

1. CALES ANGULAIRES

En modélisme mécanique, on a finalement assez souvent besoin de réglages précis d'angles pour usiner. Les principales situations sont :

- perçage - fraisage
- tournage conique
- affûtage d'outils.

Il existe des jeux de cales d'une précision suffisante pour un amateur, importés de Chine mais d'une mise en œuvre pénible dès qu'il faut empiler des cales pour obtenir l'angle exact.



Ensemble de cales angulaires pour un usage de hobby.

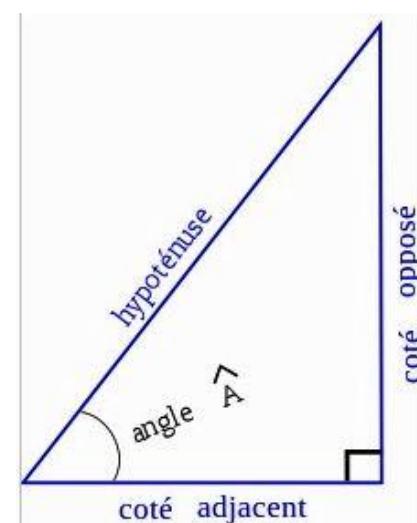
La solution est de se fabriquer directement la cale angulaire. Avec un peu de soin leur précision est en général suffisante pour les besoins courants.

Ce court document permet de se tirer d'affaire lorsque des angles autres que 45°, 30° ou 60° sont demandés. Il faut juste acquérir la compréhension des relations entre les côtés et les angles d'un triangle rectangle. Pas d'affolement, c'est au demeurant assez intuitif.

1.1 Principe géométrique

Définition du vocabulaire :

Il se trouve que pour un angle \hat{A} donné, le rapport entre les côtés pris deux à deux ne dépend pas de la taille du triangle mais uniquement de l'angle \hat{A} . Les valeurs de ces rapports selon l'angle \hat{A} sont appelées fonctions trigonométriques.



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

FICHE TECHNIQUE

USINAGE CALES ANGULAIRE

FPe47

La fonction qui nous intéresse dans le cas présent c'est la fonction **tangente**.

La tangente d'un angle est le rapport de la longueur du côté opposé à la longueur du côté adjacent :

$$\operatorname{tg}(\hat{A}) = BC/BA$$

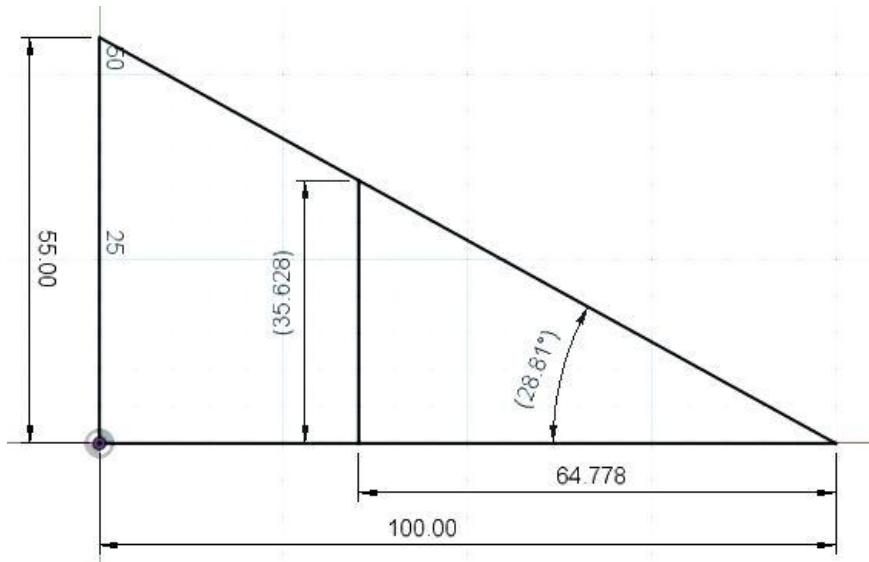
La fonction tangente est notée en général **tan**.

Par exemple si l'on a un angle de $13,45^\circ$ une calculatrice en mode scientifique donne

$\operatorname{tg}(13,45) = 0,23915598906940011125352971822288$ soit 0,239156. Pour les fonctions trigonométriques on conservera au moins 4 décimales.

Nota : connaissant la tangente on peut calculer l'angle par la fonction réciproque Arc_tangente notée atan ou \tan^{-1} . Par abus de langage on appelle aussi cette fonction "fonction inverse"

$$\tan^{-1}(0.7) = 34,99^\circ$$



Sur l'exemple ci-dessus on vérifie que $\operatorname{tan}(28,8108) = 0,5500 = 55/100 = 35,628/64,778$

2.1 Conversion d'un angle en degrés décimaux

On trouve encore des valeurs d'angles en degrés sexagésimaux.

$$\text{Degrés_décimaux} = \text{Degrés} + 1/60*\text{minutes} + 1/3600*\text{secondes}$$

Exemple : cône Morse CM2 Angle $2^\circ 52'$. Soit $2 + 0,16667*52 + 0 = 2,86667^\circ$ d'où l'on trouve que

$$\operatorname{tg}(2,86667) = 0,05007.$$

Remarques

- Pour les petits angles, disons inférieurs à 10° , la valeur de la tangente est faible et on a intérêt à prendre une longueur AB la plus grande possible pour diminuer l'erreur absolue sur la longueur de BC. On exprimera alors la tangente avec 6 décimales.

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**

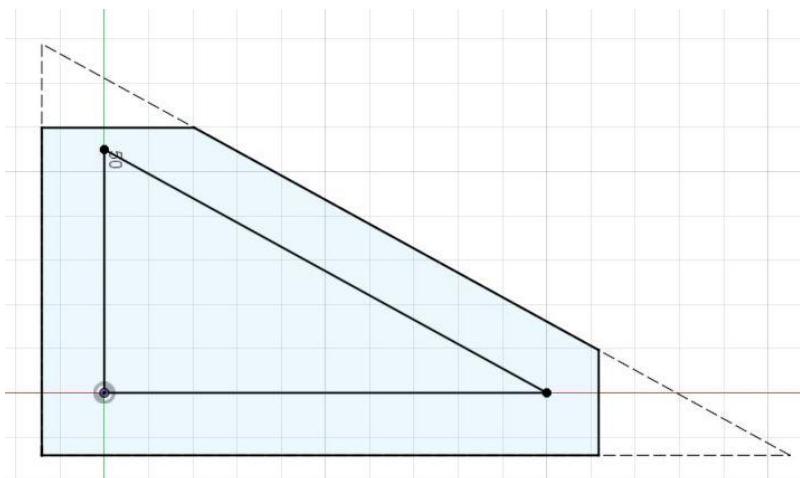


- VAPEUR 45 -

FOLIO 2/8 – Décembre 2025



Un site régulièrement mis à jour <http://vapeur45.fr>



- Notons qu'il n'est pas nécessaire de systématiquement donner à l'équerre l'aspect des équerres pointues d'écolier pour que les angles soient respectés.
- Connaissant l'angle (donc la tangente) et la longueur d'un côté, on peut calculer la longueur de l'autre côté.

$$BC = \tan(\hat{A}) * BA \text{ ou } BA = BC / \tan(\hat{A})$$

Par exemple $\hat{A} = 10^\circ$ donc $\tan(10) = 0,176327$; si $BC = 50\text{mm}$ alors

$$BA = 10 / 0,176327 = 56,71\text{mm}$$

2. RÉALISATION DE LA CALE

Personnellement j'utilise des chutes d'aluminium dont l'épaisseur varie en fonction de l'utilisation :

- réglage d'angle d'affûtage 3-4mm
- réglage petit chariot pour tournage conique : 6-8 mm
- perçage fraisage angulaire : cales usinées par paires de 4 à 10mm selon besoins.

Je recommande vivement l'utilisation de marques à frapper pour noter de façon indélébile la valeur exacte de l'angle au dixième de degré.

Marche à suivre

On part d'une ébauche rectangulaire usinée à partir d'un plat d'aluminium...bien plat.

On suppose que la fraiseuse et son étau sont parfaitement réglés, cela va de soi. On prend l'exemple d'une cale à $28,81^\circ$

1. Sommet B de l'angle droit du futur triangle rectangle. Pour notre exemple on pointe, perce à 2,8mm et on alèse à D=3mm le premier trou. On se déplace en X de la longueur BA par exemple 100mm, on bloque le mouvement. On pointe perce et alèse le second trou à D=3mm. On se déplace en Y de la longueur BC soit 55,0mm. On bloque le mouvement. On pointe perce et alèse le troisième trou à D=3mm.

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

FICHE TECHNIQUE

USINAGE CALES ANGULAIRE

FPe47

2. On enfile 2 ronds rectifiés de D=3mm. On reprend en étau et on fraise la tranche (hypoténuse AC).

3. On ébavure soigneusement. On identifie aussitôt l'angle avec des marques à frapper car un compas d'angle n'aura pas la précision suffisante pour retrouver ultérieurement la valeur de l'angle.



3. EXEMPLES D'UTILISATION D'UNE CALE ANGULAIRE :

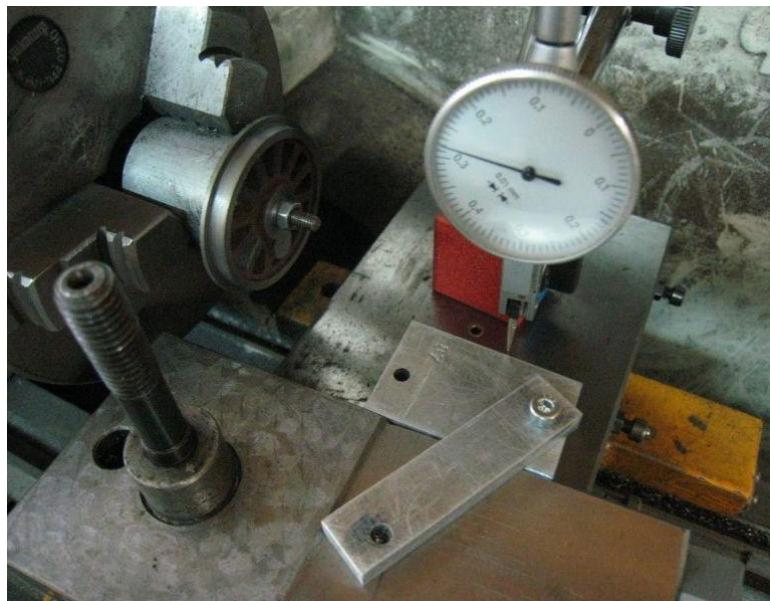
A/ pour un réglage rapide du chariot de petit mouvement lorsqu'on n'a pas besoin d'une précision exceptionnelle on utilise la cale sur une surface de référence de la machine outil.



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

B/ réglage avec comparateur.

On utilise un petit gadget avec un ou deux supermagnét inséré et collés pour maintenir la cale en position pendant les réglages comme sur la photo suivante.



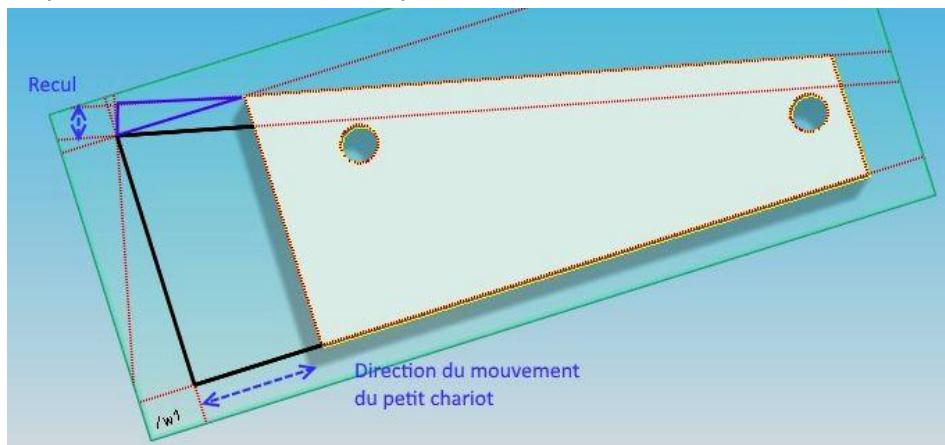
La cale sert, ci-dessus, à régler le petit mouvement pour usiner la jante de la roue de locomotive ; (le porte outil et les protections ont été ôtés pour la photo)

3.1 Démultiplication du mouvement du petit chariot

Pour la réalisation de filetage la pénétration droite de l'outil n'est pas recommandée pour deux raisons :

- vibrations et mauvais état de surface des flancs car les arêtes de l'outil vont couper alternativement un flanc et ensuite l'autre
- manque de précision de la profondeur de filetage en finition.

On incline alors le petit chariot pour obtenir une démultiplication de son mouvement et ne présenter qu'une seule arête à la coupe.



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

Comme le montre l'épure le recul de l'outil est égal au déplacement du petit chariot multiplié par $\sin(\hat{\alpha})$.

Supposons que l'on cherche une démultiplication de 10 entre le mouvement du petit chariot et le recul de l'outil.

$$\text{Recul} = 0,10 * \text{Mouvement_PetitChariot} = \sin(\hat{\alpha}) * \text{Mouvement_PetitChariot}$$

$$\sin(\hat{\alpha}) = 0,10 \text{ d'où } \hat{\alpha} = \sin^{-1}(0,1) = 5,73917^\circ$$

$$\tan(5,73917) = 0,1005$$

Si on prend 100 mm pour le grand côté de la cale le petit côté fera $100 * 0,1005 = 10,5 \text{ mm}$.

3.1. Cales d'affûtage

On aura intérêt d'emblée à fabriquer une série de cales qui couvrent l'essentiel des angles utiles : 1, 3, 5, 8, 10, 15, 20, 22,5, 25, 30.



FICHE TECHNIQUE

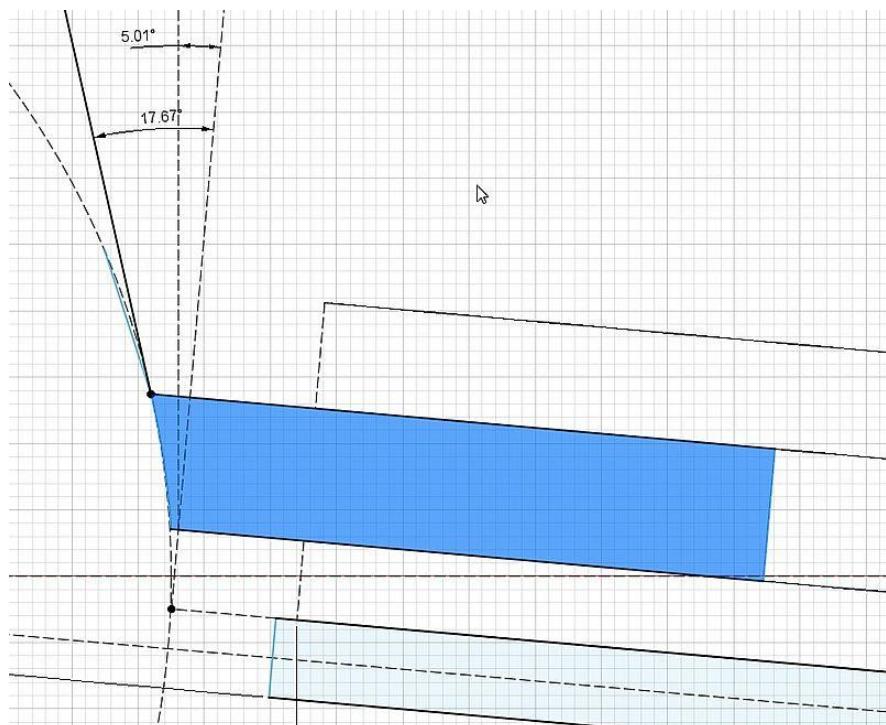
USINAGE CALES ANGULAIRE

FPe47

Le tableau page suivante donne les principales valeurs d'affûtage.

Nota :

Lorsqu'on ne dispose pas de meule boisseau et que l'on affûte avec un touret muni de meules plates, on a tout intérêt à tracer sur la cale angulaire des traits parallèles au pied de la cale. Ces repères servent de repères visuels pour le réglage du point de tangence et de l'outil et donc du support d'affûtage. Un espacement de 3 mm est en général suffisant. Ces repères pourront être gravés manuellement ou même sur fraiseuse avec une fraise à graver de type fraise javelot. La raison de ces repères est que le couteau est affûté sur un porte-outil dont la hauteur n'est pas négligeable. Comme le montre le schéma ci-après, si on règle l'angle de dépouille à 5° directement à partir de la table support, l'outil, une fois affûté, on va se retrouver avec une dépouille beaucoup plus importante. La conséquence est un angle de tranchant incorrect et une arête coupante plus fragile.



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



Modélisme et Patrimoine Ferroviaires

- VAPEUR 45 -

FOLIO 7/8 – Décembre 2025

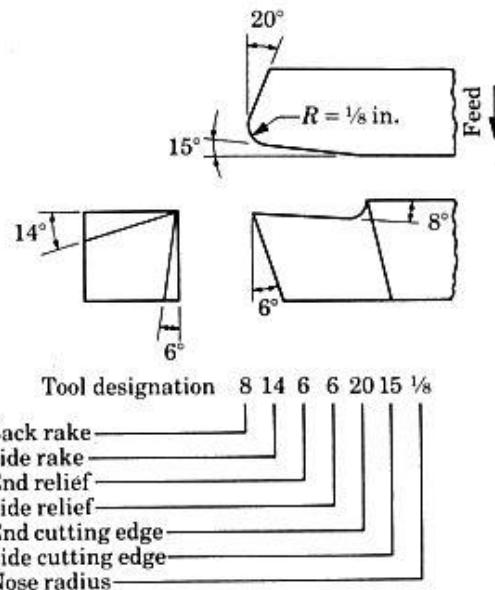


Un site régulièrement mis à jour <http://vapeur45.fr>

FICHE TECHNIQUE

USINAGE CALES ANGULAIRE

FPe47



Designation and symbols for a right-hand cutting tool.

GENERAL RECOMMENDATIONS FOR TURNING TOOLS

MATERIAL	HIGH-SPEED STEEL					CARBIDE (INSERTS)				
	BACK RAKE	SIDE RAKE	END RELIEF	SIDE RELIEF	SIDE AND END CUTTING EDGE	BACK RAKE	SIDE RAKE	END RELIEF	SIDE RELIEF	SIDE AND END CUTTING EDGE
Aluminum and magnesium alloys	20	15	12	10	5	0	5	5	5	15
Copper alloys	5	10	8	8	5	0	5	5	5	15
Steels	10	12	5	5	15	-5	-5	5	5	15
Stainless steels	5	8-10	5	5	15	-5-0	-5-5	5	5	15
High-temperature alloys	0	10	5	5	15	5	0	5	5	45
Refractory alloys	0	20	5	5	5	0	0	5	5	15
Titanium alloys	0	5	5	5	15	-5	-5	5	5	5
Cast irons	5	10	5	5	15	-5	-5	5	5	15
Thermoplastics	0	0	20-30	15-20	10	0	0	20-30	15-20	10
Thermosets	0	0	20-30	15-20	10	0	15	5	5	15

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