FICHE TECHNIQUE
TOURNAGE CONIQUE

FPe27

Source :https://collections.museumsvictoria.com.au/items/395170

Le tournage conique consiste à exécuter des pièces de révolution dont les génératrices ne sont pas parallèles. Les méthodes utilisées peuvent être différentes suivant l'ampleur de la conicité et la précision demandée. On distinguera donc les pièces coniques tolérancées à vocation mécanique, comme les cônes Morse, d'avec les pièces dont la forme conique participe à l'esthétique de l'ensemble comme la photo ci-dessus.

Nous traiterons pour l'essentiel des méthodes d'usinage amateur de pièces sans tolérances sévères. Le document se présente en deux parties : une mémento des principaux éléments techniques suivi d'un exemple pratique commenté.

Sur un tour conventionnel, trois procédés différents peuvent être appliqués pour exécuter des pièces coniques.

1. Orientation du chariot porte outil ; c'est le seul pratique pour les cônes à angle au sommet très grand. Il permet de tourner autant des cônes extérieurs que des cônes intérieurs. La longueur du cône est limitée à la course du chariot porte outil.
2. Déplacement de la contre poupée pour les pièces longues et des cônes d'angle faible (3 degrés maximum conseillés). Ne permet que l'usinage des cônes extérieurs. Après usinage, le réglage de réalignement de la poupée mobile peut s'avérer extrêmement

*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***

difficile et long sur les tours amateurs d'origine chinoise. Il existe des plans pour des outillages à placer dans le cône Morse de la poupée mobile. Ils sont peu ou prou basés sur le principe des têtes d'alésage.

3. Utilisation d'un guide à tourner conique pour pièces longues. On ne peut pas dépasser un angle de cône de 40° car il y a risque de coincement du coulisseau dans le guide de la règle directrice. Rarement disponible sur les tours d'établis amateurs cette méthode ne sera pas commentée dans ce document.

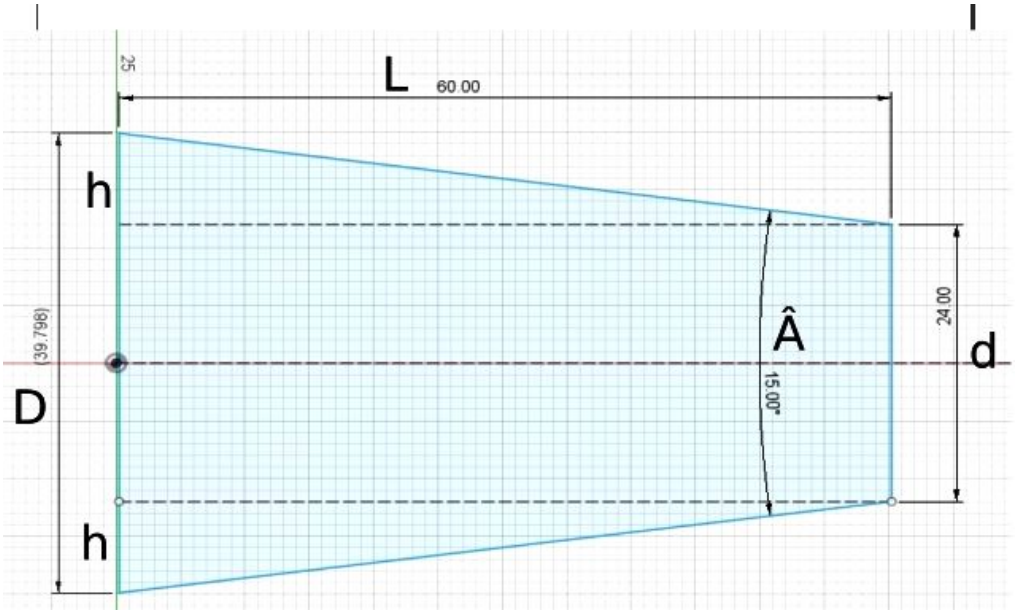
Le mesure précise des cônes intérieurs ou extérieurs est assez délicate et implique une métrologie adaptée. On en donne quelques éléments en Annexe.
Dans tous les cas, l'arête tranchante de l'outil doit être dans le plan horizontal de l'axe des pointes. Si l'outil est placé en dessous de l'axe, le cône n'aura pas un génératrice droite, mais légèrement creuse (en forme d'hyperbole). Dans notre pratique modéliste nous n'aurons pas à nous préoccuper de ce problème.

Source documentaire principale : « Pour le tourneur mécanicien » Tome II -E. Sodano

Définitions

Conicité

C = (D-d) / L ; dans l'exemple qui suit c =(39,8-24)/60 = 0,2633. On exprime souvent la conicité en %. Dans l'exemple la conicité est de 26,33 %



Angle de cône

C'est l'angle que font les deux génératrices obliques. En appliquant les relations dans les triangles rectangles il vient :

tg(Â/2) = h/L = (D-d)/2/L ; on notera au passage que (D-d)/2/L = c/2 en appelant **c** la conicité.

*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***

En reprenant l'exemple précédent tg(Â/2)= c/2= 0,2633/2= 0,1317.

Les calculettes en mode scientifique permettent d'obtenir l'angle quand on connaît la tangente. Cette fonction est très souvent notée ATAN() ou TAN-1.

Â/2= ATAN (0,1317) = 7,5027 degrés d'où Â = 15,00 degrés

Formules lorsque D, d, L sont connues

c = (D-d)/L ; **D** = d+ (c*L) ; **d** = D- (c*L) ; **L**= (D-d)/c

Formules lorsque D, L, c sont connues

c = 2 tg(Â/2) ; **D** = d +2L*tg(Â/2) ; **d** = D- 2L*tg(Â/2) ; **L** = (D-d)/2/tg(Â/2)

1. EXECUTION DU CONE PAR DEPLACEMENT DE L'OUTIL PARALLELEMENT A LA GENERATRICE DU CONE.

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\frac{D-d}{2}}{l} = \frac{D-d}{2l}$$

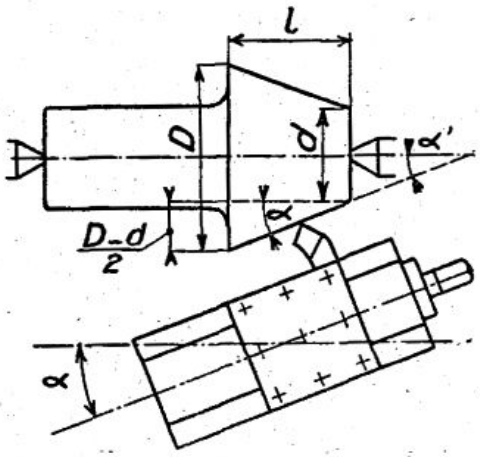


FIG. I-3

On voit ci-contre deux dispositions du chariot.

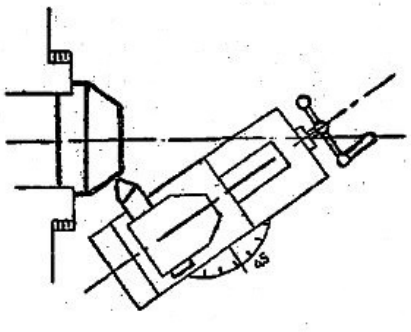


FIG. I-5

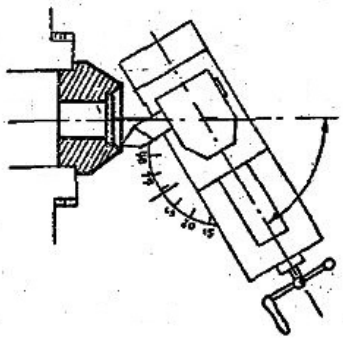


FIG. I-6

*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***

Ci-après on voit la disposition adoptée pour un usinage intérieur. L'angle alfa= 7,125 degrés avec alfa= Â/2. En effet tg(alfa) = (28-23)/40 = 0,125

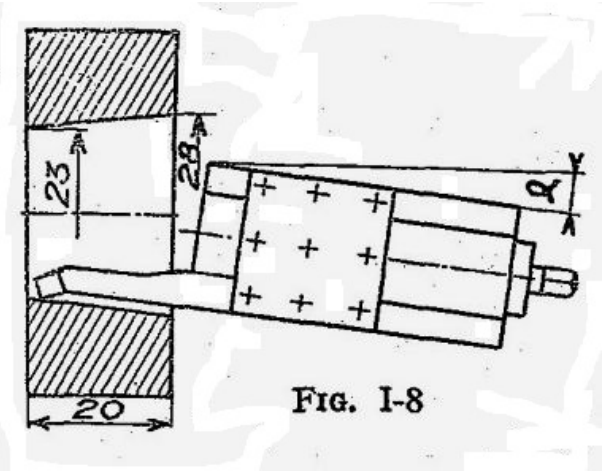


FIG. I-8

1.1. Vérification du réglage

Les disques gradués du porte-chariot des tours d'établi amateur ne sont pas précis. Pour régler précisément l'angle alfa, la méthode la plus simple et la moins coûteuse pour nos ateliers est d'utiliser un comparateur monté directement dans le porte-outil.
On commence par régler au mieux l'angle alfa à l'aide d'une pige ou d'un rapporteur d'angle. Ensuite on déplace d'une longueur contrôlée l' la coulisse du chariot porte-outil. On vérifie au comparateur qu'en fin de course, on aura eu un serrage e=l'*sin(alfa). La fonction de calcul sin() se trouve sur toutes les calculettes en mode scientifique.

Par exemple si alfa = 3° et l' = 30 mm alors **e** = 30*sin(3) = 30*0,0523 = 1,57 mm

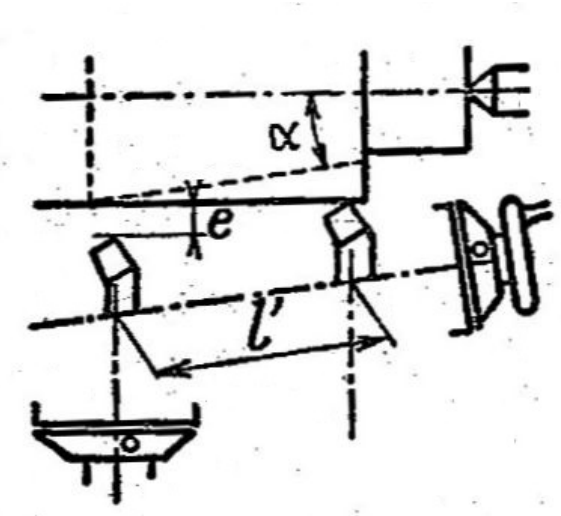


FIG. I-10

*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. TOURNAGE CONIQUE PAR DESAXEMENT DE LA CONTREPOINTE

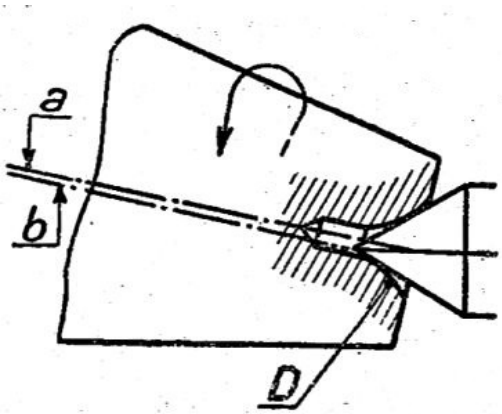


FIG. I-17

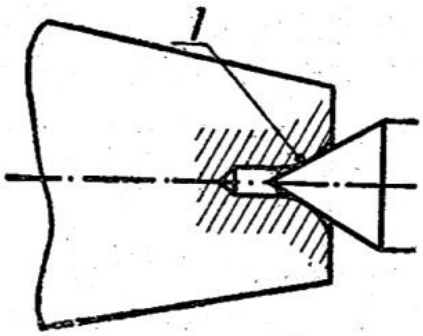


FIG. I-18

Avec ce procédé on ne peut pas exagérer le désaxement car les centres travaillent dans de mauvaises conditions, même si côté poupée mobile on utilise une pointe tournante montée sur roulements. Le logement de la pointe subit une déformation lors de l'usinage. Lorsque l'on remet la pièce dans l'axe pour un tournage cylindrique classique, le centre ne porte plus que sur une petite région (fig. I-18) avec non seulement un faux-rond mais aussi une usure rapide des pointes. Il est admis que l'angle alfa ne doit pas dépasser 2 degrés.

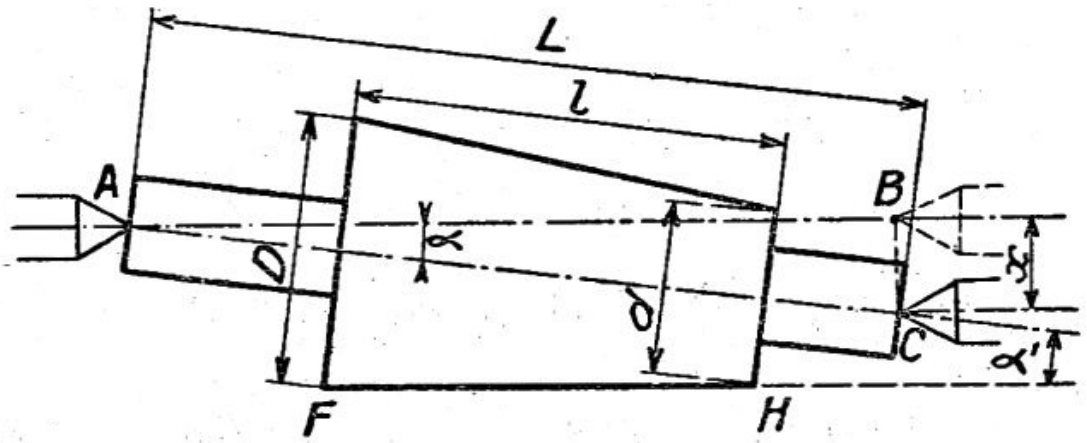


FIG. I-19

Le désaxé BC se calcule perpendiculairement par rapport à la ligne des centres AB
Avec les notations de la figure I-19 on aura x = L * sin(alfa)

Remarque :

*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***

Pour les pièces de fort diamètre tenues par des grosses pointes on doit corriger la longueur L de la profondeur de pénétration des pointes.

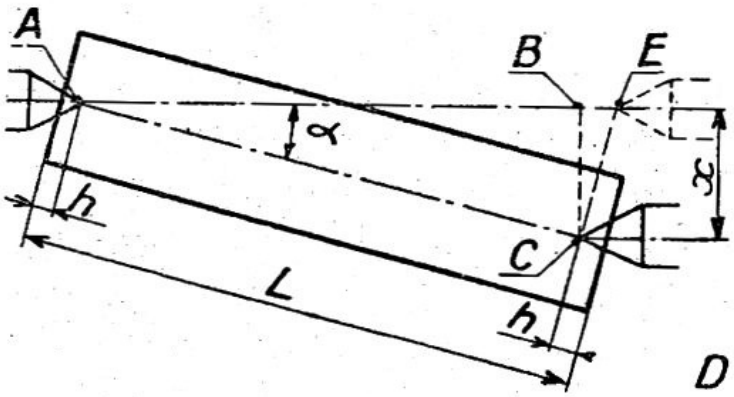


Fig. I-20

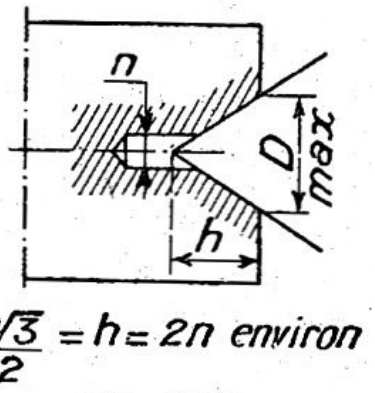


Fig. I-21

L_réelle = L-2*h que l'on peut approximer par L_réelle = L - 4*n, n étant le diamètre du canal de perçage pratiqué par le foret à centrer et qui sert de réserve d'huile. De notre expérience nous n'avons jamais eu à s'en préoccuper dans notre pratique modéliste.

3. NOTES COMPLEMENTAIRES

3.1. Vérification du portage du cône

Il est indispensable de vérifier le portage de la surface conique avant d'atteindre la cote définitive. Le portage sert à s'assurer que l'angle alfa est exact. On utilise un tampon étalon trempé et rectifié. En général, en pratique amateur on aura pour l'essentiel des cônes d'emmanchement de type Morse à fabriquer pour telle ou telle application. Les étalons sont fournis par les cônes Morse industriels ou ceux femelles de nos machines.

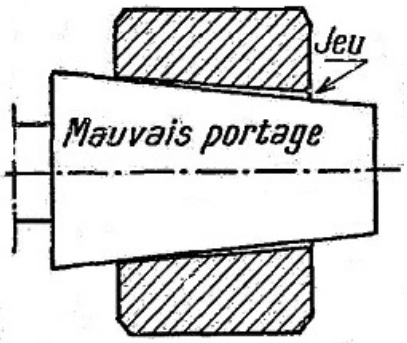


Fig. I-27

La marge de pénétration à réserver doit être d'autant plus grande que la conicité est plus faible, l'enfoncement étant dans ce cas très grand pour une faible profondeur de passe. A titre d'exemple l'enfoncement est de 4 mm pour un profondeur de passe de 0,1 mm lorsque la conicité **c** est de 5 %.

3.2. Vérification de l'ajustement

*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***

On procède par petites passes successives, chacune d'elle étant suivie d'un contrôle au calibre. A cet effet on trace à la craie ou au crayon gras en traits fins 2 ou trois génératrices sur le cône mâle. On introduit le calibre sans forcer puis on le fait tourner doucement. On observe les traits.

- Si les traits ont été effacés ou entraînés sur toute leur longueur, le portage est correct.
- S'ils sont effacés aux deux extrémités seulement il faut régler la hauteur de l'outil qui est probablement trop bas
- S'ils sont effacés à une seule extrémité seulement on réajuste l'angle alfa

3.3. Mise à la cote exacte du cône

Lorsqu'un bon portage est assuré, une bague conique A occupe, par exemple, la position figurée en I-28. Le problème est de calculer la profondeur de passe e pour que la bague avance de f s'assurant ainsi que l'on a bien un cône de longueur l.
On utilisera la formule e = c/2*f avec f obtenu par mesure ; on rappelle que c = (D-d)/2/l

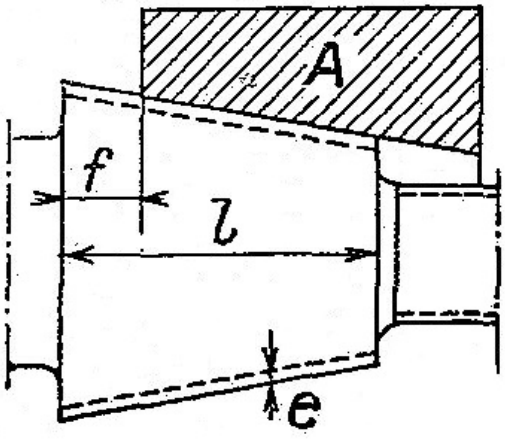


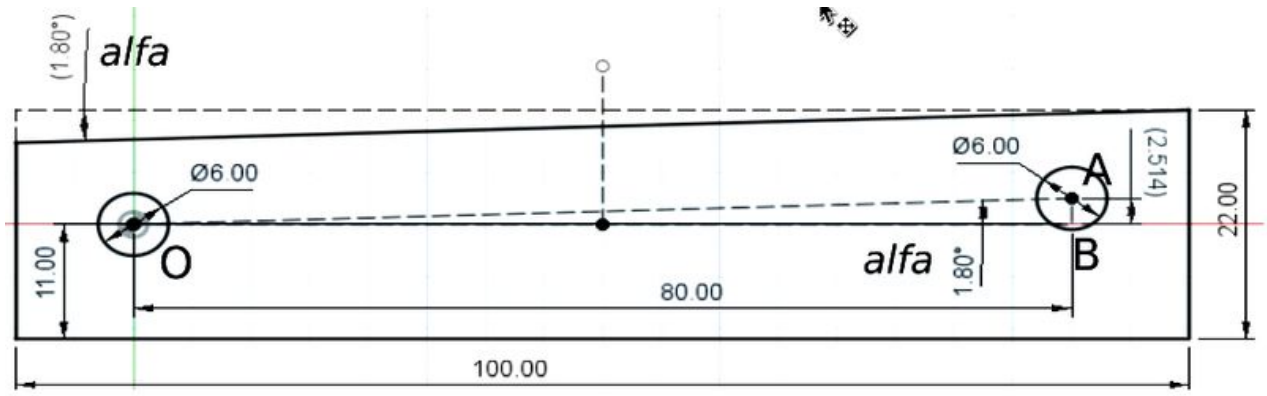
Fig. I-28

Ex : **c** = 16 % et f = 10 mm, alors e = 0,16/2*10 = 0,8 mm

Pour les passes de finition qui sont souvent très faibles on s'aidera d'un comparateur car les bagues graduées des manivelles ne sont pas assez précises.

*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***

3.4. Usinage d'une cale angulaire



On peut écrire que Tan (alfa) = AB/OB soit aussi AB= OB*Tan(alfa).

Supposons que l'on veuille un angle de 1,8° ; Tan (1,8°) = 0,0314263

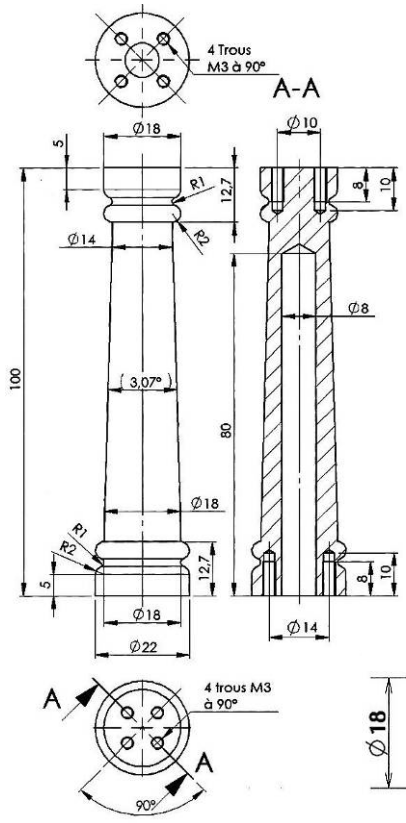
Si on prend OB = 80 mm alors AB = 80*0,0314263= 2,514 mm

On part d'une ébauche rectangulaire. On perce un trou de D = 6 mm. On se déplace de 80mm en X, puis de 2,51 mm en Y. On perce un second trou de D = 6 mm. On va insérer un rond de D = 6mm dans chaque perçage. Les ronds servent de cales sur les mâchoires de l'étau. Ensuite on effectue un fraisage de la tranche sur une longueur suffisante.
Deuxième partie :

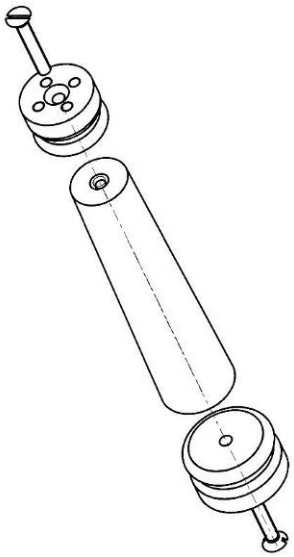
*Ce document est la propriété de **VAPEUR 45**. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de **VAPEUR 45***

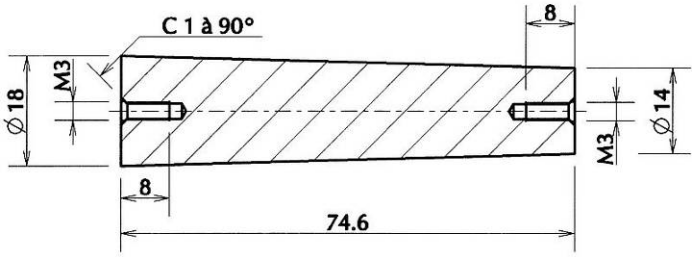
4. EXECUTION PRATIQUE DE LA COLONNE D'UN MOTEUR A BALANCIER

Nous partons sur la colonne du moteur de Jean-Pierre DUVAL, le 16x32 à balancier. Le plan original ci-dessous nous donne les principales cotes.



Pour la réalisation de cette pièce, nous sommes partis sur une décomposition en 3 éléments. Cela pour plusieurs raisons; d'une part, pour des débutants en usinage, une erreur d'usinage sur un élément, ne remet pas en cause le reste de la pièce, il suffit de refaire la pièce incriminée. Deuxièmement, avec l'aide d'un gabarit, il sera plus facile d'obtenir un alignement des perçages supérieurs et inférieurs. Et troisièmement, d'avoir un exemple simple à traiter pour l'étude de l'usinage d'un cône.
Le plan ci-dessous nous donne la partie centrale de la colonne.

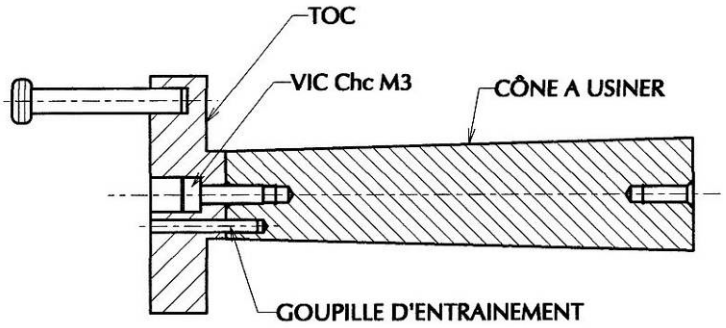




4.1. Note d'atelier :

Nous allons procéder au tournage conique de notre pièce par désaxement de la contre pointe, mais en utilisant une tête d'alésage dans la poupée mobile et des pointes sphériques. Avec ce procédé on peut exagérer le désaxement car les centres travaillent dans de meilleures conditions. Dans notre cas, l'angle est inférieur à 2 degrés, *(voir chapitre 2)* mais encore une fois, c'est un exemple que nous traitons.

Afin d'entraîner la pièce à usiner, nous allons réaliser un toc, ce toc interviendra dans le calcul de désaxement de la tête d'alésage. Nous donnons un schéma de principe, mais le toc sera à interpréter pour chaque cas de figure.



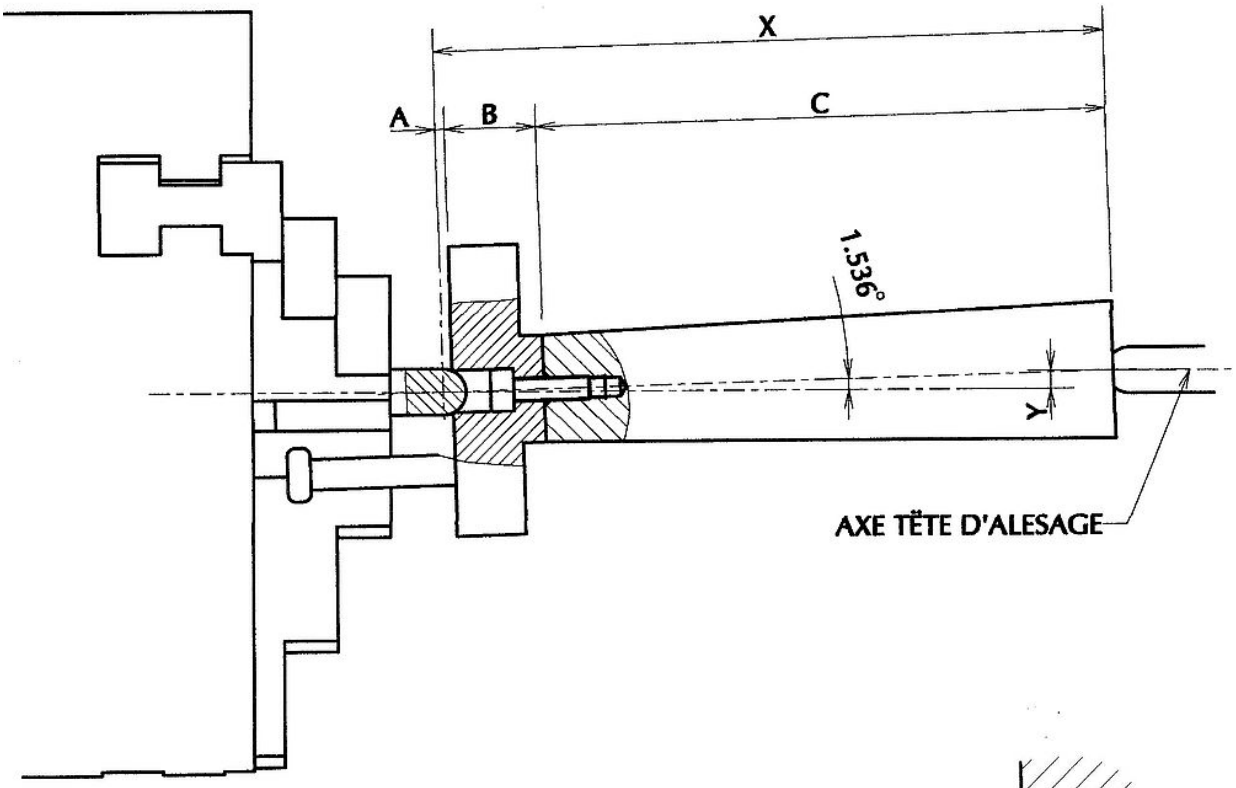
Ce toc est fixé sur la pièce à usiner par l'intermédiaire une vis M3 et d'une goupille de diamètre 2 mm donnant une sécurité dans l'entraînement pendant l'usinage.

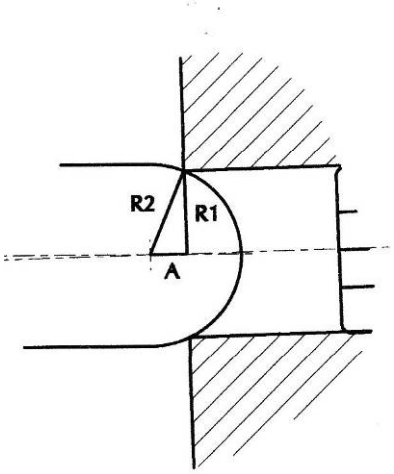
*Ce document est la propriété de **VAPEUR 45**. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de **VAPEUR 45***

FICHE TECHNIQUE
TOURNAGE CONIQUE

FPe27

Comme nous l'avons précisé plus haut, cette pièce intervient dans l'excentration de la tête d'alésage de manière suivante :





Pour le calcul de la valeur de **Y**, nous avons besoin de la longueur **X** qui est la somme de trois cotes, **A** étant la valeur entre le centre de la sphère et la face d'appui du toc. **B** étant la largeur du toc et **C**, valeur connue de la pièce.

Le rayon de la sphère **R2** est de 3 mm, le rayon de perçage du toc **R1** est de 2.75 mm, on en déduit **A** = $(R2^2 - R1^2)^{1/2}$

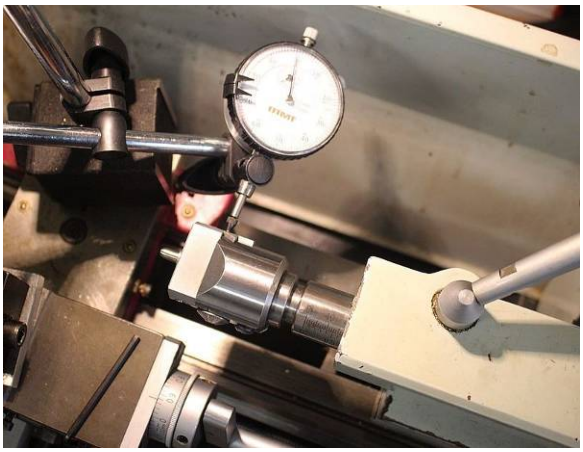
½ étant la racine carrée **A** = $(3^2 - 2.75^2)^{1/2}$ = 1.2 mm
B = 12 mm (dans notre cas)
C = 76.4 (suivant le plan)
Ce qui nous donne **X** = 89.6 mm

La valeur de décentrement **Y** = **X** * sin (1.536°) soit 2.4 mm

*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***

4.2. Mise en œuvre :

On étalonne la hauteur du palpeur du comparateur par rapport à une ponte sèche disposée dans le fourreau de la poupée fixe du tour. Ensuite, en vérifie la concentricité de la tête d'alésage disposée également dans le même fourreau.



On dispose la tête d'alésage dans la poupée mobile et on décale l'axe de la tête d'alésage de la valeur y soit 2,4 mm. Sur la photo de droite, la pièce à usiner et le toc d'entraînement.

Usinage en cours.

*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***

4.3. Vérification du cône :

En cours d'usinage, nous avons vérifié la conicité de la pièce en mesurant le cône directement avec le pied à coulisse, suivant le dispositif de la figure ci-dessous *(voir chapitre **5.4**)*.

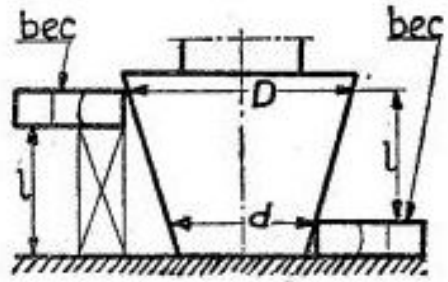


FIG. I-34

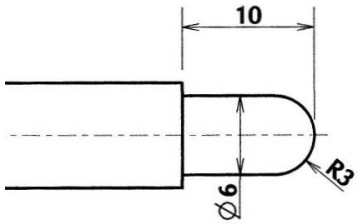
Nous avons relevé les valeurs suivantes :
d = 21,1 mm
D = 23,8 mm
La hauteur des Vé **l** est de 50,4 mm

Tg Alpha = D – d / 2l soit (23.8 – 21.1) / 100.8 = 0,0268 soit 1°534 pour 1°536 sur le plan.

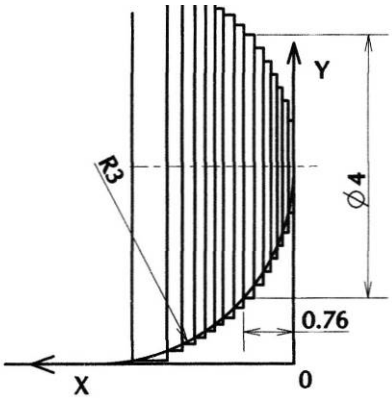
*Ce document est la propriété de **VAPEUR 45**. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de **VAPEUR 45***

4.4. Usinage des pointes sphériques :

Le schéma ci-dessous nous donne les dimensions de la pointe sphérique. Encore une fois, les dimensions correspondent à notre exemple et seront à revoir pour vous au cas par cas.



La réalisation de la demi-sphère peut se faire de plusieurs manières, soit par un outil de forme, soit par un appareil à tourner les rayons. Nous vous proposons une méthode par crènelage, c'est-à-dire en tournant des passes successives de diamètres différents et de longueurs différentes en effet d'escalier, sur un tour classique sans lecteur digital.
Les passes seront réalisées avec des coordonnées calculées. La finition se fera à l'aide d'une lime douce.



La profondeur de passe (en Y) dépendra bien sûr du diamètre de la sphère à réaliser. Une sphère de 50 mm de diamètre demandera des passes de 1 mm par exemple. Dans notre cas, pour 6 mm de diamètre, nous aurons des passes de 0,2 mm au rayon soit 15 passes. Pour chaque passe, il faudra calculer la longueur de passe (en X) par la formule suivante :

$$\mathbf{Lp} = \mathbf{R} - (\mathbf{R}^2 - (\mathbf{R} - \mathbf{Np} * \mathbf{Pp})^2)^{(1/2)\ (1)}$$

Lp = Longueur de passe *(axe X du chariot porte outil)*

R = Rayon de la sphère
Np = Numéro de passe
Pp = Profondeur de passe *(axe Y du chariot transversal)*

Nombre de passes = **R** / **Pp**

Voici le tableau reprenant l'ensemble des cotes. Pour une meilleure définition dans les premières passes, nous avons opté, pour les 4 premières passes, pour une **Pp** de 0,1 mm et pour les suivantes, pour une **Pp** de 0,2 mm.

Np	Dia passe	Lp
1	2,9	2,23
2	2,8	1,92
3	2,7	1,69
4	2,6	1,5
5	2	0,76
6	1,8	0,6
7	1,6	0,46
8	1,4	0,35
9	1,2	0,25
10	1	0,17
11	0,8	0,11
12	0,6	0,06
13	0,4	0,03
14	0,2	0,01
15	0	0

Pour la finition, il suffit d'écrêter les arêtes à l'aide d'une lime douce après avoir, au préalable, enduit la sphère de bleu de traçage. Lorsqu'il ne reste qu'un fin filet à chaque passe, effectuer la finition au papier émeri très fin.

[1] *(1/2) est égal à la racine carrée*

*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. ANNEXE : ELEMENTS SIMPLIFIES DE METROLOGIE

L'examen dimensionnel d'un tronc de cône comporte les deux opérations principales suivantes :

Le contrôle de la conicité ou de l'angle x;
La mesure du diamètre d'une section normale, déterminée en position par rapport à l'une des bases.

5.1. Détermination précise du petit diamètre d'un cône par mesure indirecte.

Dans l'impossibilité de mesurer le petit diamètre d'un cône, voici comment on peut opérer pour déterminer s'il est bien à la mesure exigée.

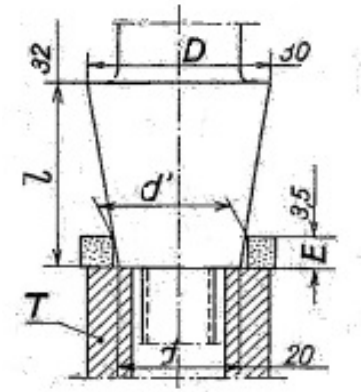


FIG. 1-31

Reposer le cône sur un tas **T** (ou appliquer une rondelle contre la face terminale de la petite base). A l'aide d'un pied à coulisse, les becs appuyés à plat sur le tas (ou contre la rondelle), relever la mesure **d'** du cône en regard de l'épaisseur **E** des becs du calibre, comme le montre la figure ci-dessus.

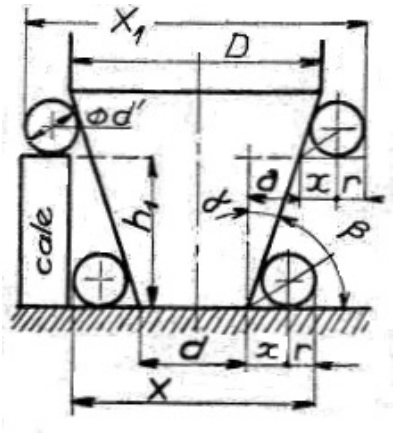
D, étant connu, on peut, avec la formule ci-dessous, savoir si le diamètre de la petite base est précisément à la cote demandées; en considérant **d'** en fonction de **d**.

$$d' = d + \frac{(D-d)\times E}{l} = 20 + \frac{(30-20)\times 3{,}5}{32} = 21{,}09 \text{ mm}$$

*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***

5.2. Mesure à l'aide de cylindres tangents

Un cône extérieur peut être vérifié en utilisant deux piges cylindriques parfaitement calibrées de diamètre **d'** défini et deux cales de hauteur $\mathbf{h_1}$ appropriée.



X et $\mathbf{X_1}$ sont les cotes à lire hors piges.

Alpha = ½ angle au sommet du cône.

Tg Alpha = D-d/ 2l = c/2 (formules connues)

X = d+2x + d' $\mathbf{X_1}$ = d + 2a + 2x + d' (d' = 2r)

5.3. Contrôle de la conicité.

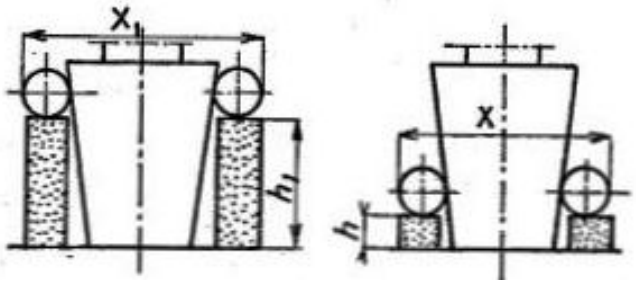
Ce contrôle doit permettre de vérifier la conicité en cours d'usinage, avant même d'obtenir les cotes de rigueur. On peut, à défaut d'étalon pour une vérification au portage, mettre en œuvre une des méthodes ci-dessous.

5.3.1 Vérification à l'aide d'une pige et cales

On mesure la conicité **c**, avec le dispositif de la figure ci-dessous, à l'aide de la formule suivante :

$$c = \frac{X_1 - X}{h_1 - h} \text{ d'où } \operatorname{tg}\alpha = \frac{c}{2} = \frac{X_1 - X}{2(h_1 - h)}$$

Alpha = demi-angle au sommet du cône.



*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***

5.4. Vérification à l'aide d'un pied à coulisse

On mesure le cône directement avec le pied à coulisse, suivant le dispositif de la figure ci-dessous, à l'aide de la formule suivante :

C = D – d / l d'où Tg Alpha = D – d / 2l

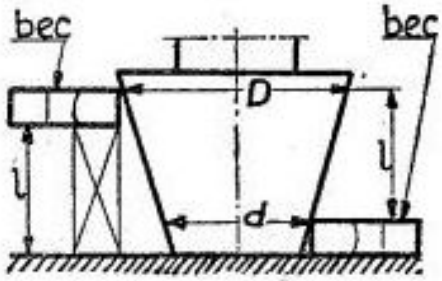


FIG. I-34

Alpha = demi-angle au sommet du cône

5.5. Vérification d'un cône au tour

Pour contrôler la conicité on peut, la pièce étant placée entre pointes, procéder à la vérification en s'inspirant de la méthode dictée par la figure ci-dessous.

Un comparateur est fixé sur la tourelle porte-outil, sa touche réglée exactement à hauteur de l'axe des pointes. Après avoir mis la touche au contact de la pièce en **a** et ramené le cadran à zéro, on déplace le trainard à la main, d'une longueur **l'**, légèrement inférieure à celle du cône (longueur contrôlée soit à l'aide d'une cale C à dimension, soit avec un indicateur des longueurs si le trainard en est pourvu). On vérifie enfin, par les indications du comparateur, si la touche a bien effectué, sur la longueur **l'**, le déplacement x correspondant à la différence des rayons du cône, déplacement calculé avec l'une des formules suivantes :

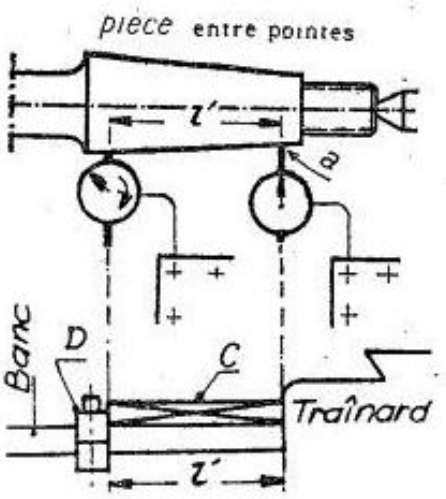


FIG. I-35

$$x = \frac{D - d}{2\,l} \times l' \quad \text{ou} \quad x = \frac{c}{2} \times l'$$

Nota :
Cette méthode ne peut être efficace que si la contre poupée est, au préalable, réglée en alignement, c'est-à-dire réglée afin d'assurer aux surfaces tournées, une cylindricité parfaite.

*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***

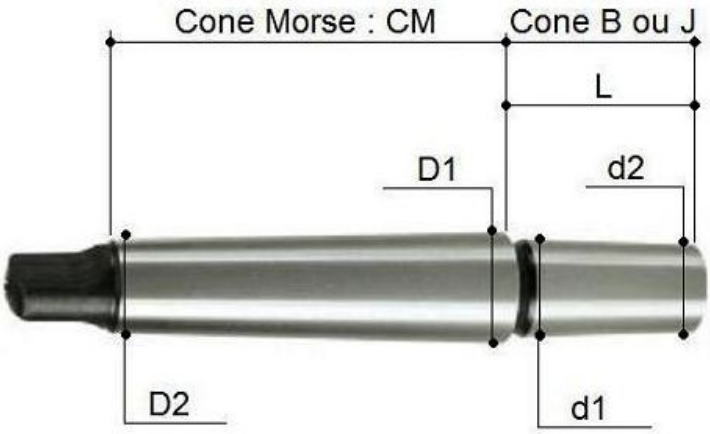
6. CONE MORSE

Un cône Morse est un emmanchement conique utilisé sur une machine outil pour la fixation d'un outil. Les dimensions sont normalisées suivant DIN 238, d'une conicité de l'ordre de 5 %, permettant le centrage et l'entraînement d'un arbre, d'un mandrin, d'un outil de coupe, etc.

Cone Morse : CM

	D1	D2
CM0	9,05	6,10
CM1	12,07	9,00
CM2	17,78	14,00
CM3	23,83	19,10
CM4	31,27	25,20
CM5	44,40	36,50
CM6	63,35	52,40

EX MACHINA



Cone B — Cone J (Jacobs)

	d1	d2	L		d1	d2	L
B 6	6,350	5,85	10	J 0	6,350	5,802	11,112
B 10	10,094	9,4	14,5	J 1	9,754	8,469	16,669
B 12	12,065	11,1	18,5	J 2	14,199	12,386	22,225
B 16	15,733	14,5	24	J 33	15,850	14,237	25,400
B 18	17,780	16,2	32	J 6	17,170	15,852	25,400
B 22	21,793	19,8	40,5				
B 24	23,825	21,3	50,5				

dimensions en mm

Source :
http://www.exmachina-shop.fr/SHOP/catalog/product_info.php?cPath=29_340&products_id=2276

*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***