

# Appendice tournage

## TOUR

**D180 / D210 / D240 / D250 / D280**

## Sommaire

### 1 Appendice tournage

1.1	Désignation ISO pour outils à plaquette, usinage intérieur .....	4
1.2	Désignation ISO pour outils à plaquette pour usinage extérieur .....	5
1.3	Outil réversible avec plaquette carbure brasée .....	6
1.4	Tailler "le premier copeau" .....	6
1.5	Usinage extérieur, tournage longitudinal et dressage ( surfaçage ) .....	8
1.6	Usinage, perçage et tournage intérieurs .....	8
1.7	Usinage de filets extérieurs et intérieurs .....	9
1.7.1	Types de filets .....	10
1.7.2	Filets métriques ( 60° angle de flanc ) .....	11
1.7.3	Filetages anglais ( 55° angle de flanc ) .....	12
1.7.4	Plaquettes interchangeables .....	13
1.7.5	Exemples d'usinage de filets .....	14
1.8	Saignage, découpe et décolletage .....	16
1.9	Tournages de cônes avec grande précision .....	18
1.10	Matériaux de coupe .....	21
1.11	Valeurs standard des paramètres de coupe pour le tournage .....	22
1.11.1	Tableau des vitesses de coupe .....	24
1.12	Afûtage ou ré-afûtage des angles de coupe des outils de tournage .....	24
1.12.1	Termes pour les outils de tournage .....	25
1.12.2	Géométrie des arêtes de coupe pour outil de tournages .....	26
1.12.3	Types de formes de coupes .....	26
1.13	Durée de vie et caractéristiques d'usure .....	28

### 2 Annexe pignons

2.1	Assemblage des pignons .....	29
2.1.1	Le tableau des engrenages de votre tour .....	30
2.2	Détermination des modules de roues dentées .....	30
2.3	Tableau des engrenages pour filets "anglais" .....	31
2.4	Tableau des engrenages pour filets métriques .....	44

# 1 Appendice tournage

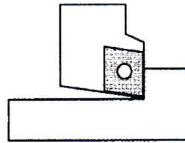
Le tournage est un procédé d'usinage et de coupe avec certaines géométries d'angle de coupe positives ou négatives.

Pour l'usinage extérieur on utilisera le porte-outils extérieur avec des barreaux carrés tandis que pour l'usinage intérieur (ou alésage) des barreaux ronds ou oblongs seront utilisés (se référer au code ISO pour les porte-outils et les barreaux).

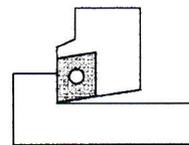
Pour déterminer la direction d'usinage, nous distinguerons les outils à droites, à gauches et neutres.

Sur ce type de tour, vous travaillerez généralement avec des outils "à droites" car les outils sont utilisés **devant** le centre de rotation.

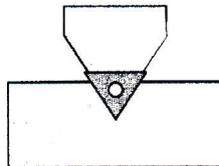
## Direction d'usinage pour outils sur porte-outil



Img. 1-1: outil à droite

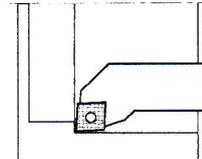


Img. 1-3: outil à gauche

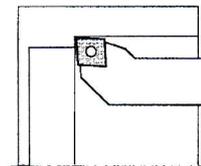


Img. 1-5: outil neutre

## Direction d'usinage pour les barreaux d'alésage

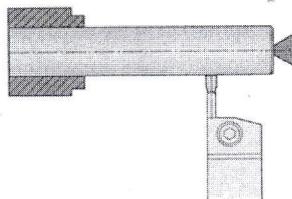


Img. 1-2: barreau d'alésage droit

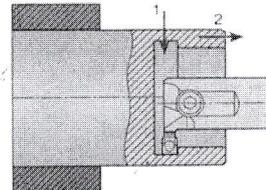


Img. 1-4: barreau d'alésage gauche

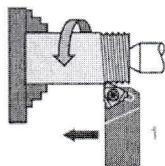
Pour l'usinage de pièces sur le diamètre extérieur ou intérieur, des outils de formes différentes sont requis, pour un tournage longitudinal, un surfacage, un chariotage ou pour réaliser un filetage aussi bien que pour saigner, dresser ou couper.



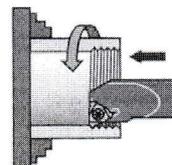
Img. 1-6: outil pour saigner ou tronçonner



Img. 1-7: outil à gorge intérieure



Img. 1-8: outil de filetage extérieur



Img. 1-9: outil de filetage intérieur

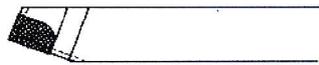
## 1.1 Désignation ISO pour outils à plaquette, usinage intérieur

Materiu du corps			Diamètre de barre	Longueur d'outil	Type de fixation
Lettre d'identification	Materiu du corps	Dispositifs de construction	 D		 C = bride
S A B D	acier de coupe	aucun avec refroidissement interne avec amortisseur de vibrations avec refroidissement interne et amortisseur de vibrations			
C E F G	carbure	aucun avec refroidissement interne avec amortisseur de vibrations avec refroidissement interne et amortisseur de vibrations	08 10 12 16 20 25 32 40 50	 M = trou central et bride	
H J	metal lourd	aucun avec refroidissement interne	lettres d'identification pour la longueur  A 32 mm B 40 mm C 50 mm D 60 mm E 70 mm F 80 mm G 90 mm H 100 mm J 110 mm K 125 mm L 140 mm M 150 mm N 160 mm P 170 mm Q 180 mm R 200 mm S 250 mm T 300 mm U 350 mm V 400 mm W 450 mm X longueur spéciale Y 500 mm		
				 P = trou central	
				 S = vis	

## 1.2 Désignation ISO pour outils à plaquette pour usinage extérieur

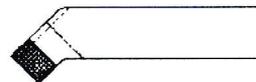
Type de fixation	Forme de plaquette		Forme du support de plaquette		angle de dépouille			
 C = bride	A	85°	A	90°	B	75°	A	3°
	B	82°					B	5°
	C	80°	C	90°	D	45°	C	7°
 M = trou central et bride	D	55°					D	15°
	E	75°	E	60°	F	90°	E	20°
	H	120°					F	25°
 P = trou central	K	55°	G	90°	J	93°	G	30°
	L	90°					H	0°
	M	86°	K	75°	L	95°	I	11°
 S = vis	O	135°					N	0°
	P	108°	M	50°	N	63°	O	α°
	R	-					P	11°
	S	90°	R	75°	S	45°	Q	α°
	T	60°						<b>angle de dépouille ou des indications spéciales sont requises</b>
	V	35°	T	60°	U	93°		
	W	80°						
			V	72,5°	W	60°		
					Y	85°		

## 1.3 Outil réversible avec plaquette carbure brasée



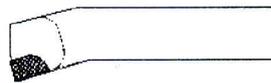
Img. 1-10: outil à droite à charioter

DIN 4971 ISO 1



Img. 1-11: outil coudé à charioter

DIN 4972 ISO 2



Img. 1-12: outil à aléser corps rond

DIN 4973 ISO 8



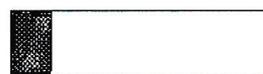
Img. 1-13: outil à aléser dresser

DIN 4974 ISO 9



Img. 1-14: outil de finition

DIN 4975



Img. 1-15: Outil pelle

DIN 4976 ISO 4



Img. 1-16: outil à dresser les faces

DIN 4977 ISO 5



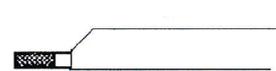
Img. 1-17: outil à dresser d'angle

DIN 4978 ISO 3



Img. 1-18: Outil couteau

DIN 4980 ISO 6



Img. 1-19: Outil à saigner

DIN 4981 ISO 7

Les outils de tours en acier rapide (HSS) et les outils de tours avec pastille carbure brasée sont des outils pleins. La géométrie d'angle de coupe est à adapter en fonction de l'usinage correspondant. ➤ "Afûtage ou ré-afûtage des angles de coupe des outils de tournage" en page 24

Pour les outils supports avec plaquettes interchangeables, la géométrie de coupe de l'outil support et de la plaquette interchangeable est fixe. Pour ce type d'outil il y a quatre cas de figures pour les plaquettes interchangeables. ➤ "Désignation ISO pour outils à plaquette pour usinage extérieur" en page 5

## 1.4 Tailler "le premier copeau"

De façon à tailler "le premier copeau", un outil pour usinage extérieur et un barreau pour le tournage intérieur sont requis. De plus, un forêt à centrer (HSS) est nécessaire pour percer deux trous concentriques sur la pièce à usiner.

Pour le "hobby" il est recommandé d'utiliser des outils de tours à plaquettes interchangeables et fixation par vis. Ces outils de tours ne requièrent pas d'affûtage et la plaquette interchangeable a une forme de coupe positive. Un apprentissage est toutefois nécessaire avec ce type d'outils.

Vous devez d'abord déterminer le type d'outil que vous utilisez pour déterminer l'épaisseur ou le diamètre du corps d'outil (partie fixation de l'outil).

Les hauteurs indiquées sont la mesure entre le banc du tour et la pointe de l'outil. Comme il n'y a pas encore de porte-outil, la différence de hauteur est à déterminer entre la surface de pose de la tourelle 4 positions et l'axe de rotation (ligne imaginaire entre le centre du mandrin et la contre-pointe). Pour certaines machines, la différence en hauteur de l'axe de rotation est indiquée dans les données techniques.

Pour les outils ISO ou DIN, la hauteur du corps d'outil est égale à la hauteur du point de coupe. Après avoir fixé et serré l'outil, la hauteur du point de coupe devra être vérifiée. Pour des barreaux ISO, la hauteur du point de coupe est la moitié du corps d'outil et pour les barreaux à méplat la moitié de la hauteur du méplat. Pour les outils intérieurs DIN la hauteur du point de coupe correspond à  $0,8 \times$  le diamètre du corps d'outil.

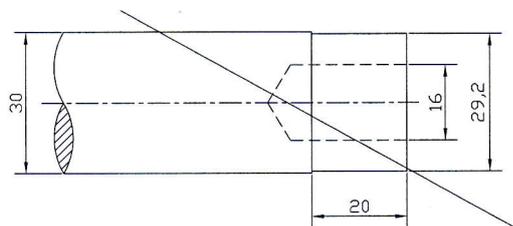


### ATTENTION!

Si à cause de la tolérance il y a un cône ou un têtou, sur la face plane, la hauteur exacte des centres est à trouver par la méthode d'essais successifs (mettre l'outil plus haut pour un têtou et plus bas pour un cône).

La hauteur de centre est à vérifier chaque fois que l'on change d'outil!

Par exemple un cylindre avec un diamètre de 30mm est à usiner en C45. Le diamètre extérieur est à tourner et dresser sur 20mm et un trou de 16mm est à percer.



### Selection des outils

- Outil pour tournage et dressage avec un angle de coupe en coin de  $95^\circ$
- plaquette interchangeable avec un angle de pointe de  $80^\circ$
- nous sélectionnons un carbure enduit HC M15/K10 comme matériau de coupe. Avec cet outil, environ 75% de tous les travaux à effectuer au tour sur le diamètre extérieur peuvent être effectués.

### Sélection des données de coupe

- Un matériau dur avec la désignation HC M15/K10 a été choisi comme matériau de coupe, vitesse de coupe  $v_c = 80$  m/min
- $a_p = 0,4$  mm pour l'usinage extérieur;  $a_p = 0,2$  mm pour l'usinage intérieur
- $f = 0,05$  mm/tour (valeur de l'avance automatique)

La vitesse à sélectionner est calculée par la formule

$$n = \frac{V_c \times 1000}{d \times 3,14} = \frac{80 \times 1000}{30 \times 3,14} = 849 \text{ tours}$$

## 1.5 Usinage extérieur, tournage longitudinal et dressage ( surfaçage )

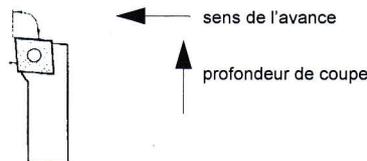
Pour un usinage longitudinal, l'outil est déplacé parallèlement à l'axe de rotation. L'avance est assurée par la manipulation de la manivelle du chariot supérieur ( donc le chariot principal est à bloquer sur le banc du tour avec la vis de blocage ). Au préalable, vous devez vérifier que l'angle d'inclinaison du chariot supérieur est bien remis à zéro de manière à ne pas usiner un cône...

L'avance peut aussi être assurée automatiquement par la vis mère en déplaçant le levier d'embrayage sur l'écrou de la vis mère. Prenez garde que l'avance automatique n'est pas arrêtée automatiquement.

L'arrêt doit être fait à la main!

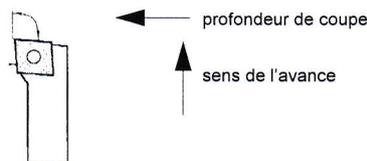
Soyez aussi attentif au choix des pignons d'avance!

La profondeur de coupe est obtenue via la manivelle du chariot transversal en direction de l'axe de rotation.



Img.1-20: tournage longitudinal

Pour le dressage, le chariot principal doit être bloqué sur le banc avec la vis de blocage. L'avance est obtenue en tournant la manivelle du chariot transversal et la profondeur de coupe est obtenue avec la manivelle du chariot supérieur.



Img.1-21: dressage ( surfaçage )

## 1.6 Usinage, perçage et tournage intérieurs

### Selection des outils

- mandrin de perçage avec cône morse
- Forêts de centrage
- barreau avec un angle de coupe de 95°. Ce barreau a un diamètre de serrage de 8,0mm, donc une hauteur de point de coupe de 4,0mm. Pour un barreau avec un plat sur le dessus, un support peut être mis autour de l'outil de façon à obtenir la hauteur de centre requise. Si le barreau a un bout spécifique, un embout ou un support adéquat sera requis.
- Pour les barreaux, prenez en compte qu' il y a un diamètre de tournage minimum prédéterminé, dans cet exemple de 11mm.
- L'avantage de la sélection de ces outils est que vous pouvez utiliser les même plaquettes interchangeables que pour le tournage extérieur. . .
- Avec cet outil, vous pourrez accomplir environ 75% des travaux sur les diamètres intérieurs.
- Pour usiner des trous concentriques sur le tour, des forêts (HSS) sont requis. Dès lors un mandrin de perçage d'une capacité de 1 à 13mm ou 3 à 16mm avec cône morse ( p.ex. cône morse CM2 ) sera également requis.

Le mandrin de perçage et son cône morse sont logés dans le fourreau de la poupée mobile, et les forets choisis sont serrés dans le mandrin. L'avance pour le perçage est assurée par la manivelle de la poupée mobile.

- Pour être sûr que le forêt ne va pas se décentrer, on aura usiné au préalable un trou de centrage sur la pièce à percer avec un forêt à centrer. Pour les trous supérieurs à 6,0mm vous devrez d'abord pré-percer à un diamètre inférieur. Deux forêts de 4,0mm et de 11,5mm seront utilisés.
- Avec le barreau d'alésage seul le diamètre prédéterminé est suivi. L'avance est assurée en tournant la manivelle du chariot supérieur parallèlement à l'axe de rotation ( suivez également les indications pour le tournage longitudinal ). La profondeur de coupe sera assurée en tournant la manivelle du chariot transversal en s'écartant du centre.
- Assurez vous que le barreau est bridé de la façon la plus courte possible ( pour éviter des vibrations ). Vous pouvez compter sur une longueur de coupe empirique égale à quatre fois le diamètre du trou.

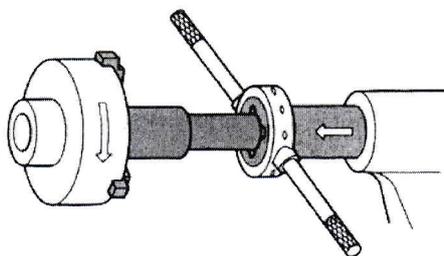
## 1.7 Usinage de filets extérieurs et intérieurs

Des filets avec un petit diamètre et un pas standard peuvent être réalisés manuellement sur le tour au moyen de tarauds ou de filières en tournant le mandrin et donc la pièce manuellement, ceci est la façon la plus simple pour tailler un filet.

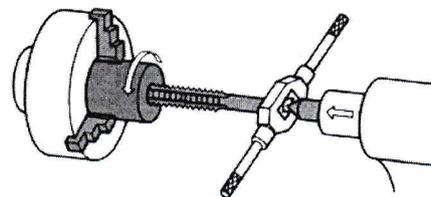


### ATTENTION !

Enlever la prise électrique du tour si vous voulez fileter de cette façon.

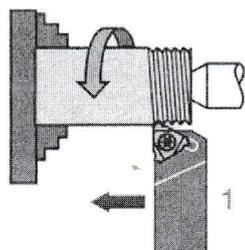


Img. 1-22: filière dans un porte filière

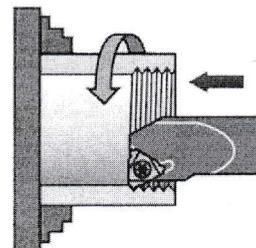


Img. 1-23: taraud dans un "tourne à gauche"

Des boulons et écrous avec un grand diamètre de filetage, des filets avec un pas hors norme ou de type spécial, avec filetage à droite ou à gauche peuvent être usinés avec la fonction de filetage ( ou taille de filets ). Pour cet usinage il y a aussi bien des outils pour le filetage extérieur que des barreaux pour le filetage intérieur avec des plaquettes interchangeables ( avec une pointe ou plusieurs pointes ).



Img. 1-24: filetage extérieur

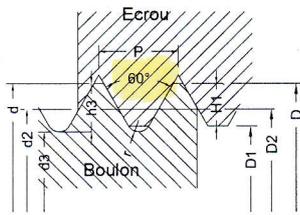


Img. 1-25: filetage intérieur

## 1.7.1 Types de filets

Designation	Profil	lettre code	Abréviation ( p. e. )	Application
Filetage ISO		M UN UNC UNF UNEF UNS	M4x12 1/4" - 20UNC - 2A 0,250 - UNC - 2A	Machine outil et ingénierie mécanique générale
UNJ		UNJ	1/4" - 20UNJ	Industrie aviation et aérospatiale
Whitworth		B.S.W. W	1/4" in. -20 B.S.W.	filets cylindriques, filets pour tuyaux coniques ou cylindriques, filets ou l'étanchéité est assurée par le filet
filet trapézoïdal ISO (filetage simple ou multiple)		TR	Tr 40 x 7 Tr 40 x 14 P7	Filet de mouvement, filet principal, filet de transpopt
filet rond		RD	RD DIN 405	garnitures et applications pour les pompes
NPT		NPT	1" - 1 1/2" NPT	Garnitures et jonction de tubes

1.7.2 Filets métriques ( 60° angle de flanc )



pas P  
 profondeur de filet du boulon  $h_2 = 0,6134 \times P$   
 profondeur de filet de l'écrou  $h_1 = 0,5413 \times P$   
 arrondi  $r = 0,1443 \times P$   
 diamètre de flanc  $d_2 = D_2 = d - 0,6493$   
 diamètre de pré-perçage pour taraudage =  $d - P$   
 angle de flanc = 60°

Filetage métrique à pas normal

dimensions en mm: utiliser de préférence les filets de la colonne 1

Dénomination du filet d = D		PAS P	Diamètre de flanc d2 = D2	diamètre intérieur		Profondeur de filet		Arrondi r	Diamètre à percer pour taraudage
Colonne 1	Colonne 2			Boulon d3	Ecrou D1	Boulon h3	Ecrou H1		
M 1		0,25	0,838	0,693	0,729	0,153	0,135	0,036	0,75
	M 1,1	0,25	0,938	0,793	0,829	0,153	0,135	0,036	0,85
M 1,2		0,25	1,038	0,893	0,929	0,153	0,135	0,036	0,95
	M 1,4	0,3	1,205	1,032	1,075	0,184	0,162	0,043	1,1
M 1,6		0,35	1,373	1,171	1,221	0,215	0,189	0,051	1,3
	M 1,8	0,35	1,573	1,371	1,421	0,215	0,189	0,051	1,5
M 2		0,4	1,740	1,509	1,567	0,245	0,217	0,058	1,6
	M 2,2	0,45	1,908	1,648	1,713	0,276	0,244	0,065	1,8
M 2,5		0,45	2,208	1,948	2,013	0,276	0,244	0,065	2,1
M 3		0,5	2,675	2,387	2,459	0,307	0,271	0,072	2,5
	M 3,5	0,6	3,110	2,764	2,850	0,368	0,325	0,087	2,9
M 4		0,7	3,545	3,141	3,242	0,429	0,379	0,101	3,3
M 5		0,8	4,480	4,019	4,134	0,491	0,433	0,115	4,2
M 6		1	5,350	4,773	4,917	0,613	0,541	0,144	5,0
M 8		1,25	7,188	6,466	6,647	0,767	0,677	0,180	6,8
M 10		1,5	9,026	8,160	8,376	0,920	0,812	0,217	8,5
M 12		1,75	10,863	9,853	10,106	1,074	0,947	0,253	10,2
	M14	2	12,701	11,546	11,835	1,227	1,083	0,289	12
M 16		2	14,701	13,546	13,835	1,227	1,083	0,289	14
	M18	2,5	16,376	14,933	15,294	1,534	1,353	0,361	15,5
M 20		2,5	18,376	16,933	17,294	1,534	1,353	0,361	17,5
	M 22	2,5	20,376	18,933	19,294	1,534	1,353	0,361	19,5
M 24		3	22,051	20,319	20,752	1,840	1,624	0,433	21
	M 27	3	25,051	23,319	23,752	1,840	1,624	0,433	24
M 30		3,5	27,727	25,706	26,211	2,147	1,894	0,505	26,5
M 36		4	33,402	31,093	31,670	2,454	2,165	0,577	32
M 42		4,5	39,077	36,479	37,129	2,760	2,436	0,650	37,5
M 48		5,5	44,752	41,866	41,866	3,067	2,706	0,722	43
M 56		5,5	52,428	49,252	49,252	3,374	2,977	0,794	50,5
M 64		6	60,103	56,639	56,639	3,681	3,248	0,866	58

Filetage métrique à pas fin

Dénomination du filet d x P	Diamètre de flanc d2 = D2	Diamètre de corps		Dénomination du filet d x P	Diamètre de flanc d2 = D2	Diamètre de corps	
		Boulon	Ecrou			Boulon	Ecrou
M2 x 0,2	1,870	1,755	1,783	M16 x 1,5	15,026	14,160	14,376
M2,5 x 0,25	2,338	2,193	2,229	M20 x 1	19,350	18,773	18,917
M3 x 0,35	2,773	2,571	2,621	M20 x 1,5	19,026	18,160	18,376
M4 x 0,5	3,675	3,387	3,459	M24 x 1,5	23,026	22,160	22,376
M5 x 0,5	4,675	4,387	4,459	M24 x 2	22,701	21,546	21,835
M6 x 0,75	5,513	5,080	5,188	M30 x 1,5	29,026	28,160	28,376
M8 x 0,75	7,513	7,080	7,188	M30 x 2	28,701	27,546	27,835
M8 x 1	7,350	6,773	6,917	M36 x 1,5	35,026	34,160	34,376
M10 x 0,75	9,513	9,080	9,188	M36 x 2	34,701	33,546	33,835
M10 x 1	9,350	8,773	8,917	M42 x 1,5	41,026	40,160	40,376
M12 x 1	11,350	10,773	10,917	M42 x 2	40,701	39,546	39,835
M12 x 1,25	11,188	10,466	10,647	M46 x 1,5	47,026	46,160	46,376
M16 x 1	15,350	14,773	14,917	M48 x 2	46,701	45,546	45,835

## 1.7.3 Filetages anglais ( 55° angle de flanc )

**BSW (Ww.):** British Standard Withworth Série à pas normal ( ou grossier ). Cette série est la plus répandue en Grande Bretagne et correspond pour son usage aux filets métriques à pas normal ( ou grossier ). La désignation d'une vis hexagonale de 1/4" - 20 BSW x 3/4" , signifie: 1/4" est le diamètre nominal de la vis et 20 est le nombre de dents ou filets par pouce, 3/4" est la longueur de la vis.

**BSF:** British Standard Fine Thread Series. BSW et BSF sont les sélections de filets pour les vis courantes. Ces fins filets sont assez communs dans l'industrie Britannique des machines-outils, mais sont progressivement remplacés par les filets UNF américains.

**BSP (R):** British Standard Pipe Thread. Filets cylindriques pour les tubes, désignation en Allemagne: R 1/4" ( largeur nominale du tube en pouce). Les filets de tubes sont plus grand que leur diamètre dans la norme " BSW ". Désignation 1/8" - 28 BSP

**BSPT:** British Standard Pipe. - filets côniques, filets de tubes côniques, cône 1:16; désignation: 1/4" - 19 BSPT

**BA: British Association Standard Thread (47 1/2° flank angle).** Communs dans les instruments et l'horlogerie, a été remplacé par la norme filet métrique ISO par la norme métrique miniature ISO miniature. il comprend des désignations numériques de 25 à 0

O=6,0mm diamètre maximum.

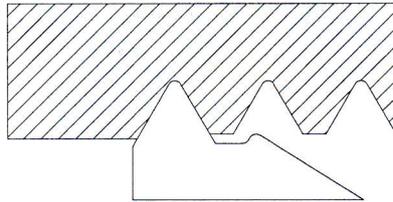
**Tableau des filets Anglais**

Diamètre nominal du filet		Nb de filets par pouce				Filets par pouce		
Pouce	mm	BSW	BSF	BSP/BSPT		filets BA		
				(R)	D. [mm]	Nr.		D. [mm]
		55° angle de flanc				47 1/2° angle de flanc		
1/16	1,588	60	-	-	-	16	134	0,79
3/32	2,382	48	-	-	-	15	121	0,9
1/8	3,175	40	-	28	9,73	14	110	1,0
5/32	3,970	32	-	-	-	13	102	1,2
3/16	4,763	24	32	-	-	12	90,9	1,3
7/32	5,556	24	28	-	-	11	87,9	1,5
1/4	6,350	20	26	19	13,16	10	72,6	1,7
9/32	7,142	20	26	-	-	9	65,1	1,9
5/16	7,938	18	22	-	-	8	59,1	2,2
3/8	9,525	16	20	19	16,66	7	52,9	2,5
7/16	11,113	14	18	-	-	6	47,9	2,8
1/2	12,700	12	16	14	20,96	5	43,0	3,2
9/16	14,288	12	16	-	-	4	38,5	3,6
5/8	15,875	11	14	14	22,91	3	34,8	4,1
11/16	17,463	11	14	-	-	2	31,4	4,7
3/4	19,051	10	12	14	26,44	1	28,2	5,3
13/16	20,638	10	12	-	-	0	25,3	6,0
7/8	22,226	9	11	14	30,20			
15/16	23,813	9	11	-	-			
1"	25,401	8	10	11	33,25			
1 1/8	28,576	7	9	-	-			
1 1/4	31,751	7	9	11	41,91			
1 3/8	34,926	6	8	-	-			
1 1/2	38,101	6	8	11	47,80			
1 5/8	41,277	5	8	-	-			
1 3/4	44,452	5	7	11	53,75			
1 7/8	47,627	4 1/2	7	-	-			
2"	50,802	4 1/2	7	11	59,62			

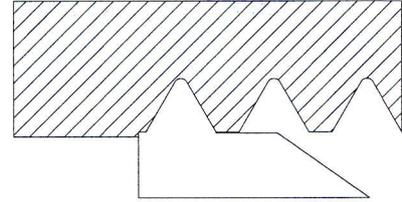
**1.7.4 Plaquettes interchangeables**

Parmi les plaquettes interchangeables il y a des plaquettes à profil partiel et à profil plein. Les profils partiels sont destinés à une certaine gamme de pas (p.e. 0,5 - 3mm).

- Les profils partiels sont optimisés pour la production de pièces uniques.
- Les profils plein sont seulement destinés à un seul pas.



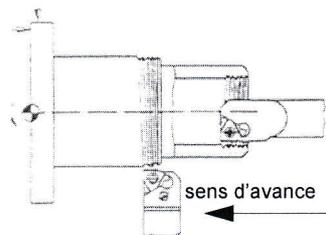
Img. 1-26: plaquette interchangeable à profil partiel



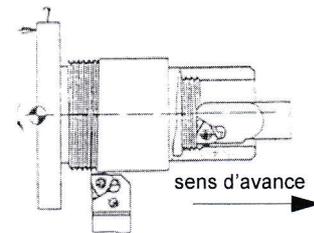
Img. 1-27: plaquette interchangeable à profil plein

**Determination de la méthode d'usinage pour un filet droit ou gauche:**

Des outils et des barreaux à profil "droit" sont utilisés. Pour des filets droits extérieurs, l'avance automatique "vers le mandrin" est choisie et le sens de rotation "droite" est utilisé ( Le sens de rotation de la broche est défini en regardant l'axe de la broche par derrière ). Si on doit usiner un filet gauche, l'avance sélectionnée est celle "qui s'écarte du mandrin" en direction de la poupée, et le sens de rotation de la machine toujours " droite ".

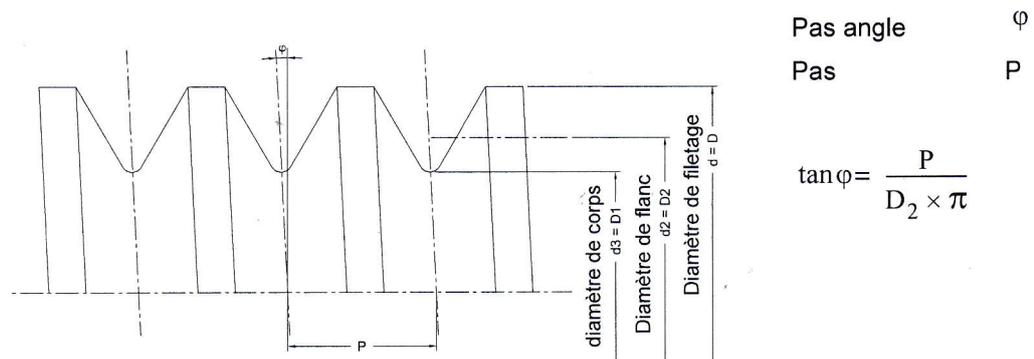


Img. 1-28: pas à droite, rotation de la broche à droite



Img. 1-29: pas à gauche, rotation de la broche à droite

Quant au filetage coupant il y a d'autres conditions par rapport au tournage longitudinal, l'outil en avance à droite doit montrer un plus grand angle de coupe .



Img. 1-30: Pas angle

## 1.7.5 Exemples d'usinage de filets

Comme exemple, un filet externe métrique M30 x 1,0 mm sur du laiton doit être usiné.

### Selectionner l'outil

Pour les tours D140 et D180, l'outil de tournage No.6 et pour les tours D210, D240, D250, D280 l'outil No.13.

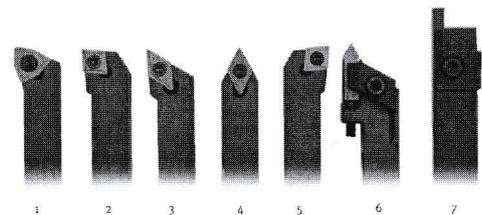
Les outils à pointes sont aussi appropriés (☞ "outil de finition" en page 6) avec des plaquettes carbure brasées sur le support: jeu complet pour le tours D140 and D180, 8mm, 11-pièces, article No. 344 1008 et pour les tours D210, D240, D250, D280, 8mm, 11-pièces, article No. 344 1108 .

Les outils de filetages mentionnés ci-dessous ont un angle de pointe de 60°.

Jeu d'outils HM 8mm 344 1011  
7 pièces avec plaquettes interchangeables HM  
Etamés dans un boîtier en bois

#### désignation ISO de l'outil

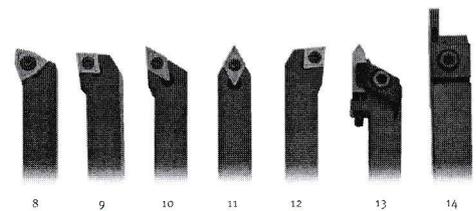
outil de tournage 1: SWGCR/L0810D05  
outil de tournage 2: SCLCR/L0810D06  
outil de tournage 3: SDJCR/L0810D07  
outil de tournage 4: SDNCN/L0810D07  
outil de tournage 5: SCLCL0810D06  
outil de tournage 6: LW0810R/L 04  
outil de tournage 7: QA0812R/L03



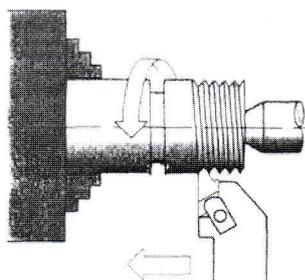
Jeu d'outils HM 10mm 344 1111  
7 pièces avec plaquettes interchangeables HM  
en boîtier de bois

#### désignation ISO de l'outil

outil de tournage 8: SWGCR/L1010E05  
outil de tournage 9: SCLCR1010E06  
outil de tournage 10: SDJCR/L1010E07  
outil de tournage 11: SDNCN/L1010E07  
outil de tournage 12: SCLCR/L1010E06  
outil de tournage 13: LW1010R/L04  
outil de tournage 14: QA1012R/L03

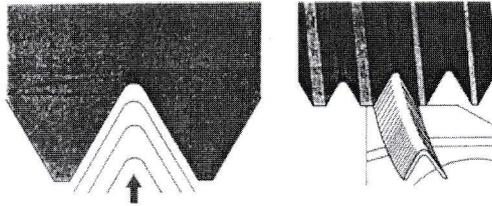


- de fines lamelles d'acier doivent être disposées sous le porte-outil ou sous la queue de l'outil afin d'obtenir la bonne hauteur de centre.
- La plus faible vitesse de tournage est sélectionnée afin que le tour ne force pas trop!
- Montez les pignons correspondant à un pas de 1,0mm dans le compartiment de sélection d'avance!



Img. 1-31: Filetage

Le diamètre extérieur a été usiné au préalable à 30,0mm et l'outil support est fixé sur le quadruple porte-outils perpendiculairement à l'axe de rotation. La hauteur de centre est vérifiée (comme déjà décrit).



Img. 1-32: déplacement radial

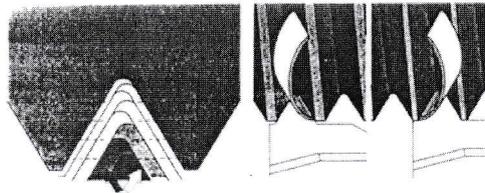
La taille du filet est usinée en plusieurs passes. La profondeur de coupe doit être réduite après chaque passe.

La première passe se fait avec une profondeur de 0,1 à 0,15mm.

Pour la dernière passe la profondeur de coupe ne doit pas dépasser 0,04mm.

Pour des pas en dessous de 1,5mm la taille en profondeur doit être radiale.

Pour notre exemple, 5 à 7 passes sont nécessaires.



Img. 1-33: Déplacements latéraux alternés

Pour des pas plus grands la taille alternée des flancs est choisie. Le chariot supérieur est alternativement déplacé à gauche et à droite de 0,05 à 0.10mm à chaque fois. Les deux dernières passes sont effectuées sans décentrage latéral. Quand la profondeur du filet est atteinte, deux passes sont effectuées sans avance.

Pour usiner un filet intérieur, environ deux passes doivent être ajoutées (les conditions d'usinages sont plus instables).

Le point de repère est ajusté doucement en tournant la bague molettée de la commande manuelle, celle-ci est remise à zéro. Ceci est le point de départ pour l'ajustement de la profondeur de coupe du filet.

L'échelle du chariot supérieur est aussi remise à zéro ( ceci est important pour régler la compensation latéral lorsqu'on tourne avec des pas importants ).

Le point de repère est ajusté juste en face du début du filet en ajustant la commande manuelle de déplacement du banc.

Pendant la phase de préparation une liaison entre la vis mère et son écrou est réalisée au moyen du levier d'embrayage du chariot principal. Grâce à cette liaison le pas choisi est transmis à tout le chariot et donc au porte-outils.



ATTENTION !

Cette liaison ne peut être déconnectée jusqu'à ce que le filetage soit terminé !

$$\frac{0,1\text{mm}}{0,025\text{mm}} = 4 \text{ divisions}$$

$$\frac{0,15\text{mm}}{0,025\text{mm}} = 6 \text{ divisions}$$

Vis du chariot transversal M8x1,25 à graduation

1 graduation = 0,025mm

**Démarrer le filetage:**

- Avance radiale au moyen de la manivelle du chariot transversal.
- Mettre l'interrupteur d'inversion sur " droite ".
- démarrez la machine la première passe commence.

**ATTENTION !**

Ayez toujours la paume de la main sur l'interrupteur d'arrêt d'urgence de façon à éviter toute collision avec la pièce ou avec le mandrin!

- Arrêtez immédiatement la machine à la fin de la zone de filetage et retirer la pointe de l'outil de la pièce au moyen de la manivelle du chariot transversal.
- Mettre l'interrupteur sur " gauche ".
- Rallumer la machine et ramener le chariot à sa position de départ, coupez ensuite la machine.
- Règlez la nouvelle profondeur de passe au moyen de la manivelle du chariot transversal
- Mettre l'interrupteur sur " droite ".
- Allumer la machine et commencez ainsi la seconde passe de filetage.
- Répétez cette procédure autant de fois qu'il faut jusqu'à obtenir la bonne profondeur de filet.
- Pour vérifier le filet usiné, vous pouvez utiliser une jauge de filets ( ou peigne à filet ) ou une autre pièce ayant un filet de M30 x 1,0.
- Si le filet a la bonne profondeur, alors le processus de filetage est terminé. Vous pouvez maintenant lever le levier d'embrayage de la vis mère de façon à rompre la liaison " vis mère - écrou ".
- Maintenant, vous pouvez remettre les pignons correspondant à l'avance automatique pour le tournage longitudinal !

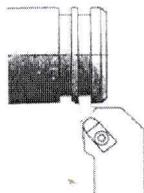
**1.8 Saignage, découpe et décolletage**

Lors d'un saignage, une gorge est taillée dans le diamètre extérieur de la pièce, par exemple pour y placer un circlips ou une agrafe. Il est aussi possible d'usiner des saignées sur la face latérale de la pièce.

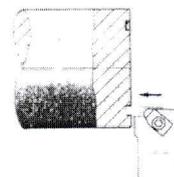
Lors du découpage, la pièce terminée est séparée du reste de la matière.

Le décolletage est une combinaison du saignage et du tournage longitudinal.

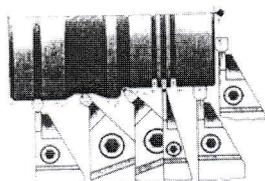
Pour chacune de ces méthodes d'usinage, il existe des outils à plaquettes interchangeable avec différentes formes disponibles.



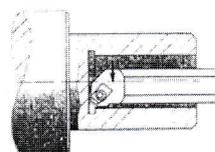
Img. 1-34: saignage extérieur



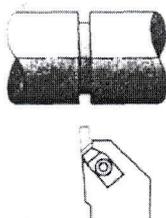
Img. 1-35: saignage sur face latérale



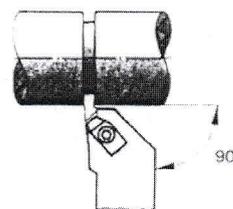
Img. 1-36: découpe, décolletage



Img. 1-37: saignage intérieur



Img. 1-38: saignage 1



Img. 1-39: saignage 2

Sur un tube de laiton une saignée ou gorge doit être taillée, largeur de gorge de 5,0mm avec une profondeur de 2,5mm.

**Sélectionner l'outil approprié:**

Pour les tours D140 et D180, outil de tournage n°7, et pour les tours D210, D240, D250, D280 outil de tournage n° 14

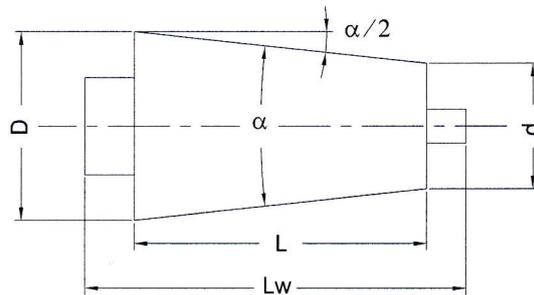
Pour des petits tours la vitesse de coupe pour cet usinage comparée à celle pour le tournage longitudinal, doit être réduite de 60% de façon à éviter des vibrations.

Vitesse de coupe  $V_c = 40 \text{ m/min}$ , la vitesse doit être de  $425 \text{ min}^{-1}$ .

L'outil adéquat est fixé dans le porte-outil, perpendiculairement à l'axe de rotation, la hauteur de centre sera testée.

L'outil est mis en place avec le chariot principal, sa position exacte ajustée au moyen de la manivelle du chariot supérieur. Le diamètre extérieur de la pièce est " tangenté " avec la plaque interchangeable ( en tournant doucement la manivelle du chariot transversal ). Mettre alors l'échelle de celle-ci à zéro, la première gorge de 3,0mm de large peut alors être usinée. Ajouter un peu d'huile machine sur la pointe de l'outil pour la lubrifier! Une autre gorge de 2,0mm sera usinée pour arriver à la gorge de 5,0mm souhaitée.

## 1.9 Tournages de cônes avec grande précision



Img. 1-40: désignations du cône

- D = Grand diamètre [mm]
- d = Petit diamètre[mm]
- L = longueur du cône [mm]
- Lw = longueur de la pièce [mm]
- $\alpha$  = angle de cône
- $\alpha/2$  = angle à régler
- Kv = proportion de cône
- Vr = décentrage de poupée
- Vd = différence de mesure [mm]
- Vo = mesure de la rotation du chariot supérieur [mm]

Il y a différentes façons d'usiner un cône sur un tel tour:

1. **En pivotant le chariot supérieur et en réglant l'angle avec l'échelle du chariot.**  
Mais les indications de cette échelle ne sont pas très précises. Pour des chanfreins ou des cônes sans grande précision, cette échelle est suffisante.
2. **Par un simple calcul, au moyen d'une butée de mesure de 100mm de long ( de votre propre fabrication) et un comparateur avec un pied.**

### Calcul de la déviation du chariot supérieur

par rapport à une butée de mesure d'arrêt avec une longueur de 100 mm.

Pas à pas		
$K_v = \frac{L}{D-d}$	$V_d = \frac{100\text{mm}}{K_v}$	$V_o = \frac{V_d}{2}$

Par conséquence ( résumé )

$$V_o = \frac{100\text{mm} \times (D - d)}{2 \times L}$$

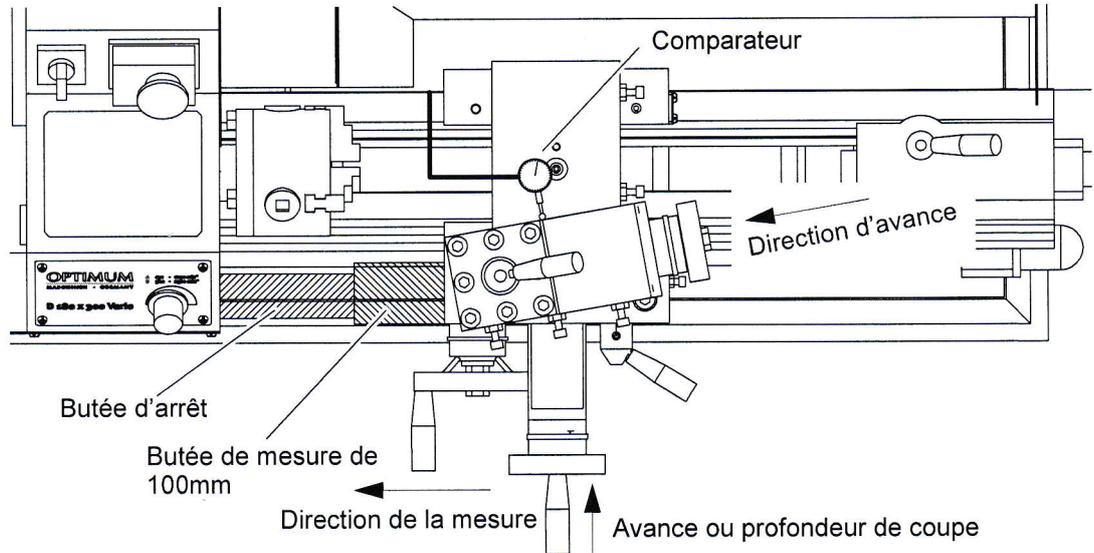
exemple:

$$D = 30,0\text{mm} ; d = 24,0\text{mm} ; L = 22,0\text{mm}$$

$$V_o = \frac{100\text{mm} \times (30\text{mm} - 24\text{mm})}{2 \times 22\text{mm}} = \frac{100\text{mm} \times 6\text{mm}}{44\text{mm}} = 13,63\text{mm}$$

La butée de mesure ( 100mm ) est à insérer entre la butée d'arrêt et le chariot principal. Mettre le comparateur et son pied sur le banc et l'aligner horizontalement avec le chariot, régler le palpeur contre le chariot supérieur ( à 90° avec le chariot supérieur ). La mesure de pivotement est calculée avec la formule mentionnée ci-dessus. Le chariot supérieur est " pivoté " de la valeur trouvée ( mettre alors l'échelle du comparateur à zéro ).

Après avoir enlevé la butée de mesure, amener le chariot principal contre la butée d'arrêt. Le comparateur doit alors indiquer la valeur "Vo". Alors la pièce et l'outil sont fixés ( le chariot principal est bloqué ), l'avance est obtenue par la manivelle du chariot supérieur. La profondeur de coupe est elle réglée au moyen de la manivelle du chariot transversal.

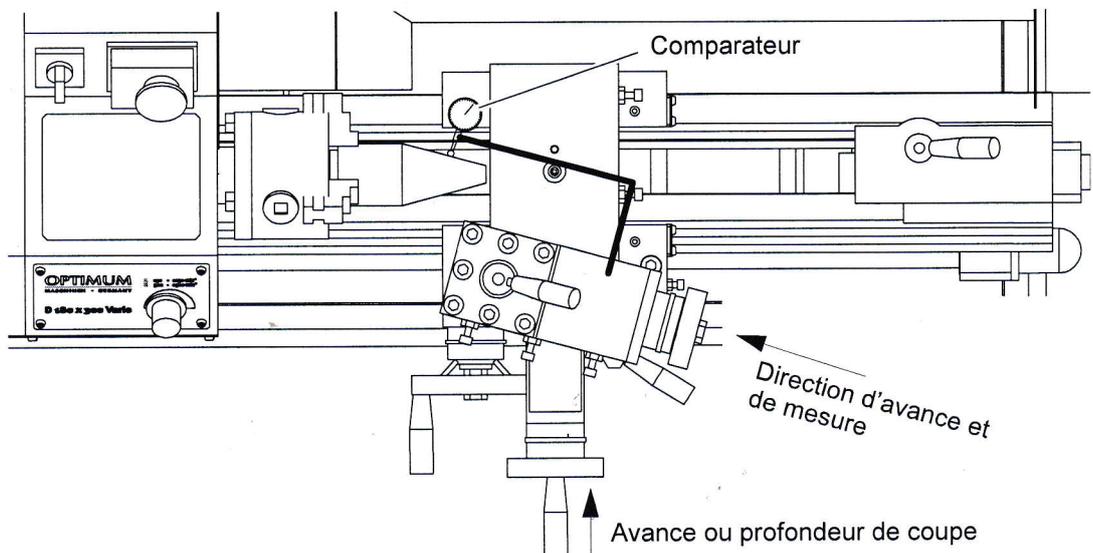


Img.1-41: Détermination d'un cône avec butée de mesure

### 3. En mesurant un cône existant avec un comparateur muni d'un pied

Le pied est fixé sur le banc. Le comparateur est aligné horizontalement et à 90° du chariot supérieur. Le chariot est approximativement ajusté sur l'angle du cône et le palpeur du comparateur amené en contact avec la surface du cône ( bloquer le chariot principal ). Maintenant le chariot supérieur est incliné de façon progressive pour que le comparateur n'indique aucune différence tout au long de la longueur du cône ( déplacement de mesure via la manivelle du chariot supérieur ).

Maintenant vous pouvez démarrer l'usinage de la même façon que dans le cas n° 2. La pièce à usiner peut être par exemple une bride de tour ou un plateau...



Img.1-42: Déterminer un cône avec cône témoin et un comparateur

#### 4. En décentrant la poupée si la longueur du cône est plus grande que la course du chariot supérieur.

La pièce à usiner est fixée entre pointes, donc des trous de centrages sont nécessaires sur ses faces. Ceux-ci sont à percer avant d'enlever le mandrin. L'entraînement de la pièce est assuré par un TOC et une broche d'entraînement.

La valeur calculée "Vr" est la valeur de décentrage de la poupée. Le décentrage est contrôlé avec le comparateur ( aussi durant le voyage de retour ). ➡ "désignations du cône" en page 18

Pour l'usinage de ce type de cône la vitesse la plus lente doit être choisie !

Note:

De façon à vérifier la position de la poupée par rapport à l'axe de rotation, un Arbre avec deux centres est fixé entre les pointes. Le pied du comparateur est fixé sur le chariot principal, la jauge est ajustée à 90° de l'axe de rotation est mise horizontalement en contact avec l'arbre. La jauge est déplacée le long de l'arbre au moyen du chariot principal. Il ne peut y avoir aucune déviation de l'aiguille du comparateur sur toute la longueur de l'arbre. S'il y a une déviation, la position de la poupée doit être corrigée.

Calcul:

$$V_r = \frac{Lw}{2 \times K_v} \quad \text{ou} \quad V_r = \frac{D-d}{2 \times L} \times Lw$$

$$V_{r_{\max}} = \frac{Lw}{50}$$

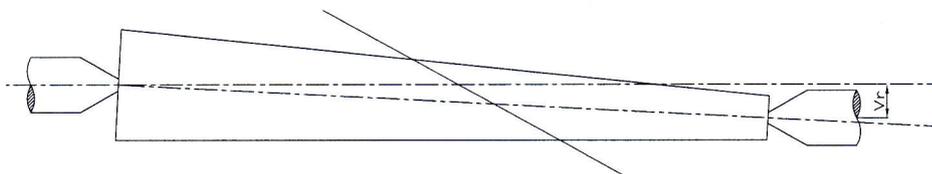
Le décentrage de la poupée ne doit pas excéder la valeur "Vr<sub>max</sub>" **sinon la pièce va tomber**

Exemple:

$$K_v = 1 : 40 ; Lw = 150\text{mm} ; L = 100\text{mm}$$

$$V_r = \frac{150}{2 \times 40} = 1,875\text{mm}$$

$$V_{r_{\max}} = \frac{150}{50} = 3\text{mm}$$



Img.1-43: Pièce entre pointes: décentrage de poupée Vr

## 1.10 Matériaux de coupe

La qualité de base que l'on demande à un matériau de coupe est d'être plus dur que la matière à usiner. Plus grande est la différence, plus grande sera la résistance à l'usure du matériau de coupe.

Matériaux de coupe pour usinage

### L'acier rapide HSS (High-speed steel)

L'acier rapide ou HSS est un alliage d'acier de grande dureté. Les différents angles de coupe doivent être taillés par meulage et l'outil doit être utilisé avec une vitesse basse.

### Métal dur ( revêtu ou non )

Le " Métal dur " est un matériau aggloméré sur base de carbure de tungstène qui peut être brasé sur la plupart des matériaux des supports cause de leur constitution différente. Il y a des types de "métaux durs" ou " Carbure " plus résistants à l'usure et d'autres avec une ténacité plus grande.

Les métaux durs sont divisés en 3 groupes principaux:

P - for long-chipping materials (aciers, fontes)

M - pour les matériaux de coupes longs et courts ( acier inoxydables, acier " machine " )

K - pour matériaux à coupe courte (fer de fonte, métaux NE, aciers durcis)

Une classification additionnelle est donnée dans la figure en annexe:

Dans la figure du bas ( P10 ), le plus haut en résistance à l'usure ( dressage )

Dans la figure du haut ( P40 ), la plus haute ténacité ( dégrossissage ).

De façon à faire des matériaux durs plus résistants à l'usure, ils peuvent être recouverts avec des matériaux à grande résistance mécanique. Cette couverture peut être appliquée en une ou plusieurs couches.

Il existe deux procédés:

- PVD / Physical Vapor Deposition, par dépôt physique
- CVD / Chemikal Vapor Deposition, par dépôt de vapeur chimique.

Les revêtements de matériaux mécaniquement résistants les plus connus sont:

- TiN / titanium nitride,
- TiC / titanium carbide,
- TiCN / titanium carbon nitride,
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / aluminum oxyde,

ainsi que leur combinaison.

Les plaquettes interchangeables PVD-coated ont des angles de coupe plus acérés et donc des forces de coupe plus faibles. Elles sont bien appréciées pour les petits tours.

**Cermet ( enduits ou non )**

Le Cermet ( ceramic-metal ) est un métal dur à base de carbure de Titane. Ce matériau de coupe a une très grande résistance à l'usure et des angles de coupes acérés. Les plaquettes interchangeables faites de Cermet sont utilisées pour le tournage avec des grandes vitesses de coupe

Les céramiques de coupe sont composées de matière non organique et non métallique.

Les céramiques oxyde sont à base d'oxyde d'aluminium et d'une addition de zircon. Leur principale application est l'usinage d'aciers de fonte.

Les céramiques mixtes faites d'oxyde d'Aluminium et d'une addition de carbure de Titanium ont une bonne résistance à l'usure sur l'arête. Ce matériau de coupe est affecté à l'usinage des moulages en coquille. Les céramiques Non-oxyde basées sur des nitrates de silice sont insensibles aux chocs thermiques ( elle doivent être utilisées avec des systèmes de refroidissement ). La fonte sans alliage est ébréchée.

**Nitride cubique de Bore (CBN)**

Les Cubic boron nitride ont une grande ténacité et une bonne résistance à la température. Ils sont appropriés pour le tournage de métaux durs.

**Diamant polycristallin (PKD)**

Le diamant polycristallin a une bonne résistance à l'usure. De bonnes qualités de surface avec des conditions de coupes stables sont obtenues. Les champs d'application sont la finition de matières non ferreuses et non métalliques. Pour d'autres références d'application se référer aux documentations des fabricants d'outils.

**1.11 Valeurs standard des paramètres de coupe pour le tournage**

Mieux sont choisis les paramètres de coupe, meilleur sera la résultat du tournage.

Quelques valeurs standard de vitesses de coupe sont mentionnées dans les pages qui suivent.

☞ "Tableau des vitesses de coupe" en page 24

**Critères des conditions de coupe:**

Vitesse de Coupe:  $V_c$  (m/min)

Profondeur de coupe:  $a_p$  (mm)

Avance:  $f$  (mm/U)

**Vitesse de coupe:**

De façon à donner à la machine la vitesse de coupe adéquate, la formule suivante doit être appliquée:

$$n = \frac{V_c \times 1000}{d \times 3,14}$$

Vitesse: n (1/min)

Diamètre de la pièce: d (mm)

Pour les tours sans contrôle continu de la vitesse ( courroie trapézoïdale et plusieurs poulies ), la vitesse la plus proche sera choisie.

**Profondeur de coupe:**

De façon à obtenir de beaux copeaux, le résultat de la profondeur de coupe divisé par l'avance doit se situer entre 4 et 10.

Exemple:  $a_p = 1,0\text{mm}$ ;  $f = 0,14\text{mm/U}$  ; ceci équivaut à une valeur de 7,1 !

**Avance:**

L' avance pour un tournage d'ébauche est à sélectionner de manière telle que elle n'excède pas la valeur du rayon de la pointe de l'outil.

Exemple:  $r = 0,4\text{mm}$  ; équivaut à une avance maximum de 0,2mm/tour !

Pour la finition, l' avance doit être au maximum de 1/3 du rayon de la pointe de l'outil.

Exemple:  $r = 0,4\text{mm}$  ; équivaut à une avance maximum de 0,12mm/tour !

### 1.11.1 Tableau des vitesses de coupe

Materiau	Tournage								Forage
	Matériau de coupe								
	HSS	P10	P20	P40	K10	HC P40	HC K15	HC M15/K10	HSS
acier sans alliage; fonte d'acier; C45; St37	35 - - 50	100 - - 150	80 - - 120	50 - - 100	- -	70 - - 180	150 - - 300	90 - - 180	30 - - 40
acier sans alliage; fonte d'acier; 42CrMo4; 100Cr6	20 - - 35	80 - - 120	60 - - 100	40 - - 80	- -	70 - - 160	120 - - 250	80 - - 160	20 - - 30
acier avec alliage, fonte d'acier X38CrMoV51; S10-4-3-10	10 - - 20	70 - - 110	50 - - 90	- -	- -	60 - - 130	80 - - 220	70 - - 140	8 - - 15
acier inoxydable X5CrNi1810; X10CrNiMoTi12	- -	- -	- -	- -	30 - - 80	- -	- -	50 - - 140	10 - - 15
fonte grise GG10 ; GG40	15 - - 40	- -	- -	- -	40 - - 190	- -	90 - - 200	70 - - 150	20 - - 30
fonte avec graphite modulaire GGG35 ; GGG70	10 - - 25	- -	- -	- -	25 - - 120	- -	80 - - 180	60 - - 130	15 - - 25
cuivre, laiton	40 - - 90	- -	- -	- -	60 - - 180	- -	90 - - 300	60 - - 150	30 - - 80
alliages d'aluminium	40 - - 100	- -	- -	- -	80 - - 200	- -	100 - - 400	80 - - 200	40 - - 80

Description des métaux "revêtus":

HC P40 = a PVD - contenant du TiAlN

HC K15 = a CVD - contenant du TiN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - TiCN - TiN

HC M15/K10 = CVD - contenant du TiAlN

### 1.12 Afûtage ou ré-afûtage des angles de coupe des outils de tournage

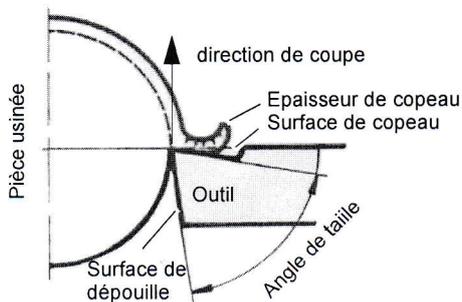
Ceci concerne les outils en acier rapide HSS ou avec plaquettes de carbure brasées en accord avec les normes DIN 4971 - 4977 et 4980 - 4981.

Les outils avec plaquettes brasées peuvent être utilisés tels quels avec les tranchants fournis, mais ce n'est pas nécessairement la meilleure géométrie pour toutes les applications.

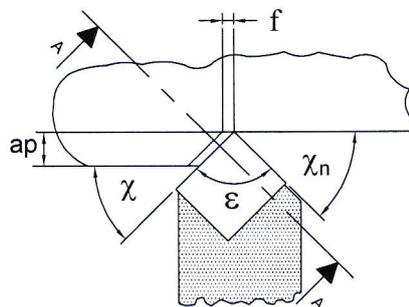
Les outils HSS à queue carrée DIN 4964 type B sont fournis sans tranchant, ils doivent être meulés et affûtés avant utilisation.

Des meules HSS spéciales avec oxydes d'aluminium, de carbures ou de diamants pour métaux durs doivent être utilisées comme matières abrasives.

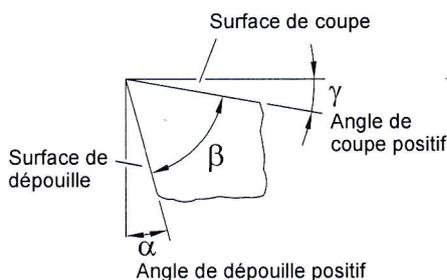
1.12.1 Termes pour les outils de tournage



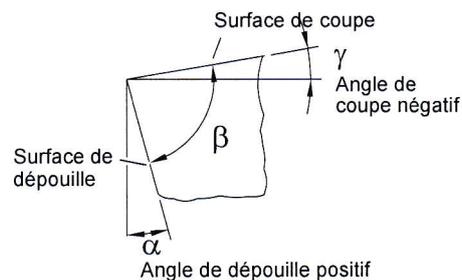
Img. 1-44: Géométrie de coupe pour le processus de séparation



Img. 1-45: Dimensions de coupe et de copeaux



Img. 1-46: Coupe A - A, taille positive



Img. 1-47: Coupe A - A, taille négative

Angle de taille	$\beta$	Les facteurs suivants peuvent influencer le bris des copeaux durant le tournage
Angle de coupe	$\gamma$	
Angle de dépouille	$\alpha$	angle de réglage $\chi$
Angle de dépouille mineur	$\alpha_n$	Rayon de tranchant $r$
Angle de réglage	$\chi$	Géométrie des tranchants
Angle de réglage mineur	$\chi_n$	Vitesse de coupe $V_c$
Angle de pointe	$\epsilon$	Profondeur de coupe $ap$
Profondeur de coupe	$ap$ (mm)	Avance $f$
Avance	$f$ (mm/U)	

Dans la plupart des cas, l' angle de réglage dépend de la pièce à tourner. Un angle de réglage de 45° à 75° convient pour de l'ébauche. Un angle de réglage de 90° à 95° ( pas de tendance à brouter ) convient mieux pour la finition.

L' angle de pointe sert comme moyen de passer du tranchant principal au tranchant mineur. Ensemble avec la vitesse d'avance ceci déterminera la qualité de la surface usinée. Le rayon de pointe ne doit pas être choisi trop grand car cela peut entraîner des vibrations.

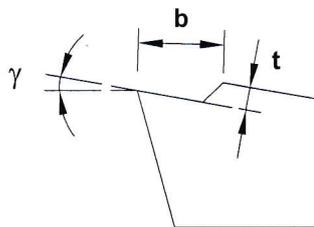
## 1.12.2 Géométrie des arêtes de coupe pour outil de tournages

	Aciers rapides		Métaux durs	
	angle de dépouille	Angle de coupe	angle de dépouille	Angle de coupe
Acier	+5° bis +7°	+5° bis +6°	+5° bis +11°	+5° bis +7°
Fonte	+5° bis +7°	+5° bis +6°	+5° bis +11°	+5° bis +7°
métal NE	+5° bis +7°	+6° bis +12°	+5° bis +11°	+5° bis +12°
Alliage d'aluminium	+5° bis +7°	+6° bis +24°	+5° bis +11°	+5° bis +24°

## 1.12.3 Types de formes de coupes

Il est nécessaire d'influencer le passage des copeaux de façon à optimiser l'évacuation de ceux-ci.

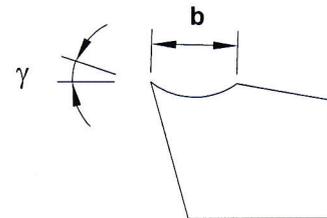
### Exemples des types de formes de coupes



Img.1-48: forme de coupe

$b = 1,0\text{mm}$  to  $2,2\text{mm}$

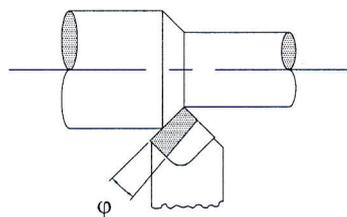
$t = 0,4\text{mm}$  to  $0,5\text{mm}$



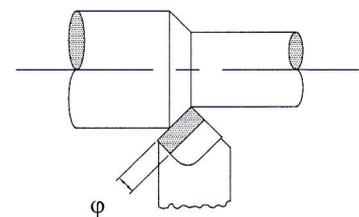
Img.1-49: forme de coupe avec évasement

$b = 2,2\text{mm}$  avec évasement

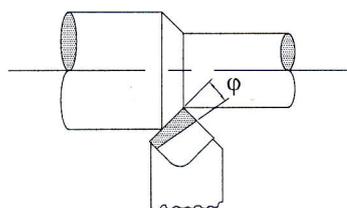
Pour des avances de  $0,05$  à  $0,5\text{mm}/\text{tour}$  et des profondeurs de coupe de  $0,2\text{mm}$  à  $3,0\text{mm}$



Img.1-50: Angle d'apex positif pour tournage plan



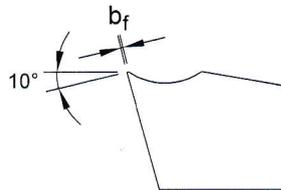
Img.1-51: Angle d'apex neutre pour tournage plan et dégrossissage



Img.1-52: Angle d'apex négatif pour dégrossissage

L' angle de tranchant majeur doit être meulé tout doucement avec une meule à grain fin pour polissage.

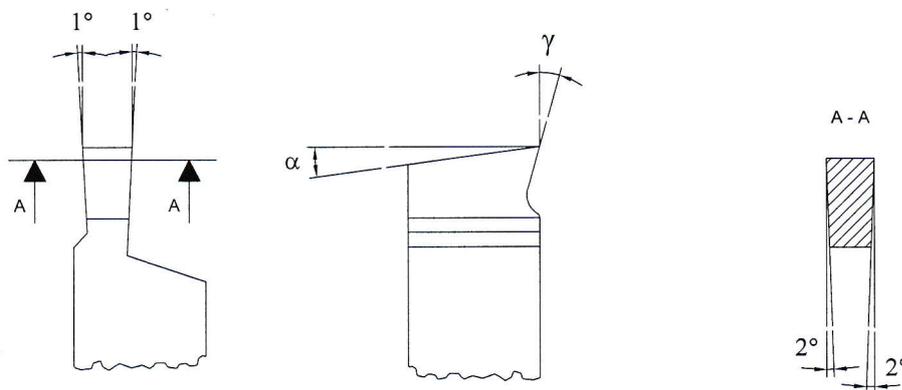
Pour le dégrossissage, un petit chanfrein peut être taillé à la meule pour stabiliser l'arête de coupe pour éviter des morceaux "volants" ( $b_f = f \times 0,8$ ).



Img.1-53: Stabiliser l'arête de coupe

**Sections polies des outils de saignage et de découpe**

( pour l'angle de coupe, se référer à la table )



Img.1-54: Sections polies pour saignage et découpe

**Sections polies pour filetage**

L'angle de pointe ou les outils de chasse dépend du type de filet.

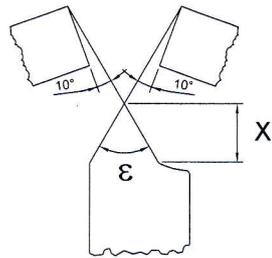
Se référer à:

Types de filets page 35

Angle de pas page 39

- 
- 

La mesure X doit être plus grande que la profondeur de filet. Soyez sûrs qu'aucun angle de coupe ne soit **la raison** car dans ce cas il pourrait y avoir une **tension** du profil.



Img.1-55: Sections polies pour le filetage

## 1.13 Durée de vie et caractéristiques d'usure

Par durée de vie nous entendons le temps que les arêtes de coupe peuvent travailler ( temps de contact pur ).

les causes de " fin de vie " peuvent être les suivantes:

- changement de dimensions
- trop forte pression de coupe
- mauvaise qualité de surface
- forte formation de bavures à la sortie de l'outil

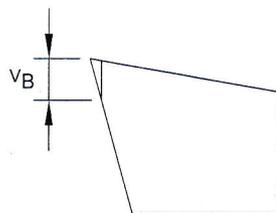
L'usure de la surface de dépouille surface  $V_B$  et l'usure du cratère sur la surface de coupe sont les types les plus courants d'usure de l'outil. Ils sont le plus souvent dûs à la friction. L'usure de la surface de dépouille a des effets sur la précision des dimensions de la pièce usinée et sur la force de coupe ( la force de coupe augment de 10% pour chaque 0,1mm de  $V_B$ ).

L'usure de dépouille est généralement un critère de durée de vie.

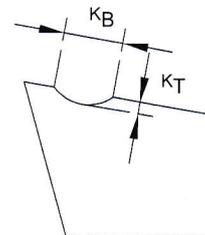
Des éclats sur le tranchant peuvent être causés par des croûtes de fonte ou des "peaux de forge". Une autre cause peut être des fissures d'arêtes ( Fissures transversales au tranchant ) qui sont causées par de chocs mécaniques et thermiques comme des coupes interrompues ou des temps de contacts courts lors de la coupe de matériaux très durs.

Les fissures du tranchant peuvent aussi être causés par un matériau de coupe trop rugueux ou par une mauvaise sélection des paramètres de coupe.

Si une contrainte thermique excessive existe, il y aura une déformation "plastique" du tranchant.



Img.1-56: Usure de la surface de dépouille

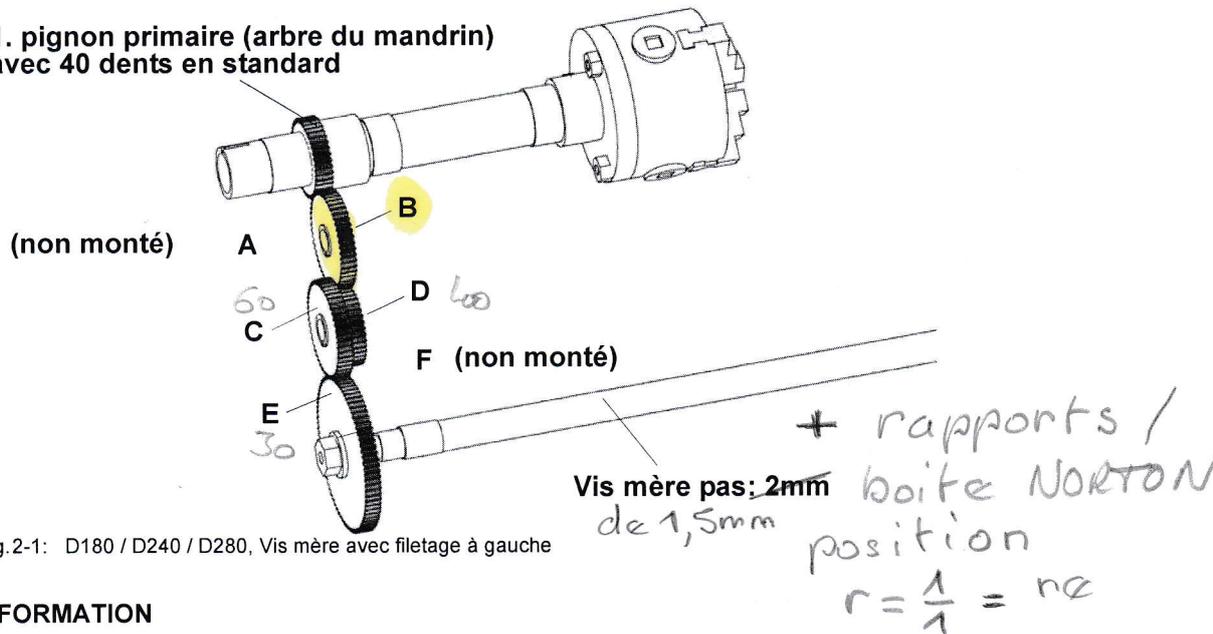


Img.1-57: Usure en cratère

## 2 Annexe pignons

### 2.1 Assemblage des pignons

1. pignon primaire (arbre du mandrin)  
avec 40 dents en standard



Img. 2-1: D180 / D240 / D280, Vis mère avec filetage à gauche



#### INFORMATION

L'assemblage des différents pignons doit être fait de façon que le pignon primaire ( arbre du mandrin ) s' emboîte d'abord dans le pignon A, puis le pignon A doit s' engrener dans le pignon C et enfin le pignon D dans le pignon F.

Pour les tours D210 et D250, un pignon additionnelle est montée contre le pignon primaire ( arbre du mandrin ) de façon qu'en enlevant ou en mettant ce pignon le sens de rotation de la vis mère peut être inversé et que vous puissiez usiner un filet "gauche". En enlevant ou en mettant ce pignon, le rapport de transmission n'est pas changé, Le pas de la vis mère reste le même. Donc, la vis mère des tours D210 et D250 a un filet "droit". Comme vous pouvez le voir dans l'exemple de calcul suivant, la dimension du pignon B n'a pas d'importance car dans le calcul du rapport de transmission elle s'annule d'elle même ( réduction des fractions ). Vous pouvez donc utiliser un pignon de n'importe quelle taille en position B si vous voulez usiner un filet à gauche avec les D210 et D250.

#### Generalités:

En accord avec la norme DIN 868, le rapport de transmission est le rapport entre le pignon entraîneur et le pignon entraîné.

Exemple:

$$i = 2 \times \frac{n_1 \times n_2 \times n_4}{n_2 \times n_3 \times n_5} = 2 \times \frac{40 \times B \times C}{B \times D \times E}$$

ou si le pignon entraîneur commande le premier pignon A:

$$i = 2 \times \frac{n_1 \times n_2 \times n_4}{n_2 \times n_3 \times n_5} = 2 \times \frac{40 \times A \times D}{A \times C \times F}$$

Le chiffre 2 dans le calcul ci-dessus est le pas de la vis-mère, le chiffre 40 le nombre de dents du pignon primaire ( arbre du mandrin ).

$$i = 1,5 \times \frac{40 \times B \times 60}{B \times 40 \times 30} = 3 \text{ mm (ci-dessus)}$$

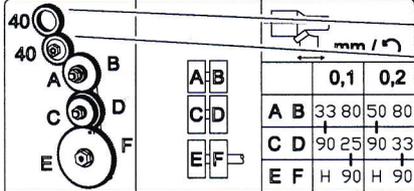
menant  
mené

$$i = 1,5 \times \left( \frac{40}{80} \times \frac{80}{40} \times \frac{60}{120} \times \frac{120}{30} \right) = 3 \text{ mm (rc. machine)}$$

### 2.1.1 Le tableau des engrenages de votre tour

Le tableau a été fait de façon que plus tard vous puissiez assembler la combinaison de pignon requis pour tailler un filet sans avoir à entrer dans les détails. Les liaisons d'une figure à l'autre représente l'emboîtement des dents d'un pignon à l'autre. L'identifiant "H" représente une épaisseur ( ou entretoise ) ou bien un pignon plus petit pour remplir l'espace manquant. Ce pignon plus petit ne doit évidemment pas s'engrener avec les autres pignons.

Pour l' exemple suivant le tableau des D210 et D250 a été choisi.



1. Arbre primaire (mandrin)

Possibilité d'inverser le sens de rotation de la vis mère pour filer à gauche en enlevant le pignon(seulement pour les D210 et D250).

Tableau d'avance automatique (les plus petits rapports de transmission possibles)

A B	33	80	50	80
C D	90	25	90	33
E F	H	90	H	90

Tableau pour les filets métriques: indications de l'avance du chariot par tour du mandrin (millimètre par tour mandrin)

	0,4	0,5	0,6	0,7	0,75	0,8	1
A B	H 80	H 80	H 80	H 80	H 90	H 52	H 66
C D	30 80	30 60	30 50	42 60	30 40	60 80	H 60
E F	75 H	80 H	80 H	80 H	80 H	75 H	H 80

H comme entretoise ou un petit pignon comme épaisseur auxiliaire.

Liaison montrant l'accouplement d'un pignon à l'autre.

Tableau pour les filets anglais: indication du nombre de filets par sur une longueur d'un pouce  
un pouce = 25,4mm

	8	10	11	14	16	19
A B	H 90	H 80				
C D	50 30	66 40	60 40	75 50	50 42	50 40
E F	42 H	52 H	52 H	66 H	60 H	75 H

Lettre représentant la position du pignon sur le quadrant d'engrenages.

	20	22	24	32	40	44
A B	H 60	H 80				
C D	66 80	60 80	50 42	25 42	33 52	30 52
E F	52 H	52 H	90 H	60 H	80 H	80 H

Img. 2-2: Exemple: tableau d'engrenages des tours D210 et D250

### 2.2 Détermination des modules de roues dentées

m = module ; d = diamètre de référence

da = Diamètre extérieur d'un engrenage; 82 mm

z = nombre de dents 80

c = dégagement

(c = 0,1m...0,3m, à la construction de la machine  
0,167 x module)

ha = addendum; hf = dedendum

h = profondeur de la dent

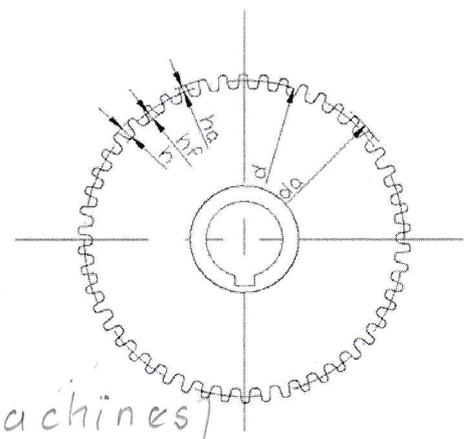
$$m = \frac{d}{z} = \frac{da}{(z + 2)}$$

$$m = \frac{82}{(80 + 2)} = 1 \quad (\text{rc-machines})$$

$$\frac{82}{- 77,5} = 1,058$$

$$\frac{04,512}{0,5} = 9,024$$

$$2,25 = h$$



Img. 2-3: Plan d'une roue dentée

Alésage:  $\phi 14^{+0,05}$

## 2.3 Tableau des engrenages pour filets "anglais"



### ATTENTION !

Les possibilités d'engrenages pour les filets anglais et pour les filets métriques sont seulement valables pour les tours avec un pignon primaire (axe du mandrin) de 40 dents et ou la vis mère a un pas de 2mm. Pour les tours avec des mécanismes d'avance additionnels les tableaux sont donnés à titre indicatif, et tous les rapports de transmission ne sont pas nécessairement possibles. Le nombre de dents indiqués sur le tableau des engrenages sont limités à environ 90 dents. de plus grands nombre de dents ne sont pas indiqués dû à leur trop grand diamètre.



### PRECAUTION !

Généralement il est bon de tester si la combinaison désirée des pignons rentre dans le quadrant des engrenages et si le couvercle de protection peut être remonté avant d'utiliser les pignons choisis. Dans certains cas il est possible que la combinaison choisie ne rentre pas dans la machine.



### INFORMATION

En accord avec la norme DIN 8606 la tolérance maximum d'écart du pas de filetage est de 0,015mm sur une longueur de 60mm

Les combinaisons de pignons indiqués dans les tableau sont celles qui ne dépassent pas cette tolérance. Si d'autres possibilités sont indiquées elles sont marquées de "Attention ! hors tolérance"

Dans la dotation du tour on trouve les pignons pour quelques filets standards.

De façon à obtenir un pas en accord avec le tableau d'engrenages suivant, vous pouvez usiner vous même des pignons à l'aide d'un appareil à division genre RT 150 et une fraiseuse tailleuse de module (fraiseuse à disque avec profil d'engrenage) sur une fraiseuse genre BF 20. Certains fournisseurs peuvent délivrer des pignons tous prêts avec un certain nombre de dents par module. Autant que possible vous devriez faire usage de ces pignons standard.

Les nombres de dents suivants nous sont connus et peuvent être utilisés en standard avec le module 1. Le trou d'axe, l'épaisseur du pignon et les dimensions de la calle d'axe peuvent être usinés par vous même. Les pignons avec le module 1,5 démarrent avec un nombre de dents de 20 et ne sont pas livrés en standard avec tous les nombres de dents indiqués ci dessous.

- 10 - 50 dents
- 52 - 58 dents
- 60 ; 62 ; 65 ; 68 ; 70 ; 72 ; 74 ; 75 ; 76 ; 78 ; 80 ; 82 ; 83 ; 85 ; 87 ; 90 ; 95 dents

Lors de commande de pignon soyez sûrs de la correspondance avec le pignon primaire de votre tour. Utiliser SMnPb30 / C45 ou similaire comme matériel.

Nous vous recommandons comme fournisseur la firme

Mädler GmbH

basée à Stuttgart, Tränkestrasse 8, D-70597 Stuttgart, Phone: +49 (711) 72095-0.

28, 30, 36, 42, 45, 60, 80, 120, 127 dents

4 1/2 Filets par pouce								
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]		
Position du pignon								
A	B	C	D	E	F			
n'importe quel pignon	entretroise H, ou plus petit pignon comme entretroise	81	28	41			-0.00007	
		70	31	32			0.00049	
		86	23	53			-0.00070	
		63	19	47			-0.00077	
		88	29	43			0.00088	
		80	21	54			-0.00093	
		40	21	27			-0.00093	
		80	18	63			-0.00093	
		80	27	42			-0.00093	
		47	18	37			0.00098	
		91	30	43			-0.00126	

5 Filets par pouce							
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]	
Position du pignon							
A	B	C	D	E	F		
n'importe quel pignon	entretroise H, ou plus petit pignon comme entretroise	71	26	43			0.00030
		63	31	32			0.00045
		80	21	60			-0.00083
		72	21	54			-0.00083
		40	21	30			-0.00083
		36	21	27			-0.00083
		88	18	77			-0.00083
		96	21	72			-0.00083
		80	18	70			-0.00083
		92	21	69			-0.00083
		88	21	66			-0.00083
		88	22	63			-0.00083
		84	21	63			-0.00083
		80	20	63			-0.00083
		76	19	63			-0.00083
		72	18	63			-0.00083
		64	18	56			-0.00083
		68	21	51			-0.00083
		84	27	49			-0.00083
		56	18	49			-0.00083
		64	21	48			-0.00083
		80	28	45			-0.00083
		60	21	45			-0.00083
		96	36	42			-0.00083
		88	33	42			-0.00083
		80	30	42			-0.00083
		72	27	42			-0.00083
		64	24	42			-0.00083
		56	21	42			-0.00083
		48	18	42			-0.00083
		52	21	39			-0.00083
		80	35	36			-0.00083
		64	28	36			-0.00083
		48	21	36			-0.00083
		60	27	35			-0.00083
		40	18	35			-0.00083
		44	21	33			-0.00083
		48	27	28			-0.00083
		32	18	28			-0.00083
		32	21	24			-0.00083
		28	21	21			-0.00083
		24	18	21			-0.00083
47	20	37			0.00088		

6 Filets par pouce							
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]	
Position du pignon							
A	B	C	D	E	F		
n'importe quel pignon	entretoise H, ou pignon plus petit comme entre toise auxiliaire	78	22	67			-0.00012
		86	25	65			0.00035
		89	29	58			-0.00044
		85	22	73			0.00062
		66	29	43			0.00066
		90	21	81			-0.00070
		80	21	72			-0.00070
		80	27	56			-0.00070
		80	28	54			-0.00070
		60	21	54			-0.00070
		70	27	49			-0.00070
		50	21	45			-0.00070
		80	36	42			-0.00070
		60	27	42			-0.00070
		40	18	42			-0.00070
		40	21	36			-0.00070
		50	27	35			-0.00070
		40	27	28			-0.00070
		30	21	27			-0.00070
		20	18	21			-0.00070
		90	27	63			-0.00070
		80	24	63			-0.00070
		70	21	63			-0.00070
		60	18	63			-0.00070
		47	24	37			0.00073
		84	23	69			0.00090
		56	23	46			0.00090
		28	23	23			0.00090
		91	40	43			-0.00094
		71	22	61			-0.00101
		92	37	47			-0.00118

7 Filets par pouce							
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]	
position du pignon							
A	B	C	D	E	F		
n'importe quel pignon	entretoise H, ou pignon plus petit comme entre toise auxiliaire	86	24	79			-0.00002
		83	30	61			-0.00030
		90	31	64			0.00032
		90	32	62			0.00032
		45	31	32			0.00032
		91	34	59			0.00040
		92	26	78			0.00048
		92	39	52			0.00048
		69	39	39			0.00048
		46	26	39			0.00048
		81	38	47			-0.00049
		80	21	84			-0.00060
		80	42	42			-0.00060
		40	21	42			-0.00060
		20	21	21			-0.00060
		80	28	63			-0.00060
		60	21	63			-0.00060
		80	36	49			-0.00060
		60	27	49			-0.00060
		40	18	49			-0.00060
		47	28	37			0.00063
		79	26	67			-0.00070
		72	23	69			0.00078
		48	23	46			0.00078
		24	23	23			0.00078
		78	40	43			-0.00081
		39	20	43			-0.00081
		49	18	60			0.00092
		49	20	54			0.00092
		49	24	45			0.00092
		49	27	40			0.00092
		49	30	36			0.00092

8 Filets par pouce						écart par filet [ mm ]
Nombre de Dents						
Position du pignon						
A	B	C	D	E	F	
n'importe quel pignon	entretoise H, ou pignon plus petit comme entre toise auxiliaire	61	29	53		0.00002
		97	47	52		0.00012
		96	41	59		-0.00013
		92	38	61		0.00015
		46	19	61		0.00015
		55	18	77		-0.00040
		75	27	70		-0.00040
		50	18	70		-0.00040
		90	36	63		-0.00040
		85	34	63		-0.00040
		80	32	63		-0.00040
		75	30	63		-0.00040
		70	28	63		-0.00040
		65	26	63		-0.00040
		60	24	63		-0.00040
		55	22	63		-0.00040
		50	20	63		-0.00040
		45	18	63		-0.00040
		50	21	60		-0.00040
		95	42	57		-0.00040
		80	36	56		-0.00040
		60	27	56		-0.00040
		40	18	56		-0.00040
		90	42	54		-0.00040
		75	35	54		-0.00040
		60	28	54		-0.00040
		45	21	54		-0.00040
		85	42	51		-0.00040
		80	42	48		-0.00040
		40	21	48		-0.00040
		25	18	35		-0.00040
		25	21	30		-0.00040
		30	27	28		-0.00040
		20	18	28		-0.00040
		20	21	24		-0.00040
		75	21	90		-0.00040
		90	27	84		-0.00040
		80	24	84		-0.00040
		70	21	84		-0.00040
		60	18	84		-0.00040
90	28	81		-0.00040		
65	21	78		-0.00040		
80	28	72		-0.00040		
60	21	72		-0.00040		
70	36	49		-0.00040		
35	18	49		-0.00040		
75	42	45		-0.00040		
50	28	45		-0.00040		
70	42	42		-0.00040		
65	39	42		-0.00040		
60	36	42		-0.00040		

n'importe quel pignon	55	33	42	entretoise H, ou pignon plus petit comme entre toise auxiliaire	-0.00040
	50	30	42		-0.00040
	45	27	42		-0.00040
	40	24	42		-0.00040
	35	21	42		-0.00040
	30	18	42		-0.00040
	50	35	36		-0.00040
	40	28	36		-0.00040
	30	21	36		-0.00040
	30	21	36		-0.00040
	93	33	71		0.00042
	62	22	71		0.00042
	83	41	51		0.00051
	99	43	58		0.00062
	99	29	86		0.00062
	94	32	74		0.00068
	94	37	64		0.00068
	47	32	37		0.00068
	84	29	73		-0.00070
	89	38	59		0.00074
69	37	47	-0.00076		
63	23	69	0.00080		
84	46	46	0.00080		
42	23	46	0.00080		
42	23	46	0.00080		
21	23	23	0.00080		

9 Filets par pouce						
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]
Position du pignon						
A	B	C	D	E	F	
<b>N'importe quel pignon</b>	<b>entretoise H, ou pignon plus petit comme entre toise auxiliaire</b>	81	28	82		-0.00003
		81	41	56		-0.00003
		78	33	67		-0.00008
		52	22	67		-0.00008
		61	19	91		0.00011
		70	31	64		0.00025
		70	32	62		0.00025
		35	31	32		0.00025
		89	29	87		-0.00030
		86	46	53		-0.00035
		43	23	53		-0.00035
		63	38	47		-0.00038
		82	28	83		0.00039
		85	33	73		0.00041
		88	29	86		0.00044
		88	43	58		0.00044
		44	29	43		0.00044
		80	42	54		-0.00046
		40	21	54		-0.00046
		20	21	27		-0.00046
		80	27	84		-0.00046
		80	28	81		-0.00046
		60	21	81		-0.00046
		80	36	63		-0.00046
		60	27	63		-0.00046
		40	18	63		-0.00046
		40	27	42		-0.00046
		94	36	74		0.00049
		47	18	74		0.00049
		94	37	72		0.00049
		47	36	37		0.00049
		97	50	55		-0.00052
		77	37	59		-0.00053
		94	41	65		-0.00057
		56	23	69		0.00060
		91	30	86		-0.00063
		91	43	60		-0.00063
		91	43	60		-0.00063
		59	19	88		0.00063
		59	22	76		0.00063
59	38	44		0.00063		
71	33	61		-0.00067		
40	71	61		-0.00067		
68	41	47		0.00071		

10 Filets par pouce						
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]
Position du pignon						
A	B	C	D	E	F	
<b>N'importe quel pignon</b>	<b>entretoise H, ou pignon plus petit comme entre toise auxiliaire</b>	97	47	65		0.00000
		95	34	88		0.00001
		95	44	68		0.00001
		71	26	86		0.00015
		71	43	52		0.00015
		69	41	53		0.00017
		65	23	89		0.00020
		63	31	64		0.00022
		63	32	62		0.00022
		51	22	73		0.00037
		80	42	60		-0.00042
		40	21	60		-0.00042
		84	49	54		-0.00042
		72	42	54		-0.00042
		60	35	54		-0.00042
		48	28	54		-0.00042
		36	21	54		-0.00042
		62	21	93		-0.00042
		78	27	91		-0.00042
		52	18	91		-0.00042
		80	28	90		-0.00042
		60	21	90		-0.00042
		58	21	87		-0.00042
		96	36	84		-0.00042
		88	33	84		-0.00042
		80	30	84		-0.00042
		72	27	84		-0.00042
		64	24	84		-0.00042
		56	21	84		-0.00042
		48	18	84		-0.00042
		90	35	81		-0.00042
		72	28	81		-0.00042
		54	21	81		-0.00042
		52	21	78		-0.00042
		88	36	77		-0.00042
		66	27	88		-0.00042
		44	18	77		-0.00042
		50	21	75		-0.00042
		96	42	72		-0.00042
		80	35	72		-0.00042
64	28	72		-0.00042		
48	21	72		-0.00042		

11 Filets par pouce						
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]
Position du pignon						
A	B	C	D	E	F	écart par filet [ mm ]
	N'importe quel pignon		59	28	73	
		81	46	61		0.00016
		85	31	95		-0.00018
		68	38	62		-0.00018
		34	19	62		-0.00018
		51	19	93		-0.00018
		68	31	76		-0.00018
		51	31	57		-0.00018
		53	27	68		0.00019
		53	34	54		0.00019
		53	36	51		0.00019
		71	41	60		-0.00024
		71	30	82		-0.00024
		57	25	79		-0.00032
		77	46	58		-0.00034
		77	29	92		-0.00034
		72	29	86		0.00036
		72	43	58		0.00036
		80	42	66		-0.00038
		40	21	66		-0.00038
		80	33	84		-0.00038
		80	36	77		-0.00038
		60	27	77		-0.00038
		40	18	77		-0.00038
		80	44	63		-0.00038
		60	33	63		-0.00038
		40	22	63		-0.00038
		40	33	42		-0.00038
		94	37	88		0.00040
		94	44	74		0.00040
		47	22	74		0.00040
		47	37	44		0.00040
	58	41	49		0.00042	
	63	37	59		-0.00043	

entretoise H, ou pignon plus petit  
comme entre toise auxiliaire

12 Filets par pouce						
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]
Position du pignon						
A	B	C	D	E	F	écart par filet [ mm ]
N'importe quel pignon		92	57	61		
		73	31	89		-0.00004
		78	44	67		-0.00006
		39	22	67		-0.00006
		64	41	59		-0.00017
		86	50	65		0.00017
		43	25	65		0.00017
		62	33	71		0.00019
		89	58	58		-0.00022
		85	44	73		0.00031
		66	29	86		0.00033
		66	43	58		0.00033
		55	21	99		-0.00035
		70	27	98		-0.00035
		65	27	91		-0.00035
		50	21	90		-0.00035
		80	36	84		-0.00035
		60	27	84		-0.00035
		40	18	84		-0.00035
		90	42	81		-0.00035
		75	35	81		-0.00035
		60	28	81		-0.00035
		45	21	81		-0.00035
		55	27	77		-0.00035
		80	42	72		-0.00035
		40	21	72		-0.00035
		50	27	70		-0.00035
		80	54	56		-0.00035
		40	27	56		-0.00035
		70	49	54		-0.00035
		60	42	54		-0.00035
		50	35	54		-0.00035
		40	28	54		-0.00035
		35	27	49		-0.00035
		50	42	45		-0.00035
		40	36	42		-0.00035
		90	54	63		-0.00035
		85	51	63		-0.00035
		80	48	63		-0.00035
		75	45	63		-0.00035
	70	42	63		-0.00035	
	65	39	63		-0.00035	
	60	36	63		-0.00035	
	55	33	63		-0.00035	
	50	30	63		-0.00035	
	45	27	63		-0.00035	
	40	24	63		-0.00035	
	35	21	63		-0.00035	
	30	18	63		-0.00035	

entretoise H, ou pignon plus petit  
comme entre toise auxiliaire

13 Filets par pouce						
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]
Position du pignon						
A	B	C	D	E	F	
N'importe quel pignon		91	46	81	entretoise H, ou pignon plus petit comme entre toise auxiliaire	-0.00001
		75	37	83		-0.00009
		58	25	95		0.00016
		85	40	87		0.00018
		68	32	87		0.00018
		68	29	96		0.00018
		80	42	78		-0.00024
		80	36	91		-0.00024
		60	27	91		-0.00024
		80	39	84		-0.00024
		82	46	73		-0.00030
		84	40	86		-0.00036
		63	30	86		-0.00036
		45	20	85		Attention ! hors tolerance 0.00098
		85	40	80		Attention ! hors tolerance 0.00833
		80	40	75		Attention ! hors tolerance 0.0166

14 Filets par pouce						
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]
Position du pignon						
A	B	C	D	E	F	
N'importe quel pignon		86	48	79	entretoise H, ou pignon plus petit comme entre toise auxiliaire	-0.00001
		64	34	83		-0.00004
		53	41	57		-0.00007
		73	37	87		-0.00013
		83	60	61		-0.00015
		90	62	64		0.00016
		45	31	64		0.00016
		45	32	62		0.00016
		79	43	81		0.00017
		91	59	68		0.00020
		92	52	78		0.00024
		69	39	78		0.00024
		46	26	78		0.00024
		46	39	52		0.00024
		81	47	76		-0.00025
		93	50	82		0.00028
		80	42	84		-0.00030
		90	49	81		-0.00030
		60	49	54		-0.00030
		40	42	42		-0.00030
		80	49	72		-0.00030
		90	63	63		-0.00030
		80	56	63		-0.00030
		70	49	63		-0.00030
		60	42	63		-0.00030
		50	35	63		-0.00030
		40	28	63		-0.00030
		50	45	49		-0.00030
		40	36	49		-0.00030
		47	28	74		0.00031
		47	37	56		0.00031
		59	51	51		0.00033
		79	52	67		-0.00035
		72	46	69		0.00039
48	46	46	0.00039			
78	40	86	-0.00040			
78	43	80	-0.00040			
39	40	43	-0.00040			

16 Filets par pouce						écart par filet [ mm ]
Nombre de Dents						
Position du pignon						
A	B	C	D	E	F	
N'importe quel pignon	entretroise H, ou pignon plus petit comme entre toise auxiliaire	92	61	76		0.00001
		69	57	61		0.00001
		46	38	61		0.00001
		64	43	75		0.00003
		84	51	83		-0.00004
		56	34	83		-0.00004
		89	65	69		-0.00005
		61	53	58		-0.00005
		48	41	59		-0.00013
		62	44	71		0.00015
		58	37	79		-0.00015
		83	47	89		-0.00019
		83	51	82		0.00019
		65	36	91		-0.00026
		55	36	77		-0.00026
		75	54	70		-0.00026
		50	36	70		-0.00026
		55	42	66		-0.00026
		80	63	64		-0.00026
		75	60	63		-0.00026
		70	56	63		-0.00026
		65	52	63		-0.00026
		60	48	63		-0.00026
		55	44	63		-0.00026
		50	40	63		-0.00026
		45	36	63		-0.00026
		40	32	63		-0.00026
		35	28	63		-0.00026
		50	42	60		-0.00026
		60	54	56		-0.00026
		50	45	56		-0.00026
		40	36	56		-0.00026
		30	27	56		-0.00026
		45	42	54		-0.00026
		30	28	54		-0.00026
		40	42	48		-0.00026
		75	42	90		-0.00026
		50	28	90		-0.00026
		90	54	84		-0.00026
		85	51	84		-0.00026
80	48	84		-0.00026		
75	45	84		-0.00026		
70	42	84		-0.00026		
65	39	84		-0.00026		
60	36	84		-0.00026		
55	33	84		-0.00026		
50	30	84		-0.00026		
45	27	84		-0.00026		
90	56	81		-0.00026		
45	28	81		-0.00026		
65	42	78		-0.00026		
90	63	72		-0.00026		
80	56	72		-0.00026		
70	49	72		-0.00026		
60	42	72		-0.00026		
50	35	72		-0.00026		

40	28	72	-0.00026
85	63	68	-0.00026
35	36	49	-0.00026
35	42	42	-0.00026
47	32	74	0.00028
47	37	64	0.00028
81	53	77	0.00028
89	59	76	0.00031
84	46	92	0.00034
63	46	69	0.00034
42	46	46	0.00034
71	49	73	0.00036

18 Filets par pouce						
Nombre de Dents						
Position du pignon						
A	B	C	D	E	F	écart par filet [ mm ]
N'importe quel pignon		81	56	82	entretoise H, ou pignon plus petit comme entre toise auxiliaire	
		91	67	77		-0.00004
		61	38	91		0.00005
		85	61	79		-0.00009
		86	65	75		0.00012
		89	58	87		-0.00015
		86	53	92		-0.00017
		63	47	76		-0.00019
		82	56	83		0.00019
		41	28	83		0.00019
		85	66	73		0.00021
		66	43	87		0.00022
		88	58	86		0.00022
		44	29	86		0.00022
		80	63	72		-0.00023
		80	54	84		-0.00023
		40	27	84		-0.00023
		90	63	81		-0.00023
		80	56	81		-0.00023
		70	49	81		-0.00023
		60	42	81		-0.00023
		50	35	81		-0.00023
		40	28	81		-0.00023
		47	36	74		0.00024
		47	37	72		0.00024
		72	53	77		0.00025
		77	59	74		-0.00026
		84	69	69		0.00030
		91	60	86		-0.00031
		59	38	88		0.00032
		59	44	76		0.00032
		40	59	76		0.00032
68	47	82	0.00035			

19 Filets par pouce						
Nombre de Dents						
Position du pignon						
A	B	C	D	E	F	écart par filet [ mm ]
N'importe quel pignon		75	51	88	entretoise H, ou pignon plus petit comme entre toise auxiliaire	
		50	34	88		0.00000
		75	66	68		0.00000
		94	75	75		-0.00001
		62	53	70		0.00003
		74	54	82		0.00005
		70	59	71		-0.00006
		86	62	83		0.00007
		43	31	83		0.00007
		77	64	72		-0.00009
		61	50	73		0.00009
		73	48	91		0.00010
		73	56	78		0.00010
		73	52	84		0.00010
		58	39	89		-0.00010
		66	50	79		-0.00019
		89	71	75		0.00019
		71	59	72		0.00021
		80	63	76		-0.00022
		80	57	84		-0.00022
		47	37	76		0.00023
		47	38	74		0.00023
		88	65	81		0.00024
		47	29	97		-0.00024
		68	55	74		-0.00029
		69	43	96		0.00031
		92	64	86		0.00031
		69	48	86		0.00031
		46	32	86		0.00031
		69	59	70		-0.00033

20 Filets par pouce						écart par filet [ mm ]
Nombre de Dents						
Position du pignon						
A	B	C	D	E	F	
	N'importe quel pignon	74	59	79		0.00006
		71	52	86		0.00008
		69	53	82		0.00008
		65	46	89		0.00010
		79	63	79		-0.00021
		92	63	92		-0.00021
		91	63	91		-0.00021
		78	54	91		-0.00021
		65	45	91		-0.00021
		52	36	91		-0.00021
		90	63	90		-0.00021
		80	56	90		-0.00021
		70	49	90		-0.00021
		60	42	90		-0.00021
		50	35	90		-0.00021
		40	28	90		-0.00021
		89	63	89		-0.00021
		88	63	88		-0.00021
		87	63	87		-0.00021
		58	42	87		-0.00021
		86	63	86		-0.00021
		85	63	85		-0.00021
		92	69	84		-0.00021
		88	66	84		-0.00021
		84	63	84		-0.00021
		80	60	84		-0.00021
		76	57	84		-0.00021
		72	54	84		-0.00021
		68	51	84		-0.00021
		64	48	84		-0.00021
		60	45	84		-0.00021
		56	42	84		-0.00021
		52	39	84		-0.00021
		52	39	84		-0.00021
		48	36	84		-0.00021
		44	33	84		-0.00021
		40	30	84		-0.00021
		83	63	83		-0.00021
		82	63	82		-0.00021
		90	70	81		-0.00021
		81	63	81		-0.00021
		72	56	81		-0.00021
		63	49	81		-0.00021
		54	42	81		-0.00021
		45	35	81		-0.00021
		36	28	81		-0.00021
		80	63	80		-0.00021
		78	63	78		-0.00021
		52	42	78		-0.00021
		88	72	77		-0.00021
		77	63	77		-0.00021
		66	54	77		-0.00021
		55	45	77		-0.00021

entretoise H, ou pignon plus petit  
comme entretoise auxiliaire

		44	36	77		-0.00021
		76	63	76		-0.00021
		28	42	42		-0.00021
		47	37	80		0.00022

22 Filets par pouce						
Nombre de Dents						
Position du pignon						écart par filet [ mm ]
A	B	C	D	E	F	
N'importe quel pignon		88	67	91	entretoise H, ou pignon plus petit comme entre toise auxiliaire	0.00008
		81	61	92		0.00008
		92	75	85		-0.00008
		85	62	95		-0.00009
		51	38	93		-0.00009
		77	58	92		-0.00017
		54	43	87		0.00018
		72	58	86		0.00018
		36	29	86		0.00018
		80	63	88		-0.00019
		94	74	88		0.00020
		47	37	88		0.00020
		59	47	87		-0.00027

24 Filets par pouce						
Nombre de Dents						
Position du pignon						écart par filet [ mm ]
A	B	C	D	E	F	
N'importe quel pignon		73	62	89	entretoise H, ou pignon plus petit comme entre toise auxiliaire	-0.00002
		78	67	88		-0.00003
		61	53	87		-0.00004
		85	73	88		0.00016
		59	49	91		0.00016
		65	54	91		-0.00017
		75	63	90		-0.00017
		50	42	90		-0.00017
		93	79	89		-0.00020
		84	69	92		0.00023
		56	46	92		0.00023
		91	80	86		-0.00024
		71	61	88		-0.00025

26 Filets par pouce						
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]
Position du pignon						
A	B	C	D	E	F	
N'importe quel pignon		91	81	92	entretoise H, ou pignon plus petit comme entre toise auxiliaire	-0.00004
		92	81	93		0.00007
		67	59	93		-0.00011
		93	81	94		0.00019
		62	54	94		0.00019
		82	73	92		-0.00019

28 Filets par pouce						
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]
Position du pignon						
A	B	C	D	E	F	
N'importe quel pignon		53	57	82	entretoise H, ou pignon plus petit comme entre toise auxiliaire	0.00000
		80	83	85		0.00002
		64	68	83		0.00002
		48	51	83		0.00002
		32	34	83		0.00002
		73	74	87		-0.00003
		43	48	79		0.00003
		50	49	90		-0.00011
		80	84	84		-0.00011
		60	63	84		-0.00011
		40	42	84		-0.00011
		45	49	81		-0.00011
		55	63	77		-0.00011
		30	49	54		-0.00011
		20	42	42		-0.00011
		40	49	72		-0.00011
		50	63	70		-0.00011
		45	63	63		-0.00011
		40	56	63		-0.00011
		35	49	63		-0.00011
		30	42	63		-0.00011
		25	35	63		-0.00011
		25	45	49		-0.00011
		25	45	49		-0.00011
		20	36	49		-0.00011
		45	62	64		0.00012
		62	71	77		0.00012
		79	81	86		0.00012
		74	75	87		0.00014
		69	78	78		0.00015
		46	52	78		0.00015
		23	39	52		0.00015
	78	80	86	-0.00017		
	39	40	86	-0.00017		
	39	43	80	-0.00017		
	53	55	85	-0.00019		
	47	56	74	0.00019		
	72	73	87	-0.00020		
	48	58	73	-0.00020		
	54	69	69	0.00023		
	36	46	69	0.00023		
	24	46	46	0.00023		

32 Filets par pouce						
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]
Position du pignon						
A	B	C	D	E	F	
	N'importe quel pignon	21	46	46	entretoise H, ou pignon plus petit comme entre toise auxiliaire	0.00017

40 ; 48 ; 60 Filets par pouce						
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]
Position du pignon						
A	B	C	D	E	F	
NON POSSIBLE						

## 2.4 Tableau des engrenages pour filets métriques

0,25mm par tour						
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]
Position du pignon						
A	B	C	D	E	F	
N'importe quelle pignon	entretoise H	20	80	80		0
		21	84	80		0
		19	80	76		0
		18	80	72		0
	20	85	75		Attention ! hors tolerance 0.00098	
	25	90	90		Attention ! hors tolerance -0.00309	

0,35mm par tour						
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]
Position du pignon						
A	B	C	D	E	F	
N'importe quelle pignon	entretoise H	28	80	80		0
		21	80	60		0
		21	75	64		0
		20	70	65		Attention ! hors tolerance 0.00165
	30	90	75		Attention ! hors tolerance 0.00556	
	24	80	76		Attention ! hors tolerance 0.01364	

0,3mm par tour						
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]
Position du pignon						
A	B	C	D	E	F	
N'importe quelle pignon	entretoise H	24	80	80		0
		27	90	80		0
		21	80	70		0
		18	80	60		0
	20	70	65		Attention ! hors tolerance 0.00165	
	30	90	75		Attention ! hors tolerance 0.00556	
	24	80	66		Attention ! hors tolerance 0.01364	

0,4mm par tour						
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]
Position du pignon						
A	B	C	D	E	F	
N'importe quelle pignon	entretoise H	30	80	75		0
		20	80	50		0
		24	80	60		0

0,45mm par tour						
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]
Position du pignon						
A	B	C	D	E	F	
N'importe quel pignon	entretoise H	36	80	80		0
		27	80	60		0
		18	80	40		0
		30	80	66		Attention ! hors tolerance 0.00455
		20	80	45		Attention ! hors tolerance -0.00556

0,7mm par tour						
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]
Position du pignon						
A	B	C	D	E	F	
N'importe quel pignon	entretoise H	entre toi se 35	80	50		0
		42	80	60		0
		28	80	40		0
		25	55	52		Attention ! hors tolerance -0.00070
		40	70	65		Attention ! hors tolerance 0.00330

0,5mm par tour						
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]
Position du pignon						
A	B	C	D	E	F	
N'importe quel pignon	entretoise H	40	80	80		0
		33	80	66		0
		30	80	60		0
		25	80	50		0
		20	80	40		0

0,75mm par tour						
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]
Position du pignon						
A	B	C	D	E	F	
N'importe quel pignon	entretoise H	60	80	80		0
		45	80	60		0
		30	80	40		0

0,6mm per turn						
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]
Position du pignon						
A	B	C	D	E	F	
N'importe quel pignon	entretoise H	30	80	50		0
		24	80	40		0
		45	80	75		0

0,8mm par tour							
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]	
Position du pignon							
A	B	C	D	E	F		
N'importe quel pignon	entretoise H	40	80	50			0
		33	66	50			0
		30	60	50			0
		24	60	40			0
		25	50	50			0
		60	80	75			0
		30	75	40			0

1,5mm par tour							
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]	
Position du pignon							
A	B	C	D	E	F		
N'importe quel pignon	entretoise H	60	80	40			0
		45	80	30			0
		45	60	40			0
		90	80	60			0
		75	80	50			0
		60	80	40			0

1mm par tour							
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]	
Position du pignon							
A	B	C	D	E	F		
N'importe quel pignon	entretoise H	80	80	80			0
		66	80	66			0
		60	80	60			0
		52	80	52			0
		50	80	50			0
		45	80	45			0
		40	80	40			0
		35	80	35			0
		30	60	40			0
		25	50	40			0

1,75mm par tour										
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]				
Position du pignon										
A	B	C	D	E	F					
N'importe quel pignon	entretoise H	70	80	40			0			
		35	40	40			0			

1,25mm per turn							
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]	
Position du pignon							
A	B	C	D	E	F		
N'importe quel pignon	entretoise H	50	80	40			0
		75	80	60			0
		65	80	52			0

2mm per turn							
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]	
Position du pignon							
A	B	C	D	E	F		
N'importe quel pignon	entretoise H	80	80	40			0
		66	80	33			0
		60	80	30			0
		50	80	25			0
		45	60	30			0

2,5mm par tour							
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]	
Position du pignon							
A	B	C	D	E	F	entretoise H	
N'importe quel pignon		75	60	40			0
		75	80	30			0
		60	80	24			0
		50	80	20			0
		45	60	24			0

4mm par tour							
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]	
Position du pignon							
A	B	C	D	E	F	entretoise H	
N'importe quel pignon		90	60	30			0
		75	60	25			0
		75	50	30			0
		75	60	25			0
		66	40	30			0
		60	40	30			0
		60	50	24			0
		50	40	25			0

3mm par tour							
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]	
Position du pignon							
A	B	C	D	E	F	entretoise H	
N'importe quel pignon		90	80	30			0
		90	60	40			0
		75	80	25			0
		75	50	40			0
		60	80	20			0
		45	60	20			0
		45	50	24			0
		45	40	30			0

4,5mm par tour						
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]
Position du pignon						
A	B	C	D	E	F	entretoise H
N'importe quel pignon		90	80	20		

3,5mm per turn							
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]	
Position du pignon							
A	B	C	D	E	F	entretoise H	
N'importe quel pignon		70	40	40			0
		70	80	20			0
		75	52	33			-0.00350

5mm per turn							
Nombre de Dents						écart par filet [ mm ]	
Position du pignon							
A	B	C	D	E	F	entretoise H	
N'importe quel pignon		60	40	24			0
		75	40	30			0
		75	60	20			0
		65	52	20		0	

