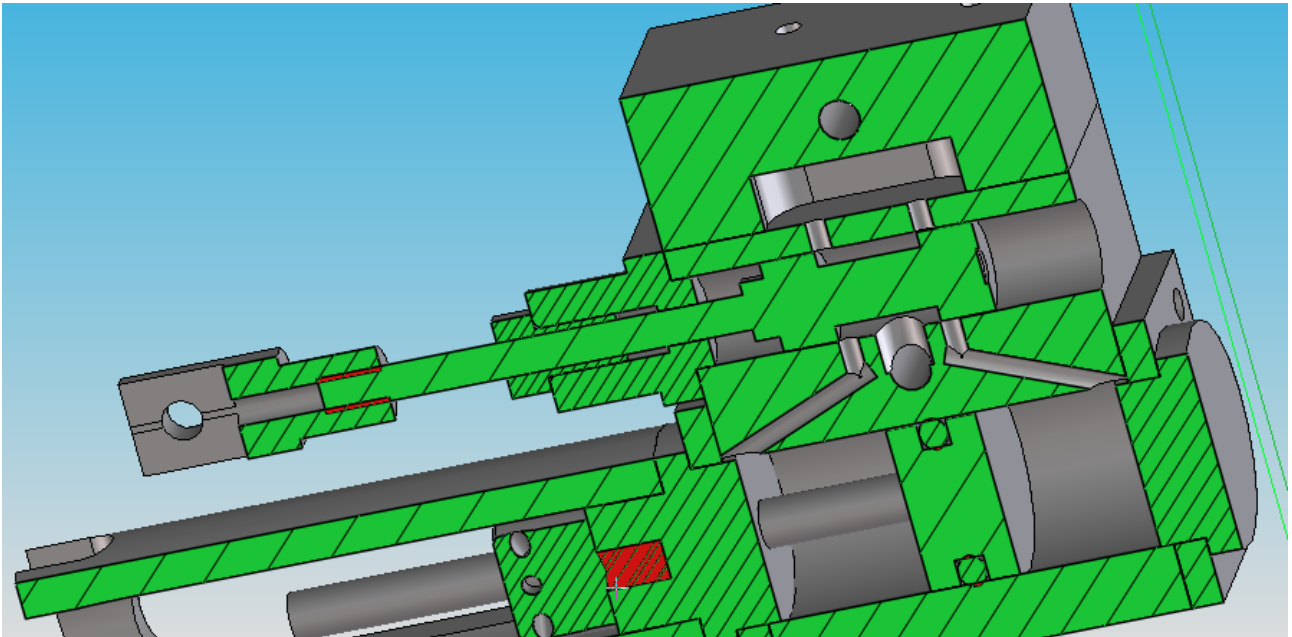
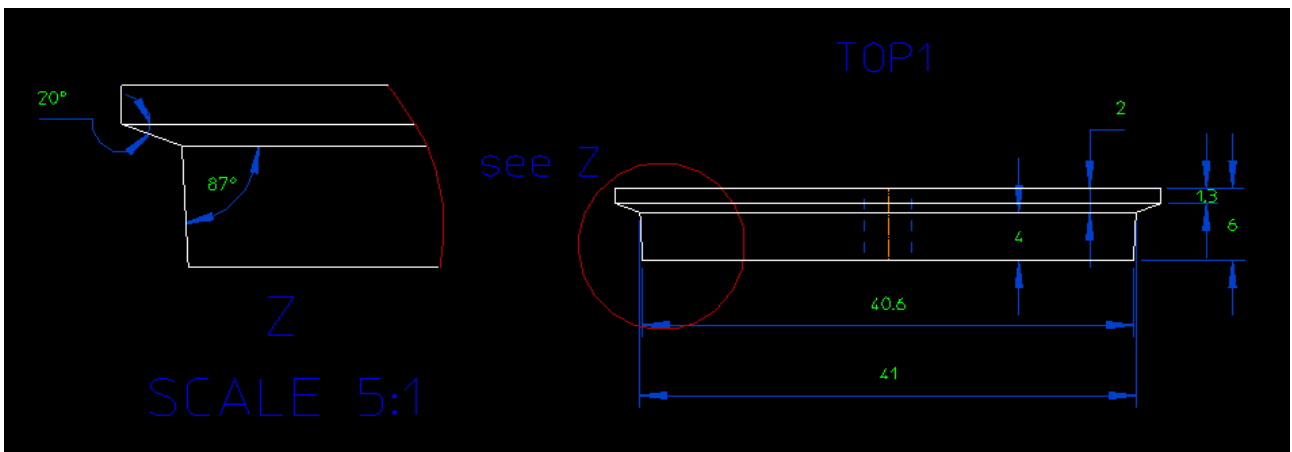


Cales angulaires

En modélisme, on a parfois besoin d'angles précis pour usiner. Sur perceuse fraiseuse, c'est le cas par exemple pour le perçage des canaux vapeurs dans un moteur, l'usinage de volants de bielle...



En tournage on trouvera le nez de vilebrequin pour les moteurs d'avion RC, l'usinage de roues de locomotives, les cônes d'emmanchement d'outils, le réglage du chariot pour filetage précis en profondeur...



Exemple de roue pour locomotive en voie de 45mm

Il existe des jeux de cales de précision suffisante, importés de Chine et peu coûteux au demeurant, mais d'une mise en oeuvre pénible dès qu'il faut empiler des cales pour obtenir l'angle exact.

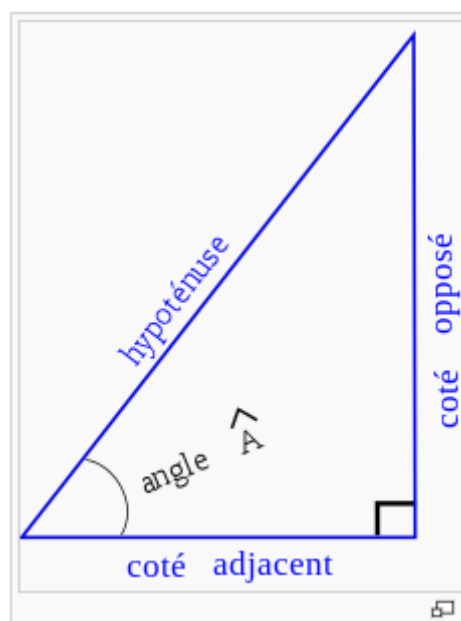


Ensemble de cales angulaires pour un usage de hobby.

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

Principe géométrique

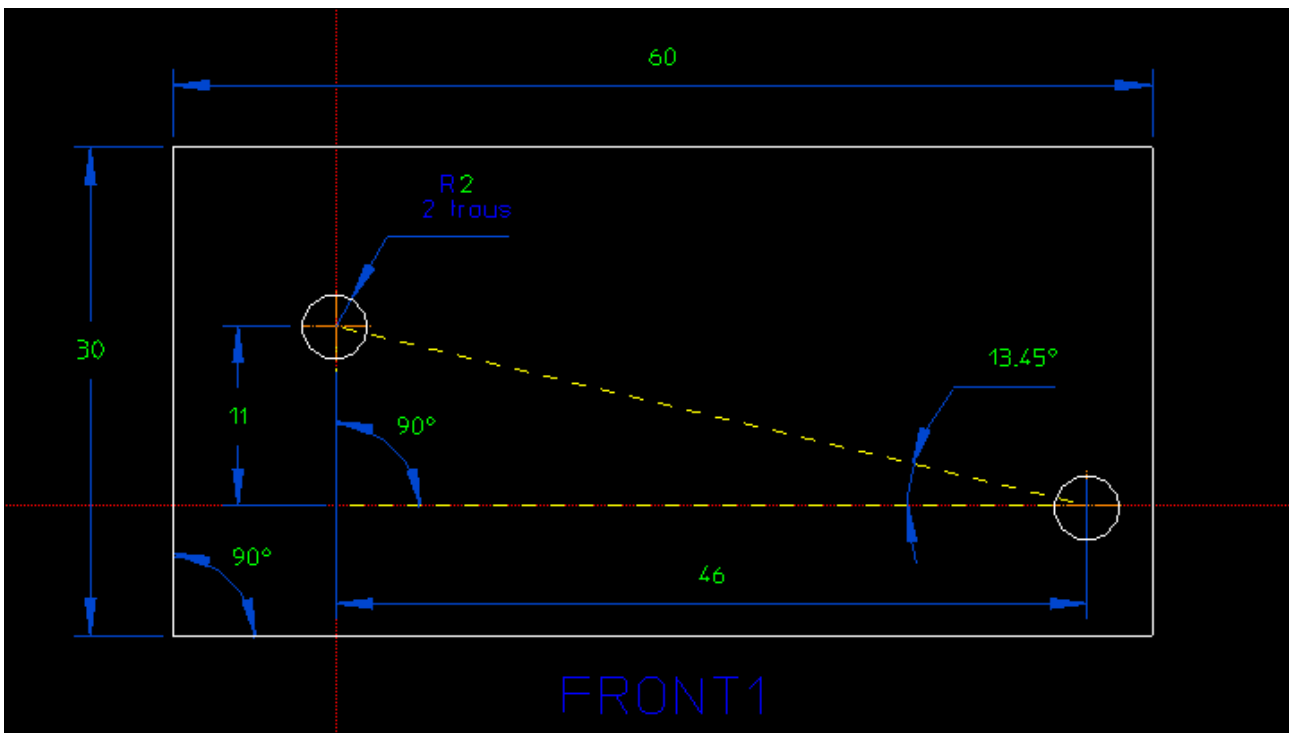
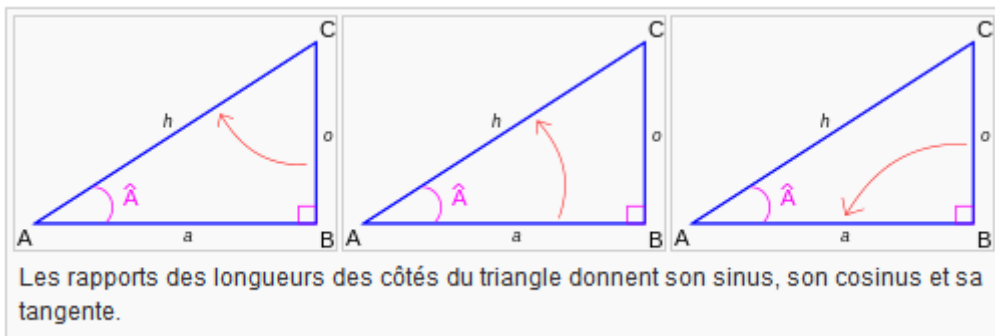
Définition du vocabulaire



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. Les valeurs de ces rapports selon l'angle \hat{A} sont appelées fonctions trigonométriques.

Celle 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 :

$$\text{tg}(A) = \text{BC}/\text{AB}$$



Par exemple si l'on veut un angle de $13,45^\circ$ la calculatrice Windows en mode scientifique donne $\text{tg}(13,45) = 0,23915598906940011125352971822288$ soit $0,239156$.

Si le côté adjacent de l'angle a une longueur de 46mm alors le côté opposé aura une longueur de $\text{BC} = 46 * 0,239156 = 11,001\text{mm}$ soit $11,0\text{mm}$.

- 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.

Exemple : cône Morse CM2

Angle $2^\circ 52'$. Conversion de l'angle en degrés décimaux

Degrés+ $1/60$ *minutes + $1/3600$ *secondes soit $2+0,16667*52=2,86667^\circ$

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

Pour un côté $AB=100\text{mm}$ le côté opposé BC vaut $100*0,05007= 5\text{mm}$

Réalisation de la cale

Personnellement j'utilise des chutes d'aluminium de 6 à 10 mm d'épaisseur, car les cales sont souvent à usage unique.

On part d'une ébauche dont les deux grandes faces sont parallèles et dont au moins deux côtés sont orthogonaux , angle de 90° .

On suppose que la perceuse fraiseuse et son étau sont parfaitement réglés, cela va de soi.

1. Pour notre exemple on pointe, perce et alèse à $D=4\text{mm}$ le premier trou (celui en bas à droite). On se déplace en X de 46mm, on bloque le mouvement. On se déplace en Y de 11,0mm. On bloque le mouvement. On pointe perce et alèse le second trou à $D=4\text{mm}$.
2. On enfile 2 ronds rectifiés de $D=4\text{mm}$. On reprend en étau et on fraise la tranche.
3. On ébavure soigneusement. On marque aussitôt l'angle avec des marques à frapper car un compas d'angle n'aura pas la précision suffisante pour retrouver la valeur de l'angle ultérieurement.



- On peut percer la tranche inclinée de la cale pour y placer des pions destinés à retenir la pièce dans l'étau pour fraisage
- Ces cales peuvent être faites par paires ou d'épaisseurs différentes en une seule passe d'usinage moyennant les méthodes classiques de maintien d'une pile d'ébauches. Pour ma part j'utilise indifféremment de la « Superglue » ou des vis à tête fraisée.

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.

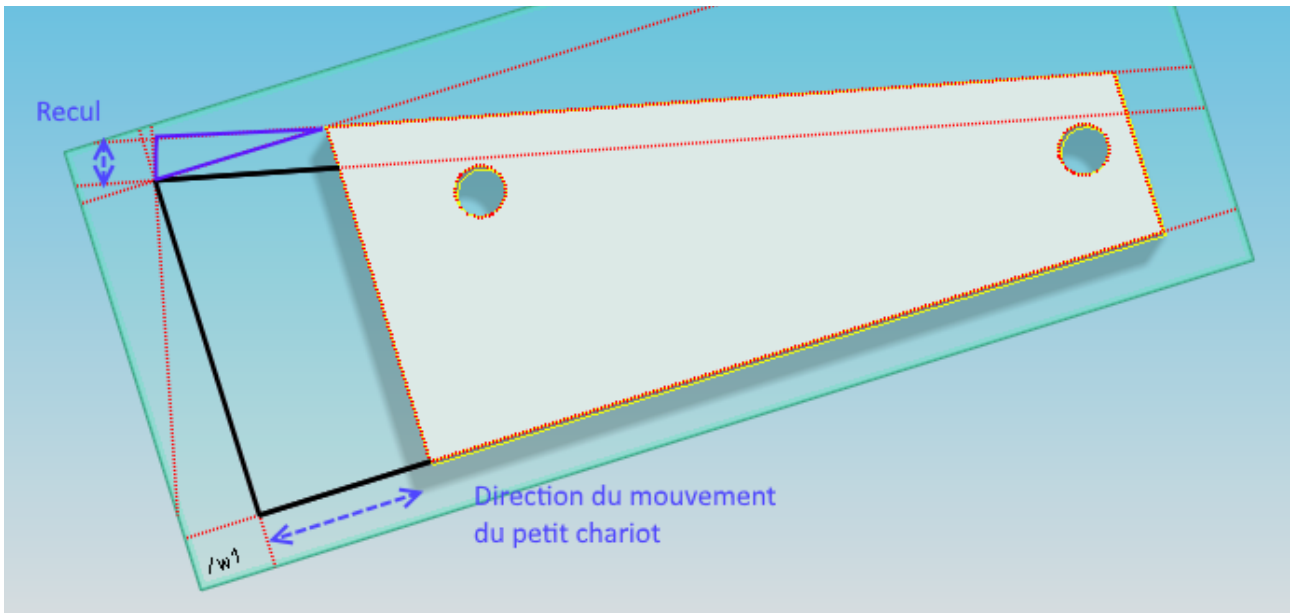


B/ réglage avec comparateur.

On utilise un petit gadget avec un ou deux supermagnets insérés 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)



Le comparateur mesure le recul de la cale, qui comme le montre l'épure est égal au déplacement du petit chariot multiplié par $\sin(A)$.

Par exemple pour un angle $\hat{A} = 3^\circ$ on déplace le petit chariot de 10mm et le comparateur doit afficher 0,52mm de déplacement car $\sin(3^\circ) = 0,0523$.

Cette méthode est très utilisée pour les filetages car elle augmente considérablement la précision d'engagement d'outil.