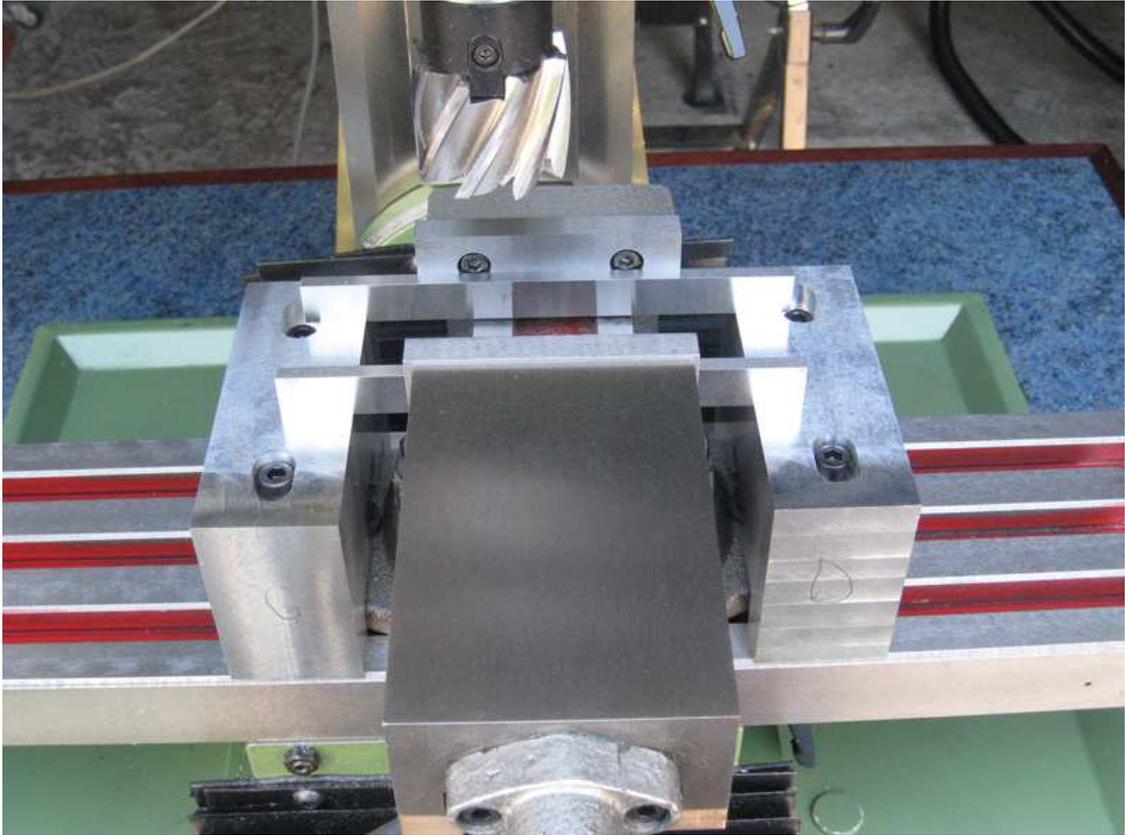
Elles se fixent sur la table avec des vis M6 et des écrous en T

Modèle pour l'étau avec sa base tournante :

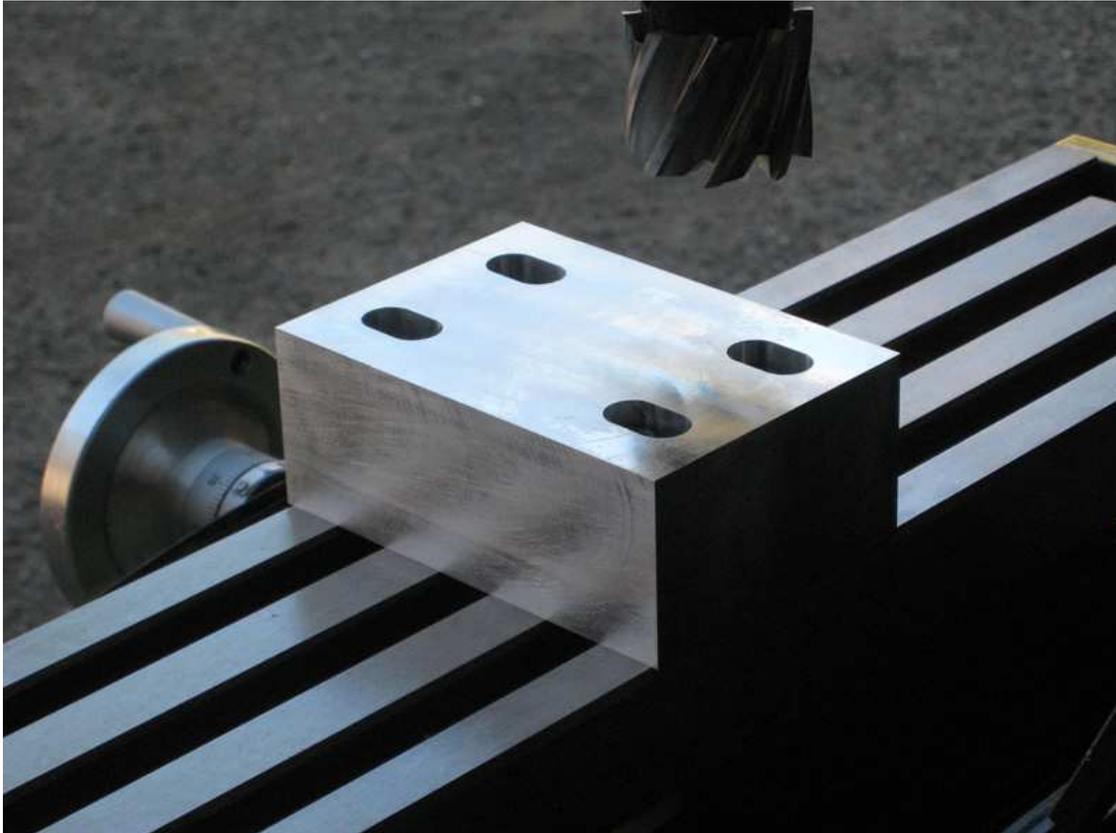
On peut remarquer l'existence de 2 entraxes différents pour les vis de fixation.

Le but est de pouvoir les utiliser aussi bien sur la table de la machine que sur la "Tilting table" que nous verrons plus loin et qui n'a pas les mêmes entre axes de rainures.

Le dégagement à la partie inférieure permet le passage du socle de l'étau.



Modèle pour l'étau sans sa base tournante :

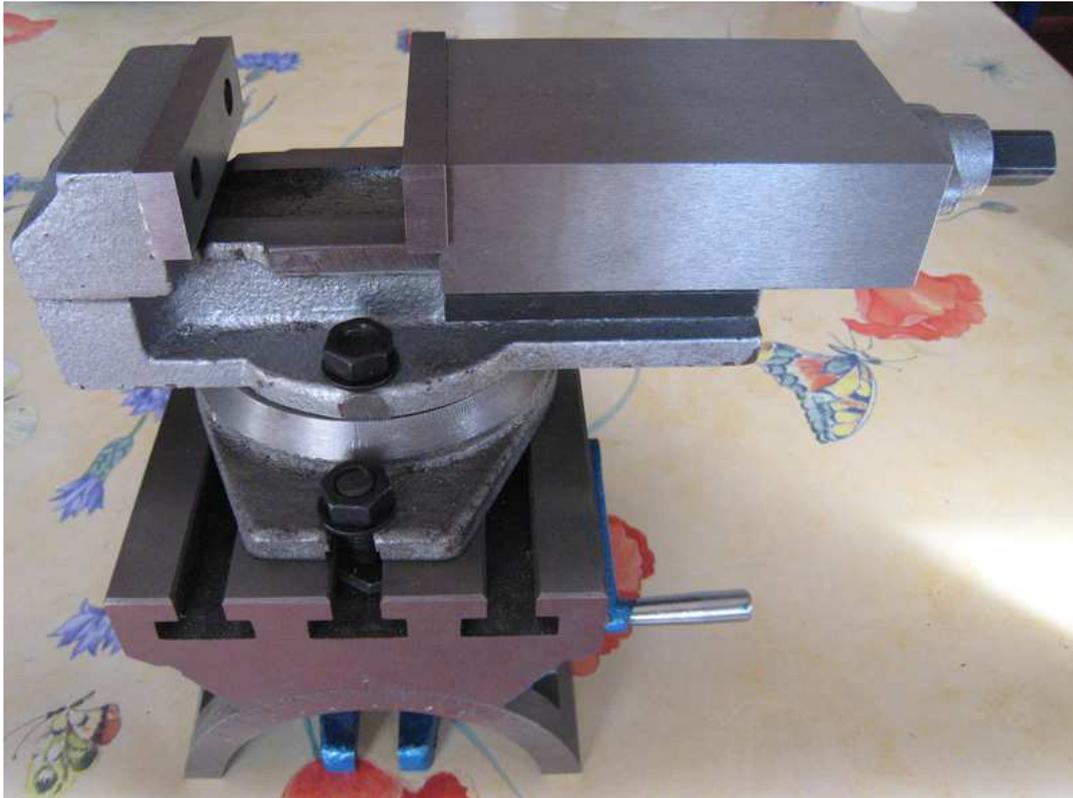


Les cales (En alliage d'aluminium 7075) sont fixées sur la table. Elles viennent d'être surfacées ensemble afin d'être parfaitement égales.

Elles ont aussi 2 entre axes de fixation :

Un pour la table "X" (63 mm) l'autre pour la tilting table (79 mm)

Tilting Table



La tilting table permet d'incliner l'étau ou la pièce bridée sur la table de la fraiseuse.

J'ai fait ce choix plutôt qu'un étau inclinable. A l'époque il m'avait paru plus judicieux.

Mais un étau inclinable doit prendre moins de place en hauteur et sera moins lourd. Peut-être qu'à terme j'en achèterai un.

Il convient d'aligner la table de la tilting table sur le déplacement "X" avant d'y monter l'étau qui devra être aligné également ensuite avec la méthode décrite précédemment.

Problème rencontré avec cet accessoire :

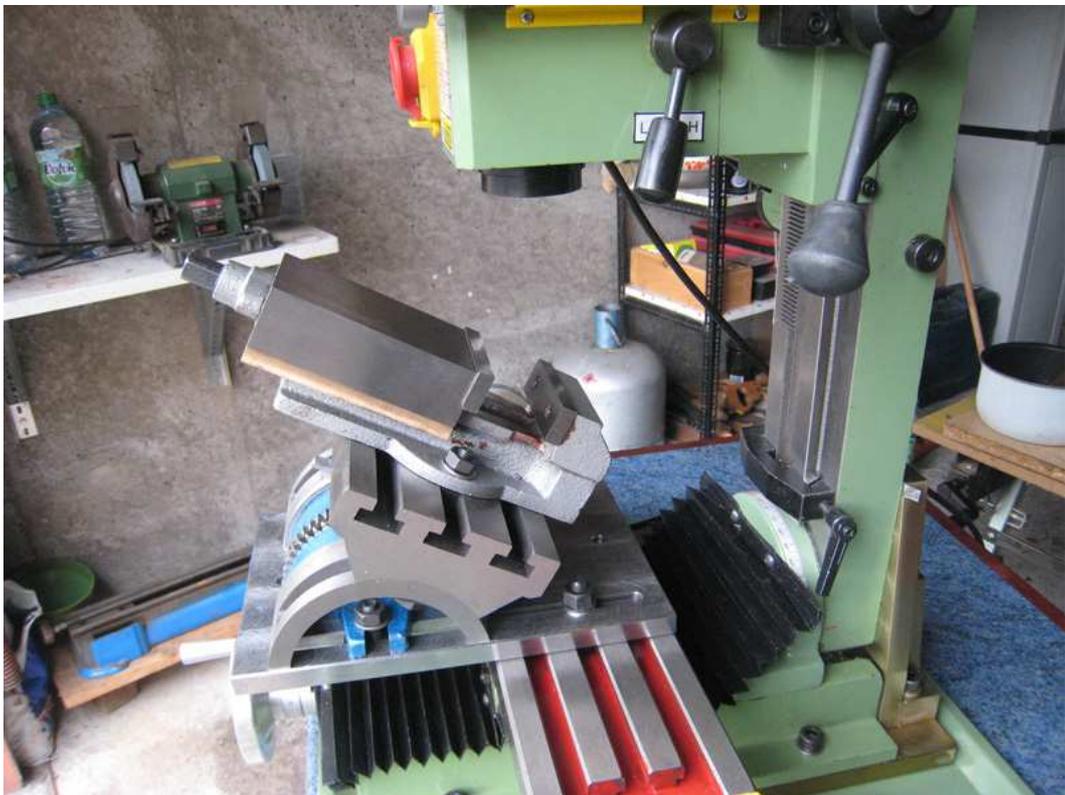
Du fait de l'inclinaison, l'axe de l'étau s'éloigne de l'axe de la broche d'autant plus que l'inclinaison augmente et qu'on utilise l'étau équipé de sa base tournante.

On sort assez rapidement du champ d'action de la broche du fait de la faible course "Y" de la machine.

J'ai fait réaliser une plaque d'acier me permettant de déporter la tilting table afin de retrouver une position centrée de l'étau.

On peut y monter l'étau avec ou sans sa base tournante.

Comme on le voit sur la 3^e photo, on peut aussi utiliser la plaque pour déporter l'étau ici sans sa base tournante.





Ecrous en T

J'en ai une collection en M6 / M8 / M10

Les écrous normalisés DIN de 12 mm ne vont pas sur la table de la fraiseuse X2 : Il faut diminuer la hauteur de la tête.



De gauche à droite :

1) Ecrous en T (4 courts 2 longs) taraudage M10 Achetés

Ces écrous sont normalisés pour les tables de machines à rainures de 12 mm mais ils ne peuvent pas se monter sur la fraiseuse X2

Il faut des têtes d'écrous moins hautes.

Ces écrous peuvent se monter sur la tilting table et sur la plaque que j'ai fait faire pour déporter la tilting table.

2) Ecrous en T (6) Taraudage M10 . Base : rail des mines de fer de Laissey

Ils se montent sur la fraiseuse et servent à fixer les 2 étaux

3) Ecrous en T (4) Taraudage M8 Livrés avec la machine.

Même utilisation que les précédents.

4) Ecrous en T (8) Taraudage M8. Base : Ebauches achetées chez Otelo

il faut réduire la tête des ébauches et faire le trou taraudé.

Ces 8 écrous sont destinés à fixer le diviseur et sa contrepointe sur la table de la machine afin d'éviter le bridage qui n'est pas toujours possible lorsque l'axe du diviseur est horizontal.

5) Ecrous en T (4) Taraudage M6. Base : Ebauches achetées chez Otelo

Ces écrous servent à fixer 2 cales en dural de chaque côté de l'étau de fraisage.

2,4 et 5 : traitement de surface (parkérisation) maison.



Exemple d'usinage: Genouillère de cafetière expresso

Le Diviseur

Le diviseur est un accessoire qui se fixe sur la table de la fraiseuse et permet un déplacement angulaire de la pièce usinée : Taillage d'engrenages par exemple.

Il est généralement constitué d'une poupée diviseur et d'une contre-pointe.

Il permet l'ablocage de la pièce à usiner dans une position angulaire déterminée.

Je me limiterai à décrire celui que j'utilise sur la fraiseuse X2.



Ici le diviseur est en position axe vertical. Il comporte une table circulaire de 100 mm avec 4 rainures en T

Une plaque intermédiaire permet de monter un mandrin de 80 mm centré sur l'axe de rotation de la table.

Pour centrer le mandrin dans l'axe de la broche, on peut y serrer une goupille cylindrique rectifiée ou un morceau de stub que l'on fixe également dans une pince ER32 de la broche (16 mm par exemple)

Il ne reste plus qu'à bloquer la base du diviseur sur la table.

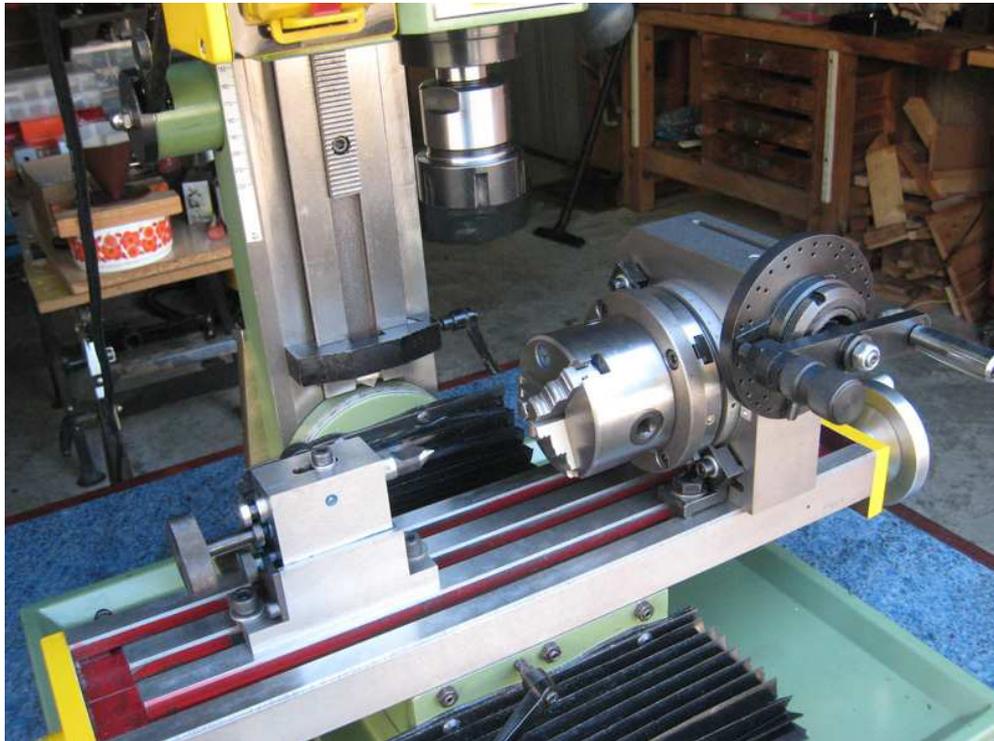
Ici, le diviseur est équipé d'un plateau à trous avec sa manivelle alidade.

Le plateau à trous comporte 2 rangées de trous : 15 et 28 trous (résolution de $0.333..^\circ$ et $0.178..^\circ$)

On peut remplacer cet ensemble par un tambour gradué qui permet la rotation du plateau suivant un angle précis.

Le plateau à trous s'utilise plutôt pour diviser un cercle en secteurs angulaires égaux.

Nous verrons l'utilisation du plateau à trous au travers un exemple concret.



Sur cette photo le diviseur est en position axe horizontal avec sa contre-pointe.

C'est cette configuration qui sera utilisée pour tailler des engrenages avec une fraise module.



Voici le tambour gradué. Nous l'avons utilisé pour percer 3 trous à 120°

Logiquement nous aurions du utiliser le plateau à trous. Mais nous ne recherchons pas une très grande précision.

Exemples d'utilisation :

1 - Ecrou de butée

Exemple : On veut fraiser 10 crans équidistants sur la circonférence de la pièce

Calculs :

Division par 10 :

Circonférence = 360°

$360 / 10 = 36^\circ$

Il faut donc tourner la pièce de 36° à chaque cran.

Rapport de la vis sans fin du diviseur : $1/72$ soit $360 / 72 = 5^\circ$ par tour de manivelle alidade

Nombre entier de tours de manivelle alidade : 7 ($7 \times 5 = 35^\circ$)

Il manque 1°

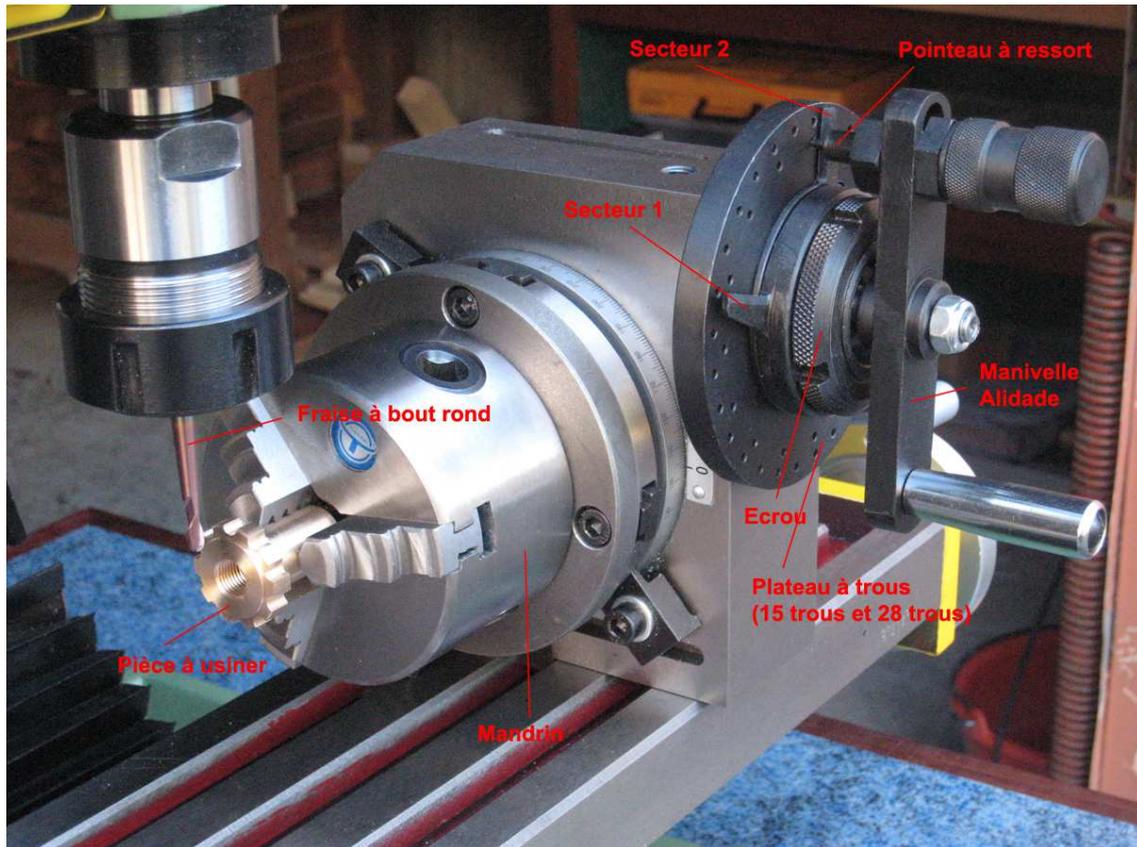
Si on prend le plateau de 15 trous

Entre 2 trous on a : $5^\circ / 15$

Pour $1^\circ = 1 / (5 / 15) = 3$ intervalles

D'où le déplacement pour 36° : 7 tours + 3 intervalles sur le plateau 15 trous.

Méthode :



Le plateau à trous est fixé sur le corps du diviseur.

Les secteurs 1 et 2 peuvent tourner (freinés) par rapport à l'axe du plateau et on peut les immobiliser l'un par rapport à l'autre avec une petite vis (qu'on ne voit pas)

On règle 3 intervalles entre les 2 secteurs (Calcul précédent) et on bloque la vis pour maintenir cette valeur.

On amène le pointeau à ressort en contact avec le secteur 1 (pointeau dans un trou du plateau)

On bloque les secteurs avec l'écrou moleté.

On fraise le 1^{er} cran, on dégage la fraise.

On dégage le pointeau à ressort de son trou (il peut être maintenu en position dégageé en le tournant)

On fait 7 tours avec la manivelle alidade

Puis on amène le pointeau à ressort au contact du secteur 2 et on le verrouille dans le trou du plateau.

On a donc bien fait 7 tours et 3/15 tours

Ce qui avec le rapport de 1/72 e entre la manivelle et le mandrin (Vis sans fin) donne bien 36° au niveau du mandrin

Ensuite on débloque l'écrou moleté

On fait tourner les 2 secteurs ensemble en amenant le secteur 1 au contact avec le pointeau.

On bloque l'écrou moleté

On fait 7 tours avec la manivelle alidadeetc.

Il faut tourner la manivelle alidade toujours dans le même sens afin de rattraper le jeu dans la liaison vis sans fin / roue dentée au rapport 1/72. Ne pas revenir en arrière.

On aperçoit sur la photo 2 brides avec des vis permettant l'immobilisation en rotation du mandrin dans sa position.

Il faut utiliser ces blocages avant de fraiser.

Ce diviseur est ce qu'on appelle un diviseur simple. Il est toujours fabriqué pour les petites machines de fraisage comme la mienne. Il a souvent plus de 2 rangées de trous.

La tendance actuelle est de commander la rotation du diviseur avec de l'informatique et un moteur pas à pas.

A la grande époque des machines outils disposant de diviseurs mécaniques on trouvait aussi :

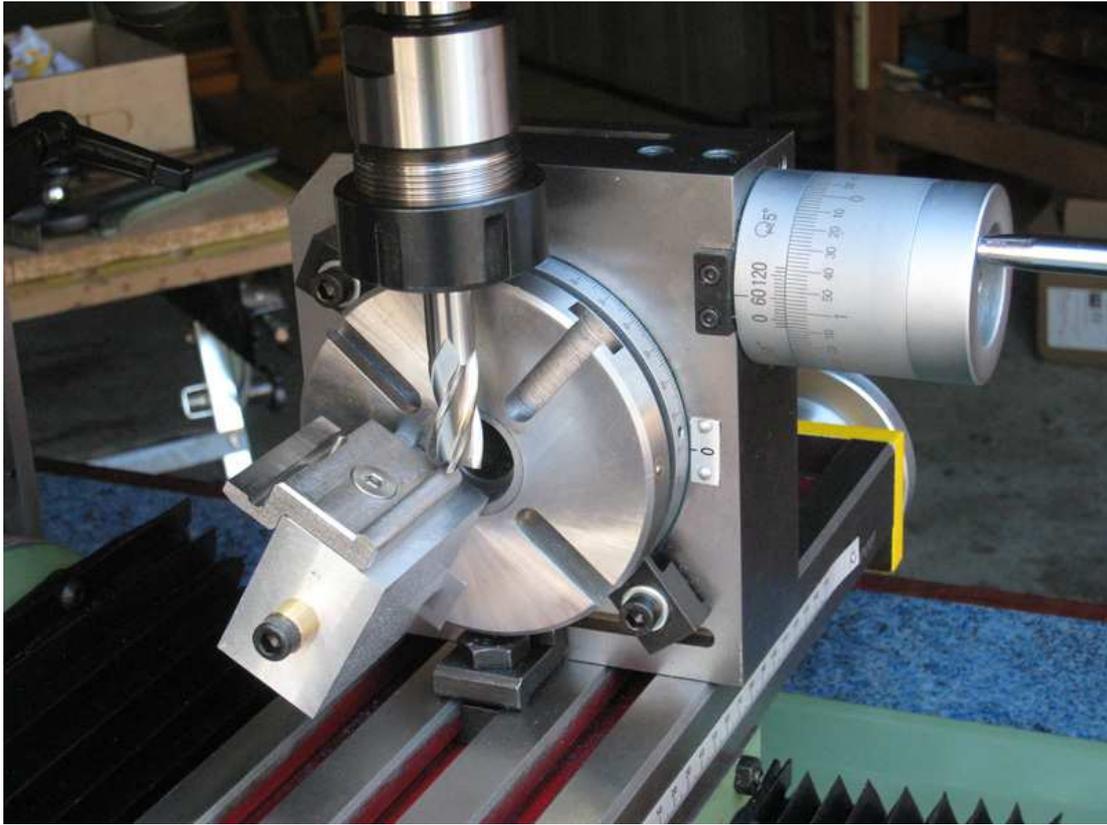
Le diviseur composé : On utilise 2 plateaux à trous

Le diviseur décimal : 1 plateau de 100 trous et un de 99 trous (Je simplifie)

Le diviseur différentiel : Le plateau à trous est commandé en retour par des engrenages.



2 – Arrondi sur bride



Le diviseur est utilisé avec son axe horizontal et son tambour gradué.

La bride est fixée sur un support en alliage 2017 lui-même fixé sur la table du diviseur par une vis et un écrou en T

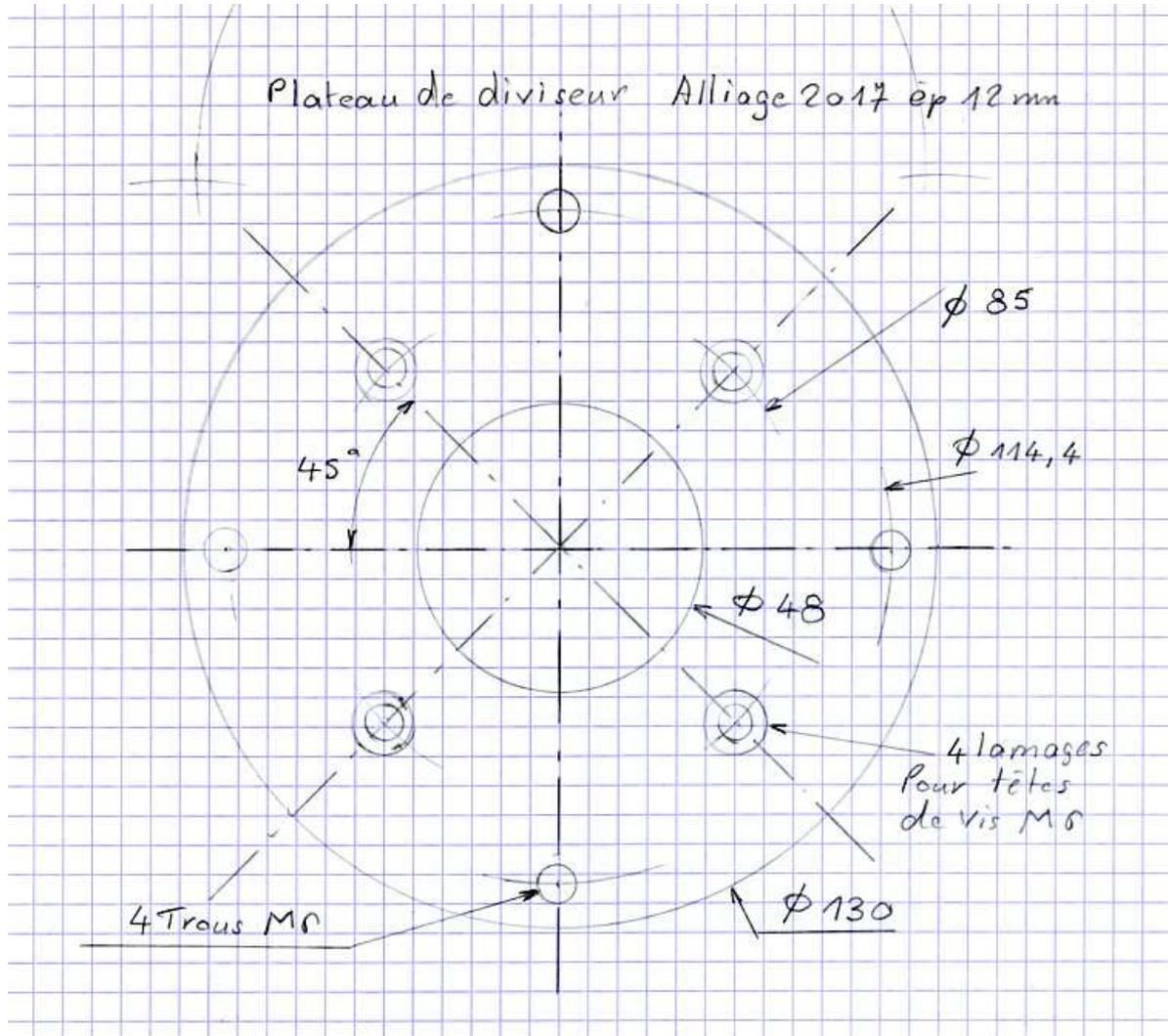
L'arrondi est obtenu par une succession de fraisages plans tangents à la circonférence que l'on désire obtenir.



3 – Plateau pour diviseur

Nous verrons l'emploi de cet accessoire plus loin. Dans ce qui suit nous allons voir comment faire des trous concentriques dans le plateau inférieur de cet accessoire.

Voici la pièce à réaliser :



J'ai fait le choix de percer les trous sur la fraiseuse équipée du diviseur.

Dans un premier temps il faut centrer le mandrin sur l'axe de la broche :

Centrage du Mandrin sur l'axe de la broche

Diviseur axe vertical non bloqué sur la table de la machine.

Dans une pince monter une goupille rectifiée ou une tige de stub (16 mm dans mon cas)

Bloquer la pince.

Ouvrir les mors du mandrin fixé sur le diviseur. Faire pénétrer la goupille rectifiée dans le mandrin ouvert.
(Pince la plus proche possible des mors du mandrin)

Mettre les index des déplacements X et Y à 0 en rattrapant le jeu dans le sens ou on aura un déplacement.

Bloquer les glissières des axes X , Y et Z

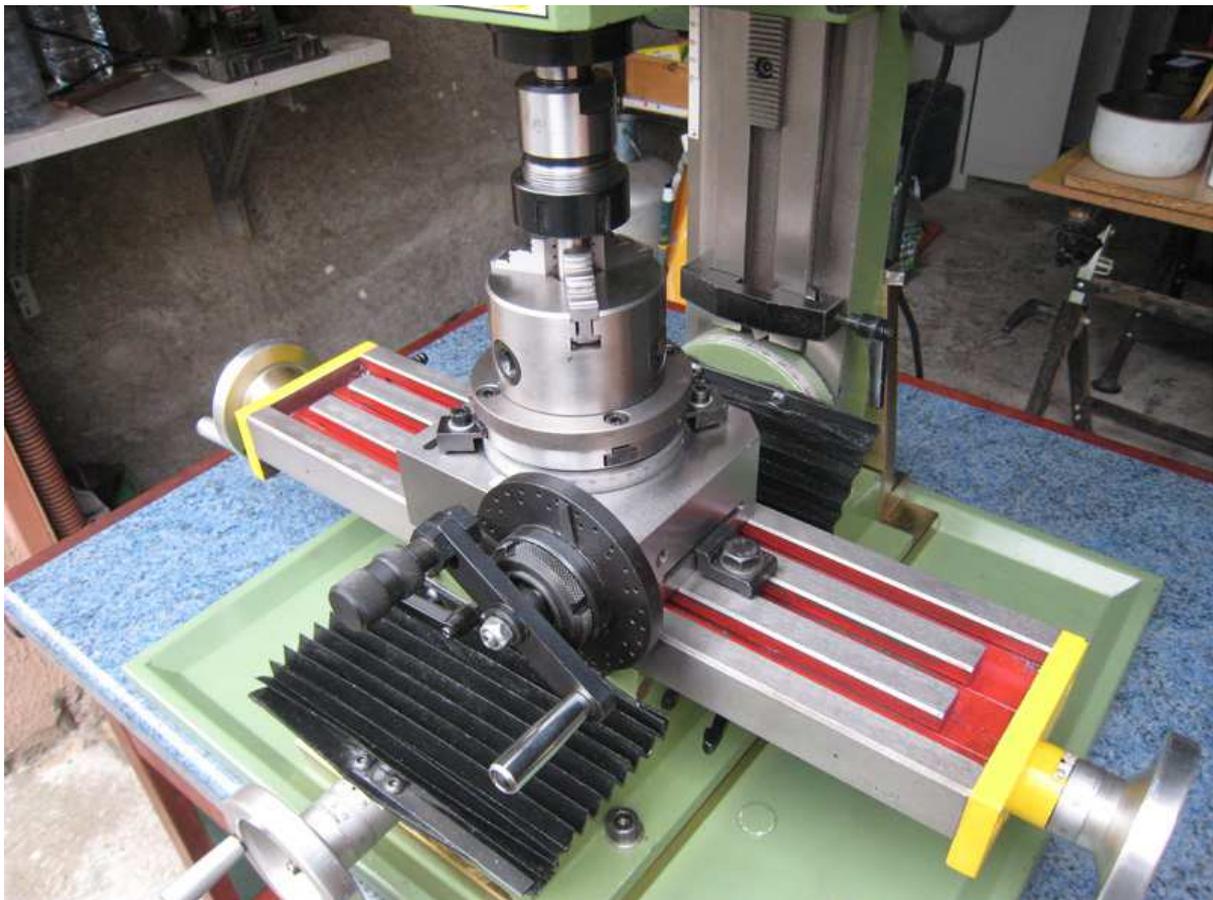
Bloquer les mors du mandrin sur la goupille.

Bloquer le diviseur sur la table de la machine.

Desserrer les mors du mandrin

Enlever la goupille rectifiée et la pince.

L'axe du mandrin est maintenant centré sur l'axe de la broche avec les index X et Y à 0



Usinage des trous.

Je ne parlerai pas de l'usinage de chacun des trous qui ne présente pas de difficultés particulières.

Tous les trous sont préalablement pointés avec un forêt à centrer.

Nous allons commencer par les 4 trous les plus proches du centre.

Il faut déplacer la table X de la valeur du rayon soit 42.5 mm (28 tours + 25 divisions pour le tambour X)

Amener le pointeau de la manivelle alidade en butée contre le secteur 2 et dans un trou du plateau.

Attention : il faut tourner la manivelle dans un sens et ne plus changer de sens)

Bloquer les 2 brides permettant d'immobiliser le plateau du diviseur.

Percer le premier trou (pointage, perçage)

Débloquer les 2 brides.

Comme nous voulons des trous à 90° et que le rapport de réduction du diviseur est 1/72 e il faut tourner la manivelle alidade de 18 tours (72 / 4) pour arriver à la seconde position.

Amener le pointeau de la manivelle alidade en butée contre le secteur 2 et dans le même trou du plateau.

Bloquer les 2 brides

Percer le 2^e trou

Débloquer les 2 brides.

Continuer de la même façon pour le 3^e trou

Après le 3^e trou je conseille de faire à nouveau 18 tours de manivelle Pour retrouver la position du départ.

Cette position doit être bonne.

Passons maintenant aux 4 trous les plus éloignés du centre. Le diamètre du cercle est ici de 114.4 mm soit un rayon de 57.2 mm

Depuis le cercle de rayon 42.5 il faut se déplacer en X de $57.2 - 42.5 = 14.7$ mm (9 tours + 50 division)

Par commodité je conseille de remettre le tambour X à 0 avant de commencer.

Débloquer la glissière X pour faire la manœuvre et la bloquer ensuite.

Les 4 trous extérieurs sont décalés de 45° par rapport à ceux de l'intérieur. Il faut commencer par 9 tours de manivelle alidade pour arriver au premier trou.

Ensuite on procède par étapes de 18 tours de manivelle (90°) pour faire les 3 autres trous.

Et en terminant par une vérification comme les 4 précédents.



Voici les 8 trous percés.

Les 4 trous les plus extérieurs ont servi à fixer la pièce sur le plateau du tour pour aléser le diamètre 48 mm ils ne sont pas concernés par ce mode opératoire.

Ces trous vont disparaître lorsque le diamètre 130 mm sera usiné.

Problèmes de bridage du diviseur

Axe vertical

Dans cette position, sur un des côtés, la bride fournie avec le diviseur a une surface d'appui trop faible à cause d'un des deux tenons qui se trouve sur la partie verticale. (photo)

Ça m'a conduit à usiner une bride plus large et dégagée au centre pour avoir un appui de chaque côté du tenon :



Axe Horizontal :

Côté mandrin, la tête de la vis de blocage de la bride interfère avec la plaque intermédiaire de fixation du mandrin sur la table du diviseur.

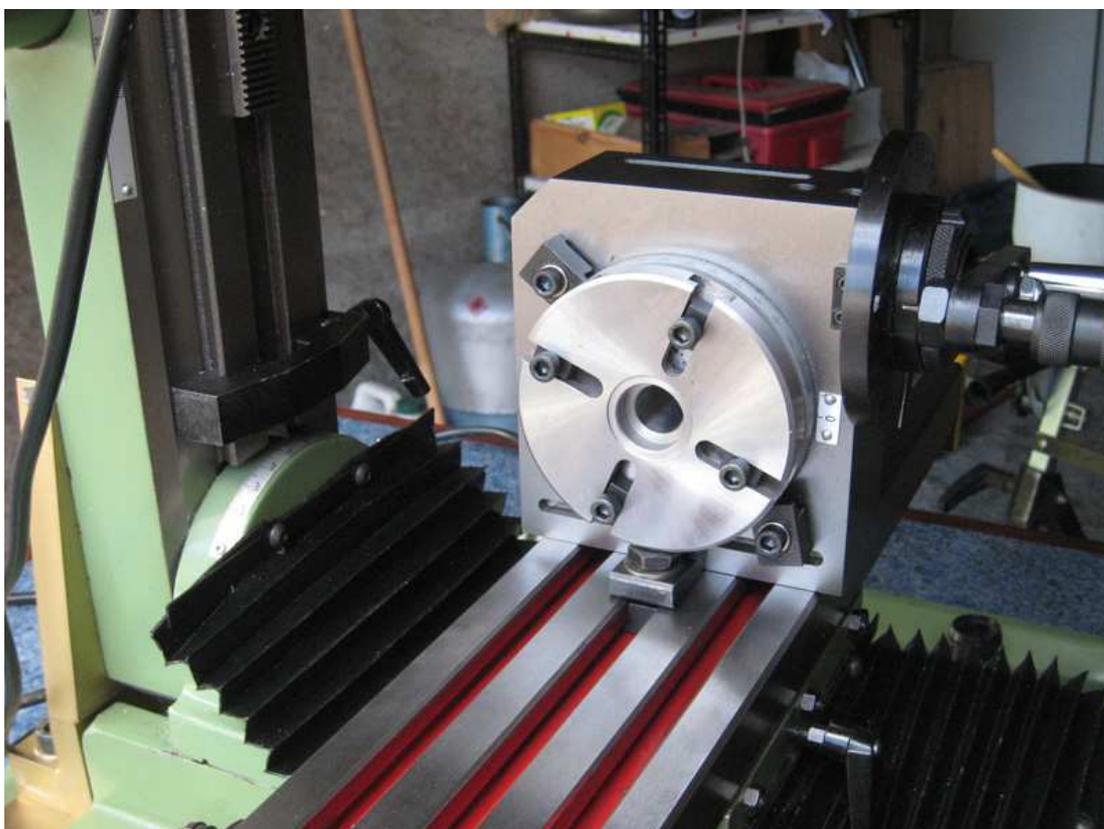
Comme on le voit sur la photo ci-dessous avec le plateau du diviseur ça passe mais pas avec la plaque de fixation du mandrin.

On ne peut pas utiliser la rainure centrale de la table pour la fixation.

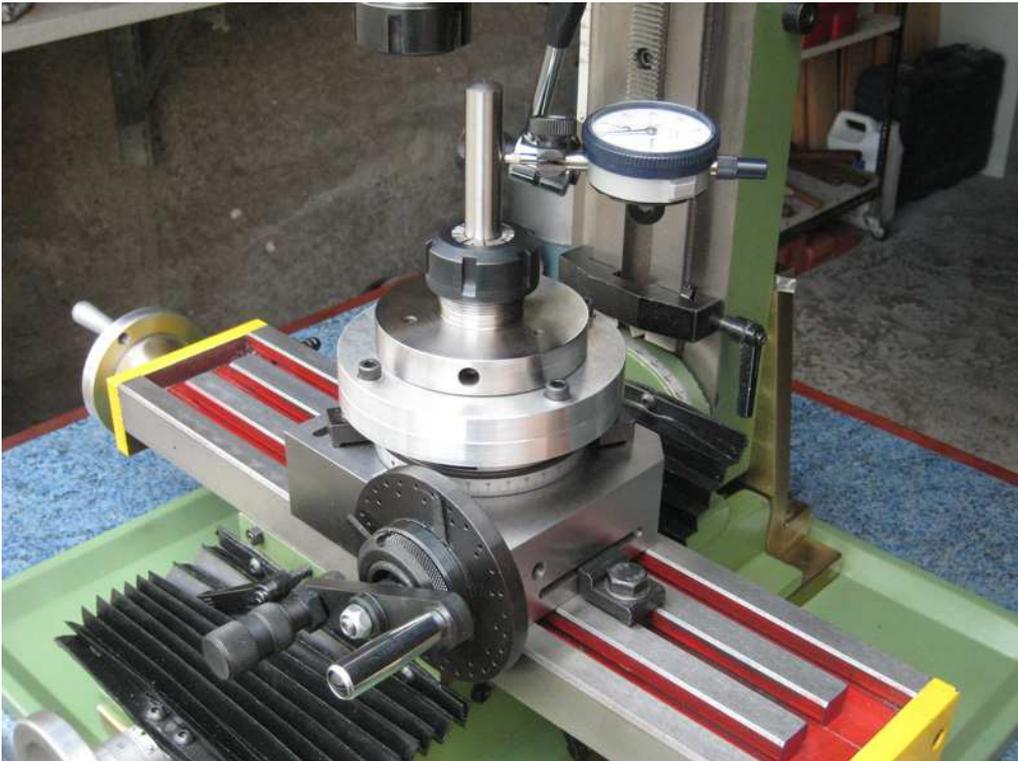
Solution : Fixer le diviseur sur une semelle.

Une semelle de même épaisseur sous la contrepointe pour rétablir la hauteur est nécessaire.

La fixation sur la table de la machine est faite par des écrous en T M8



Accessoire pour utilisation de pinces ER32



Cet accessoire permet le montage d'un support de pinces ER32 initialement utilisé sur le tour SC2

Il est composé de 2 plaques d'alliage 2017 et d'un moyeu en acier :



On peut aussi y monter les mandrins de 100 mm à 3 mors concentriques ou 4 mors indépendants mais dans ce cas, la hauteur disponible entre la pince de la broche et les mors du mandrin est relativement faible.



Pour obtenir un centrage meilleur que 0.1 mm de l'axe de la goupille de 16 mm par rapport à l'axe de rotation du plateau du diviseur, il convient d'affiner l'opération au comparateur.

Si on veut ensuite centrer l'axe de la goupille sur celui de la broche :

Débloquer les brides qui maintiennent le diviseur sur la table de la machine.

Mettre les tambours gradués X et Y à 0 en rattrapant le jeu dans le sens ou sera effectué le déplacement si un déplacement est nécessaire.

Bloquer la goupille de 16 mm dans la pince de la broche (Il faut disposer de 2 pinces de 16 mm)

Et enfin bloquer le diviseur sur la table de la machine.

Outils d'alésage



Diamètre du corps : 50 mm

Max offset : 16 mm

Capacité d'alésage : 10 – 125 mm

Diamètre queue des outils d'alésage : 12 mm

Graduation mini : 0.01 mm

Fixation sur machine : Cône morse N° 3

Exemple d'utilisation :

Support de comparateur pour contrôle perpendicularité de la broche

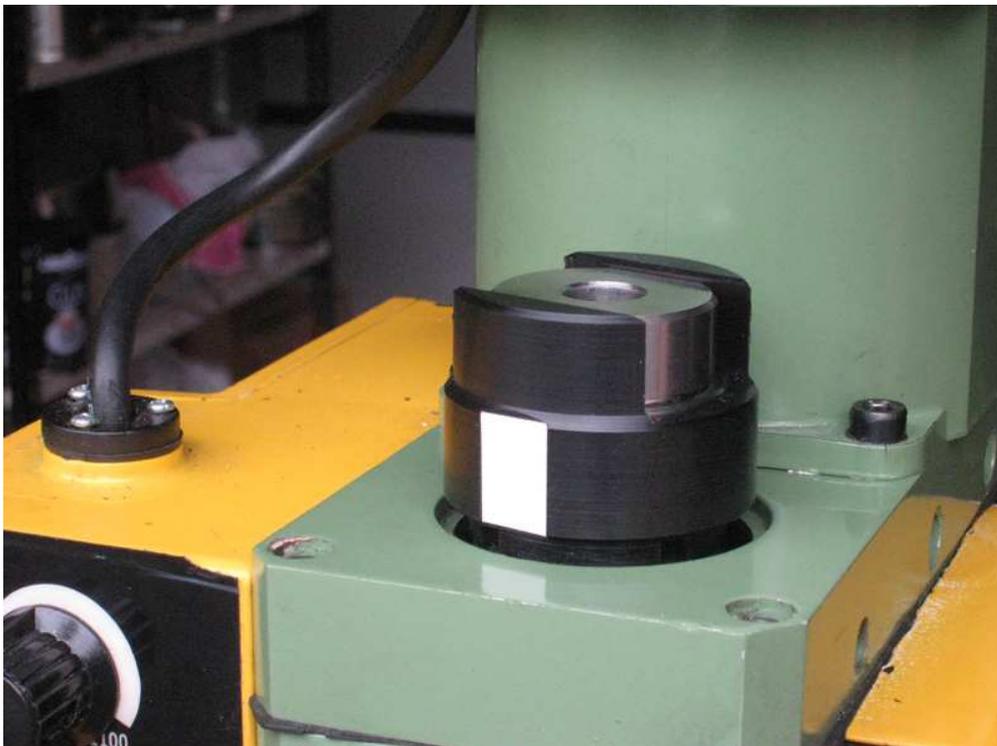
Alésage d'un trou de 16 mm



Tachymètre

En attendant la construction d'un tachymètre intégré à la machine j'ai acheté un tachymètre laser Voltcraft et fabriqué un accessoire qui se monte sur l'écrou de la broche pour l'utiliser.

Ce dispositif va me permettre de déterminer les vitesses de rotation de broche adaptées à mon utilisation afin de mieux définir la transmission courroie crantée à la place de celle d'origine à engrenages



Sur cette dernière photo, on peut voir que l'écrou qui est au-dessus de la broche n'est pas celui d'origine :

Il s'agit d'un kit acheté chez **RC Machines** permettant le démontage des accessoires à cône morse N°3

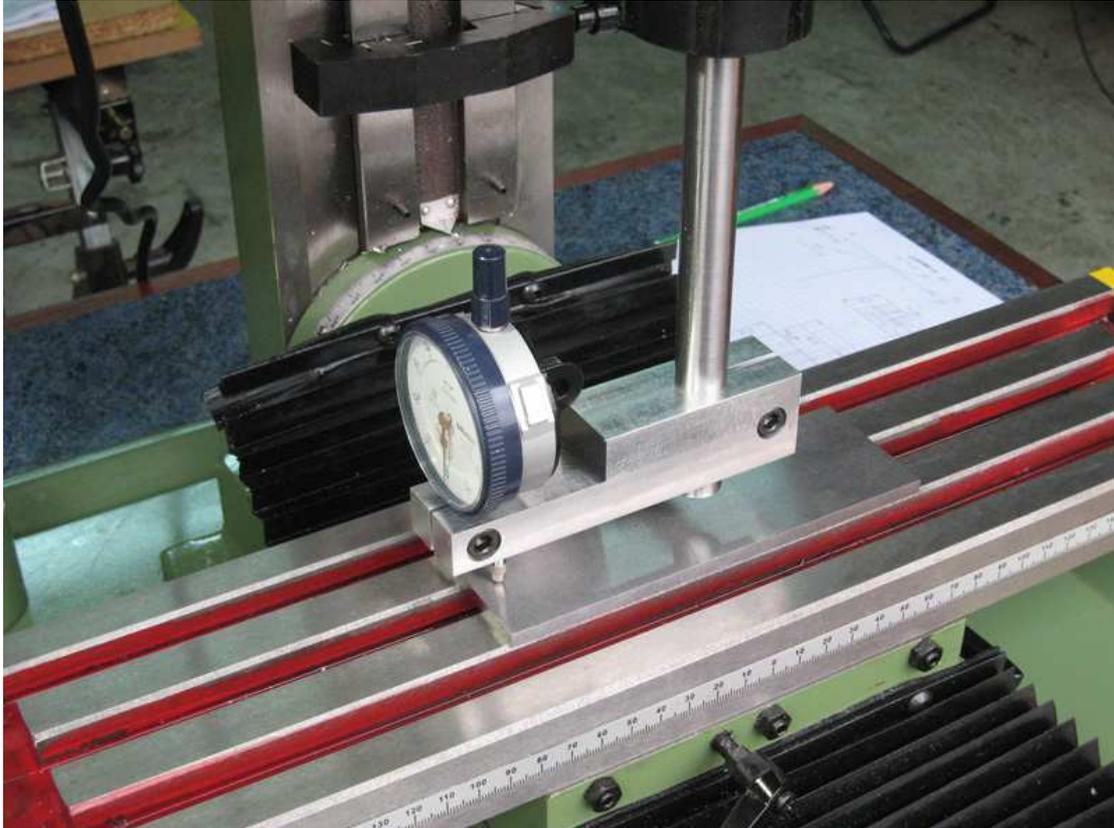
Sans frapper sur le tirant maintenant le cône (Et sur les billes des roulements !)

Pour démonter le cône, il suffit de dévisser la vis dont la tête vient s'appuyer dans un lamage au dessus de l'écrou.

Réglage de la perpendicularité de la broche

Si la broche n'est pas perpendiculaire aux axes de déplacement X et Y de la table de la machine, ça se traduit par un défaut de fraisage (Escalier) quand on utilise une fraise en bout. Le défaut est d'autant plus important que la fraise est plus grosse.

Pour effectuer ce réglage Voici l'accessoire :



Le comparateur est monté sur un support en alliage d'aluminium.

Ce support comporte une goupille de fixation de 16 mm montée dans une pince de la broche.

La cale posée sur la table serait avantageusement remplacée par un disque rectifié sur les 2 faces d'environ 150 mm de diamètre avec peut-être une vis de fixation au centre et un écrou en T dans la rainure centrale.

Le réglage est correct quand le comparateur indique la même valeur à 0.02 mm près dans 4 positions à 90° (gauche / droite sur l'axe X et avant / arrière sur l'axe Y)

Dans le sens X la rotation de la colonne permet de faire le réglage y compris quand le renfort de colonne est monté (Jeu suffisant des vis de bridage)

Dans le sens Y c'est plus difficile. J'ai utilisé des cales en clinquant.