



Bonjour et bienvenue à mon
COURS D'USINAGE POUR
MACHINISTES EN HERBE

Vous trouverez dans le présent document des titres en bleu. Ces titres sont des liens qui mènent à des vidéos que j'ai produites qui sont pertinentes pour le sujet à l'étude. Pour suivre le cours il faut lire les notes et visionner les vidéos suggérées. Je crois que de suivre l'ordre prescrit améliorera l'apprentissage puisque cela encourage l'étudiant à prendre le temps d'étudier certains sujets moins attirants mais très importants tels que sécurité, mathématique, matériaux, lecture de plans ... Le présent ouvrage sera modifié lorsque je produirai de nouvelles vidéos, alors vérifier régulièrement [MON SITE WEB](#).

Voici la version 03, NOV 2020

Table des matières

<u>SECTION 1: INTRODUCTION</u>	PAGE 2
<u>SECTION 2: SÉCURITÉ</u>	PAGE 6
<u>SECTION 3: PRINCIPES DE MESURES</u>	PAGE 16
<u>SECTION 4: TRAVAIL À L'ÉTABLI</u>	PAGE 30
<u>SECTION 5: LECTURE DE PLANS</u>	PAGE 48
<u>SECTION 6: TRAÇAGE</u>	PAGE 49
<u>SECTION 7: PRODUCTION DE COPEAUX</u>	PAGE 53
<u>SECTION 8: MATÉRIAUX ET MÉTALURGIE</u>	PAGE 59
<u>SECTION 9: SÉQUENCE D'OPÉRATIONS</u>	PAGE 60
<u>SECTION 10-A: PERCEUSE</u>	PAGE 61
<u>SECTION 10-B: TOUR</u>	PAGE 62
<u>SECTION 10-C: FRAISEUSE</u>	PAGE 63
<u>SECTION 10-D: ÉTAU LIMEUR</u>	PAGE 65
<u>SECTION 10-E: RECTIFIEUSE</u>	PAGE 65
<u>SECTION 10-F: SCIE À RUBAN</u>	PAGE 65

SECTION 1: INTRODUCTION

VIDÉO À VISIONNER POUR CETTE SECTION

USINAGE LEÇON 1, INTRODUCTION



Vous trouverez toutes mes vidéos à
THATLAZYMACHINIST.COM

1-A: DÉFINITIONS

Usinage : Opération de mise en forme de la matière à une tolérance dimensionnelle et géométrique précise, par prélèvement de matière, à l'aide d'une machine-outil. C'est une opération de sculptage précis dont résulte une pièce fonctionnelle.



Machine-outil : Toute machine ayant un ou plusieurs axes linéaires mobiles précis pouvant prélever une quantité contrôlée de matière (soit par formation de copeaux, soit

par fusion ou vaporisation de la matière) et servant à l'usinage de pièces. Il existe une multitude de genres de machine-outil. Les perceuses fixes, les tours, les fraiseuses et les rectifieuses en sont quelques exemples.

Atelier d'usinage : Endroit où sont regroupés les machines-outils, les outils de travail à l'établi, les instruments métrologiques ainsi que les équipements de traitement thermique.

Précision : En atelier d'usinage, la précision est un facteur de la plus petite quantité de matière pouvant être prélevée par une opération d'usinage ou de travail à l'établi.



1-B: UTILITÉ DE L'USINAGE

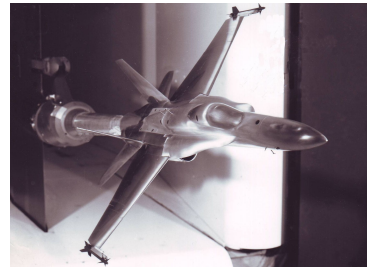
L'usinage est de loin la méthode la plus dispendieuse de mise en forme de la matière. En ce qui a trait à la production de pièces en série, on considère l'usinage en dernier lieu.

Par contre, lorsqu'une petite quantité de pièces doit être produite, ou lorsque la précision et la complexité l'exigent, l'usinage demeure la méthode de prédilection.

En fait, l'usinage est utilisé principalement pour **quatre genres d'activités**: le développement, la production manufacturière, la finition (opérations secondaires) et la réparation.

#1: RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

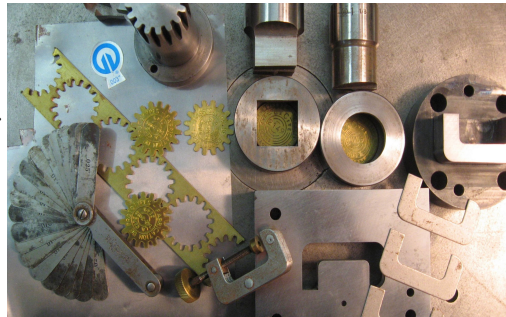
En recherche et développement, l'usinage est utilisé pour produire des prototypes, qui sont des pièces ou des assemblages uniques et fonctionnels à une échelle 1:1.



#2: PRODUCTION MANUFACTURIÈRE

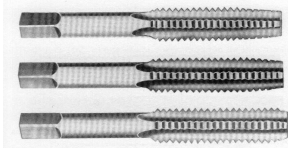
Quoique de moins en moins utilisé, l'usinage manuel peut encore servir pour la production en série de petites quantités de pièces. Par contre, l'usinage assisté par ordinateur (CNC) est largement utilisé en production manufacturière.

Une des facettes importantes de la production industrielle est la fabrication d'outillage spécialisé. L'usinage de très haute précision joue un rôle important



dans la fabrication des moules, des matrices, des gabarits et de toute autre forme d'outillage industriel.

#3: OPÉRATIONS DE FINITION (OPÉRATIONS SECONDAIRES)



L'usinage de finition englobe toutes les opérations d'usinage pratiquées sur des pièces semi-finies produites par une technique de mise en forme autre que l'usinage.

#4: RÉPARATION

Cette sphère d'activités englobe toutes les opérations de réusinage de pièce ou de remise à neuf d'assemblage existant.

1-C: ATTITUDES ET APTITUDES

En atelier, la pièce à produire est invariable. Elle n'est acceptable que si elle est parfaite.

Cela signifie que l'ouilleur n'exerce pas son art sur le résultat final de ses labeurs, mais bien sur le parcours suivi et sur le choix des opérations menant aux résultats finaux.

Le défi est d'arriver au but, le plaisir est le chemin qui y mène.

La planification à long terme, une pensée séquentielle, la capacité d'innover et une bonne perception spatiale sont les atouts d'un bon ouilleur.

Un bon ouilleur sait faire ce qui a déjà été fait, un excellent ouilleur sait faire ce qui n'a jamais été fait.

1-D: CE QU'IL FAUT SAVOIR POUR RÉUSSIR

Pour réussir comme ouilleur il faut maîtriser les quatre chasses gardées du métier, qui sont :

#1: USINAGE

Toute personne ayant un minimum de formation peut opérer une machine-outil. Le problème est qu'opérer une machine-outil et créer avec cette dernière sont deux choses bien différentes. Un opérateur adopte une attitude réactive qui s'applique à une opération d'usinage. Un ouilleur doit, dû au coût et à la nature unique des pièces produites, adopter une attitude proactive à l'égard d'une pièce ou d'un

projet complet.







Pour pouvoir fabriquer des pièces complexes, précises et uniques sans faire d'erreur, il faut contrôler toutes les variables. Il faut donc savoir utiliser à leurs limites tous les genres de machines-outils.

#2: DESSIN À MAIN LEVÉE ET LECTURE DE PLANS MÉCANIQUES

Il faut qu'un ouilleur maîtrise le dessin à main levée et la lecture de plans.

Les plans que l'ouilleur utilise sont souvent partiels, incomplets ou erronés. Comme j'ai stipulé précédemment, le résultat est l'objectif. Un bon ouilleur doit maîtriser le dessin puisqu'il lui incombe de déceler tout problème et toute anomalie avant de fabriquer la pièce.

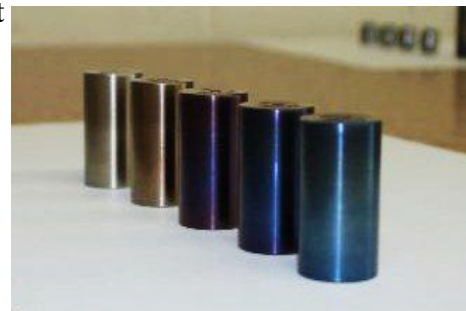
Il faut toujours se rappeler que prélever de la matière est incroyablement plus simple que d'en ajouter.

THATLAZYMACHINIST.COM 1/2			
SEQUENCE OF OPERATIONS			
Project	V BLOCK	Part	#1
Quantity	2	Material	AISI 4140 STEEL
Prepared by	HL	Operation	TOOLING
Prepared by	HL	Operation	SPEEDS
SKETCH	ROUGH OUT TO SCALING SHAPER	HAAS 5000	1000 RPM
	MILL SIDE GROOVES TO FINAL DIMENSIONS	#3/4 END MILL	300 RPM
	MILL V GROOVE TO OVERSIZE DIMENSION PER PREVIOUS GROOVE PER CLEARANCE	#3/4 END MILL	300 RPM
	MILL IN CLEARANCE GROOVES TO FINAL DIMENSION	SLITTING SAW	700 RPM
	DRILL #1/8" HOLE THROUGH PART	#1/8" DRILL	600 RPM
	DRILL 6 HOLES	#4 CD	1000 RPM
	DRILL 6 HOLES	#7 DRILL	1000 RPM
	DRILL 6 HOLES	1/4-20 DIES	MANUAL
	DRILL 6 HOLES	1/4-20 DIES	MANUAL
	FINISH SURFACE TO OVERSIZE DIMENSION	#3/4 END MILL	300 RPM
	FINISH SURFACE TO OVERSIZE DIMENSION	#3/4 END MILL	300 RPM
	FINISH SURFACE TO OVERSIZE DIMENSION	#3/4 END MILL	300 RPM
	FINISH SURFACE TO OVERSIZE DIMENSION	#3/4 END MILL	300 RPM

#3: LES SCIENCES

Afin d'évoluer correctement en atelier, il faut maîtriser certaines notions mathématiques, physiques, mécaniques ainsi que des notions dans le domaine des matériaux.

Ces notions ne sont pas les échelons d'une course à obstacles mais des composantes incontournables du développement d'un bon ouilleur. Les situations auxquelles nous faisons face sont réelles, elles exigent des réponses réelles et précises. Il n'y a rien de virtuel dans un atelier sauf peut-être un ouilleur qui ne sait pas ce qu'il fait.



#4: LA CRÉATIVITÉ

Nul ne peut être créatif sans connaissances ou habiletés, mais toute personne peut être créative.

La créativité n'est pas un accident de la nature, mais bien un parcours accessible à toute personne ayant cumulé une masse critique de connaissances et d'habiletés lui

permettant d'associer les éléments disparates de sa connaissance et d'en faire une idée nouvelle. On commence par apprendre et on finit par être créatif, c'est tout simplement humain. **Prenez le temps d'apprendre, ne commencer pas par produire des pièces de grandes importances, l'usinage est quelque chose qui s'apprivoise. Les projets présentés dans mes vidéos sont un bon point de départ.**

1-E: QUELQUES SUGGESTIONS!

- #1: En atelier, l'empressement ne remplace jamais la préparation.
- #2: Les indications et les cotes du plan d'une pièce sont les seules qui comptent.
- #3: Sans mesure précise, il est impossible de produire une pièce précise.
- #4: La séquence des opérations d'usinage d'une pièce est très importante.
- #5: La précision est le résultat d'opérations d'usinage successives. Plus c'est précis, plus il y a d'étapes à franchir.
- #6: Toute opération d'usinage est un compromis. Il s'agit avant tout de choisir le moindre mal.

SECTION 2: SÉCURITÉ EN ATELIER

VIDÉOS À VISIONNER POUR CETTE SECTION:

[SÉCURITÉ EN ATELIER D'USINAGE PARTIE 1](#)

[SÉCURITÉ EN ATELIER D'USINAGE PARTIE 2](#)

[SÉCURITÉ EN ATELIER D'USINAGE PARTIE 3](#)

[SÉCURITÉ EN ATELIER D'USINAGE PARTIE 4](#)

2-A: INTRODUCTION

La société moderne nous enveloppe d'un cocon protecteur qui peut parfois réduire la capacité de ses membres à développer des habitudes de vie qui réduisent le risque d'accident.

Un tel cocon protecteur peut parfois avoir des effets pervers.

À la fin des années 1970, les associations de hockey mineur ont introduit une réglementation visant à réduire le nombre effarant de blessures au visage que subissaient les jeunes hockeyeurs. Il était logique de penser que le port obligatoire d'un casque protecteur muni d'un grillage réduirait ce genre d'accidents.

Malheureusement, la réduction des blessures au visage fut accompagnée d'un accroissement des blessures au cou. Les associations de hockey n'avaient pas prévu qu'une augmentation de la protection des joueurs augmenterait également leur sensation d'invulnérabilité; ayant moins peur de se blesser, les jeunes jouaient de façon plus agressive.

Une personne qui ne ressent aucune crainte face à une situation dangereuse est une menace pour lui même ainsi que pour son entourage. La crainte augmente notre vigilance et nous prépare à réagir en cas d'urgence. La complaisance nous endort et nous encourage à faire des bêtises.

(NO FEAR = NO BRAINS)



L'atelier d'usinage n'est pas une garderie aseptisée contre tout danger. Toutes les machines-outils peuvent arracher, déchiqueter ou transpercer une partie de votre anatomie; certaines de ces machines peuvent facilement causer la mort. Si cela ne suscite aucune réaction de votre part, c'est qu'il y a un sérieux problème.

La présence de dangers à l'intérieur d'un atelier d'usinage ne signifie pas pour autant que ce lieu soit dangereux. Il suffit d'adopter de saines habitudes de travail.

2-B: QUELQUES COMPORTEMENTS A ADOPTER

- #1: Nous avons tous l'habitude de vouloir attraper un objet qui tombe accidentellement. En atelier, il faut se programmer à laisser tomber les choses qui tombent et réparer les dégâts par la suite. En s'habituant à attraper un petit objet (crayon, lunette ...), il est fort probable que l'on tente d'en attraper un gros (étaux, barre d'acier, appareil diviseur ...). Une habitude devient rapidement un réflexe.
- #2: Nous avons tous l'habitude de vouloir stopper manuellement un assemblage mécanique en marche lors d'un accident. Un exemple classique serait de tenter d'arrêter un mandrin de tour mal assujéti avant qu'il n'ait terminé de tourner. Lors d'un accident avec une machine-outil il faut suivre à la lettre les directives suivantes:
- 2.1: Reculer d'un pas en plaçant nos mains vers l'arrière, de chaque côté de notre corps.
 - 2.2: Prendre une grande respiration.
 - 2.3: Activer le disjoncteur d'urgence et s'éloigner de la machine.
- #3: Il faut prendre l'habitude de ne jamais ajuster quoique ce soit (pièce, outil de coupe ...) sur une machine-outil qui n'est pas éteinte par au moins deux interrupteurs.
- #4: Il faut développer l'habitude d'éviter les mouvements brusques et de travailler à un rythme constant et raisonnable. Rien ne sert de courir ...
- #5: Il faut travailler en position debout sans jamais s'accoter sur une machine-outil.
- #6: Il faut garder son aire de travail propre et exempte d'accumulation d'outils, de pièces et d'accessoires non essentiels.
- #7: Il faut être conscient de ce qui se passe autour de soi. Le danger peut venir d'ailleurs!
- #8: Il ne faut jamais utiliser une machine-outil sans en comprendre le fonctionnement. Il faut lire les manuels du fabricant qui accompagnent les machines.



- #9: Une personne impliquée dans un accident doit crier afin d'alerter ses collègues qui pourront alors lui venir en aide. Évitez de souffrir en silence (pas évident).
- #10: Il ne faut jamais laisser une clef dans un mandrin. **JAMAIS!!!**
- #11: Il faut adopter l'habitude de toujours utiliser la même main pour tenir une clef de mandrin.
- #12: Il faut attendre l'arrêt total d'une machine avant d'effectuer des opérations d'ajustage ou de nettoyage sur une machine.
- #13: Une machine-outil doit être ajustée et opérée par une seule personne.
- #14: Il est formellement interdit d'approcher ses mains d'un outil de coupe en mouvement ou en rotation.
- #15: Ne jamais laisser une personne blessée aller seule à l'infirmerie.
- #16: Toujours porter des lunettes de sécurité en atelier
- #17: Le port de bottes ou souliers de sécurité incorporant un protège-orteils en acier et une semelle antidérapante est obligatoire.
- #18: Les vêtements portés en atelier doivent être conformes aux normes suivantes:
 - 18.1: Les vêtements doivent être constitués d'un tissu facilement déchirable et peu inflammable.
 - 18.2: Les vêtements amples pouvant être agrippés par un organe de machine en mouvement sont proscrits.
 - 18.3: Les manches longues doivent être roulées plus haut que le coude.
 - 18.4: Les rebords roulés sur les pantalons ainsi que les pantalons courts sont proscrits.
- #19: Tout accessoire vestimentaire pouvant provoquer ou aggraver un accident est proscrit (bague, bracelet, collier, cravate ...).
- #20: Toute personne dont la chevelure peut être happée par un organe de machine en rotation, soit excédant une longueur de deux pouces, devra porter un bonnet de sécurité. Queue de cheval et tresses sont proscrites.

- #21: En ce qui a trait à l'alcool et aux médicaments, si la loi ou votre médecin indique qu'il n'est pas permis de conduire un véhicule, vous ne devriez pas, non plus, travailler en atelier.
- #22: Quoique l'atelier doit être un endroit où il fait bon vivre, aucun jeu, mauvais tour, poussage, course ou autres gestes irréfléchis ne doivent être tolérés.
- #23: Il est recommandé de ne jamais travailler seul en atelier. À la maison, il est possible d'accroître la sécurité en utilisant un interphone ou en demandant à quelqu'un de vérifier de temps en temps si tout va bien.
- #24: Toujours se conformer aux exigences sécuritaires du manufacturier de votre machine. Si vous n'avez pas ces documents, obtenez-les.
- #25: Ne jamais rendre inopérant les accessoires et mécanismes sécuritaires de vos équipements. Les manufacturiers font de grands efforts pour rendre leurs équipements sécuritaires, s'ils incorporent un accessoire ou mécanisme sécuritaire à une machine, c'est qu'il est requis!
- #26: **PENSEZ PRÉVENTION D'INCENDIE!!!** Il est bon de faire inspecter son atelier par le service d'incendie de sa municipalité.

2-C: DÉPLACER DES OBJETS LOURDS

Le déplacement d'objets lourds est la cause d'un grand nombre d'accidents en atelier.

Il est important de noter qu'il n'est pas nécessaire d'être très fort pour réussir à déplacer sécuritairement des objets lourds, il suffit de suivre les règles élémentaires suivantes:

- #1: **Soyez réaliste et très conservateur lorsque vous évaluez le poids d'un objet.**
- #2: **Il faut planifier le déplacement.** Toujours s'assurer que le plancher est propre et qu'aucun obstacle se présente dans l'aire d'aller. Il faut s'assurer, avant de soulever, que l'endroit où nous portons l'objet est prêt à le recevoir. Rien ne sert de courir, il faut partir à point.
- #3: **La douleur change le poids des objets.** Un objet relativement peu pesant mais qui est difficile à aggriper (arrêtes tranchantes, forme irrégulière ...) défie les lois physiques et change rapidement de poids lors du transport.
- #4: **Il ne faut jamais plier le dos.** Soulever et déposer les objets en pliant les genoux et en gardant le dos bien droit.

- #5: **Le dos ne doit subir aucune torsion.** Pour tourner, déplacez vos pieds sans tordre le dos.
- #6: **Utilisez votre tête plutôt que vos muscles.** S'il existe le moindre doute sur votre capacité de soulever un objet, n'hésitez pas à utiliser l'équipement approprié (grue, table hydraulique, leviers ...).
- #7: **Soulevez un objet pesant à deux ou à trois personnes est dangereux!!!**

2-D: QUELQUES DANGERS PARTICULERS

Afin de réduire le nombres d'accidents, prenons quelques minutes pour examiner des règles de sécurité propres à certains types de machines.

RECTIFIEUSES SUR PIED

- #1: L'appui-pièce, le protecteur latéral, le pare étincelle et la visière de protection faciale font partie intégrante de la rectifieuse sur pied. Ils doivent être ajustés et fonctionnels.
- #2: La meule que vous choisissez doit être homologuée pour la vitesse de votre rectifieuse.
- #3: Évitez de rectifier des métaux non-ferreux.
- #4: Utilisez l'appui-pièce pour stabiliser votre pièce et maintenez une distance respectable entre la meule et vos doigts.



EN PORTANT UNE ATTENTION PARTICULIÈRE AUX SIX PREMIÈRES MINUTES, VISIONNER:

RECTIFIEUSE SUR PIED ET MEULEUSE D'ÉTABLI

PERCEUSE À COLONNE

#1: Les cheveux longs peuvent se prendre dans la broche rotative d'une perceuse; ceci sonne cocasse, mais il est important de se rappeler que ce type d'accident défigure et tue plusieurs personnes chaque année.

#2: Nous savons qu'il est interdit de laisser une clef dans le mandrin porte foret (ou n'importe quel mandrin). Il est également interdit d'attacher la clef sur une corde ou une chaîne pour éviter de la perdre. La corde ou chaîne peut transformer un accident banal en désastre.



#3: Si votre perceuse n'est pas équipée d'un entraînement à engrenages pour le déplacement vertical de la table, utilisez une bride sur la colonne pour éviter que la table tombe et vous blesse.

#4: N'utilisez pas un étau de fraiseuse sur une perceuse à colonne. Les étaux de perceuse sont conçus pour être légers, faciles à manipuler, stables (même sans être fixés) et peu dispendieux.

#5: Les pièces minces, les pièces molles et les grosses pièces peuvent toutes être agrippées par un foret. Quoi faire?

Pièces minces: Soutenir la pièce entre deux pièces plus épaisses ou fabriquer un gabarit de perçage simplifié à même la table de la perceuse.

Pièces molles: Le laiton, le cuivre, le plomb, les polymères et les autres matériaux mous sont aptes à être agrippés par un foret à tous moments. Il faut utiliser des forets à goujures droites ou il faut modifier la pointe d'un foret hélicoïdal normal.

Grosses pièces: Les pièces massives qui ne sont pas fixées sur la table doivent être accotées contre une tige fixée sur la table pour empêcher qu'elles se mettent en rotation.

#6: Une table de perceuse sale (copeaux) ou des trous préalablement percés mais non ébarbés peuvent rendre une pièce instable et causer un accident.

#7: Une perceuse n'est pas une fraiseuse ni une toupie.

**EN PORTANT UNE ATTENTION PARTICULIÈRE À L'ASPECT
SÉCURITÉ, VISIONNER:**

PERCEUSE À COLONNE PARTIE 1

AINSI QUE

BLOC DE MONTAGE PARTIE 2

AINSI QUE

JAUGE À FORET PARTIE 1

SCIE À RUBAN

- #1: Ajustez le couvre-lame pour chaque hauteur de pièce que vous coupez.
- #2: Lorsque vous poussez sur une pièce, gardez une bonne distance entre vos pieds en gardant le pied avant accoté sur la base de la machine afin d'éviter de vous cogner la tête sur la machine si jamais la lame se brise.
- #3: Ne poussez jamais une pièce avec vos mains placées devant la lame. Si la pièce est trop petite pour dégager vos mains, utilisez un accessoire de fixation.
- #4: Les pièces minces ou difficiles à soutenir comme des dissipateurs de chaleur peuvent être agrippées par la lame de scie.
- #5: Pour éviter de se pincer les doigts, il faut soutenir les pièces cylindriques.
- #6: Pour éviter qu'une pièce glisse sur la lame, cochez la pièce avant d'effectuer une coupe angulaire.



**EN PORTANT UNE ATTENTION PARTICULIÈRE À L'ASPECT
SÉCURITÉ, VISIONNER:**

045 BLOC EN "V" partie 7

TOURS

- #1: Ne laissez jamais une clef de mandrin dans le mandrin. Jamais! Même pour une seconde!
- #2: Ne dégagez jamais des copeaux avec vos doigts, que la machine soit en mouvement ou à l'arrêt.
- #3: Une pièce retenue en mandrin mais non soutenue par une contrepointe ne doit jamais sortir du mandrin par plus que deux fois et demi son diamètre. Au moins la moitié d'une pièce courte doit être insérée dans le mandrin.
- #4: Assurez-vous que la transmission de l'avance est en neutre lorsque vous ne l'utilisez pas. Ceci réduit l'usure des engrenages et élimine la possibilité d'engager l'avance par erreur.
- #5: Des pièces longues et minces qui dépassent l'arrière de la poupée fixe doivent être contenues par un tuyau rigide fixé sur un socle afin d'éviter que la longue pièce soit pliée par la force centrifuge et ne devienne une lame rotative très dangereuse.
- #6: Vérifiez régulièrement que votre mandrin est bien fixé sur la broche.
- #7: Ne laissez jamais une bande abrasive être en contact avec plus que la moitié du diamètre extérieur de la pièce que vous polissez. Pour le polissage intérieur, n'insérez jamais un doigt dans la pièce à polir. **Jamais!!!** Utilisez une tige conçue d'une matière rigide mais facile à briser (bois mou) ne dépassant pas la moitié du diamètre du trou à polir sur lequel vous fixez votre abrasif.
- #8: Vérifiez la direction et la vitesse de l'avance automatique avant d'approcher l'outil de la pièce.
- #9: Pour les novices, il est préférable de se limiter à bouger un seul axe à la fois en plaçant vos deux mains sur la manivelle de l'axe que vous déplacez.



**EN PORTANT UNE ATTENTION PARTICULIÈRE À L'ASPECT
SÉCURITÉ, VISIONNER:**

MANCHE DE MARTEAU PARTIE 1

FRAISEUSE:

- #1: Les fraises et les doigts ne sont pas faits pour vivre ensemble. Manipulez les fraises avec soin lors du montage et du démontage. N'approchez jamais les doigts d'une fraise en rotation.
- #2: Vérifiez toujours le sens de rotation du couteau avant de fraiser.
- #3: Vérifiez que l'outil est bien fixé et que l'axe vertical de la broche est barré.
- #4: Il faut maîtriser l'usinage pour utiliser sécuritairement le fraisage en avalant. Le fraisage classique ou en remontant est plus sécuritaire pour des novices.
- #5: Vérifiez que la pièce est bien fixée et si vous utilisez un étau, vérifiez qu'il est bien fixé et aligné.
- #6: Évitez d'augmenter la vitesse d'avance pour les retours d'outils. Un accident est presque assuré si vous oubliez de la ralentir avant de prendre une autre coupe.
- #7: Habituez-vous de partir la rotation de la broche lorsque l'outil est loin de la pièce. Les outils de grand diamètre et à nombre de dents réduit donnent parfois l'impression d'être en position dégagée alors qu'ils sont en interférence.
- #8: Il ne faut jamais placer une poubelle, un chariot ou un tabouret sous une fraiseuse incorporant une table à mouvement vertical puisqu'ils pourraient être écrasés. La même logique s'applique à vos jambes si vous vous assoyez en travaillant.
- #9: Avant de partir la broche, vérifiez que vous n'avez pas oublié d'enlever la clef sur la barre de serrage de l'outil.
- #10: Ne placez jamais votre main sous le couteau lorsque vous la retirez de la broche.



**EN PORTANT UNE ATTENTION PARTICULIÈRE À L'ASPECT
SÉCURITÉ, VISIONNER:**

BLOC DE MONTAGE PARTIE 1

RECTIFIEUSE PLANE

- #1: Dressez la meule régulièrement.
- #2: Vérifiez avant de partir la broche que le plateau magnétique est activé.
- #3: Une pièce plus haute que large dans n'importe quel sens doit être soutenue lorsque montée sur un plateau magnétique.
- #4: Les pièces minces ne tiennent pas bien sur un plateau magnétique.
- #5: La plupart des aciers inoxydables tiennent mal sur le plateau magnétique.
- #6: Il faut utiliser des buvards pour protéger la meule des flasques de montage.
- #7: La vitesse maximale indiquée sur la meule doit être conforme à la vitesse de la broche.



**EN PORTANT UNE ATTENTION PARTICULIÈRE À L'ASPECT
SÉCURITÉ, VISIONNER:**

BLOC DE MONTAGE PARTIE 3

SECTION 3: PRINCIPES DE MESURES

VIDÉO À VISIONNER POUR CETTE SECTION:

MÉTROLOGIE PARTIE 1

AINSI QUE

MÉTROLOGIE PARTIE 2

AINSI QUE

MÉTROLOGIE PARTIE 3

3-A: HISTORIQUE

La plupart de nos activités quotidiennes sont régies par des systèmes de mesure. On n'a qu'à penser aux limites de vitesse sur la route pour constater l'impact qu'ont les systèmes de mesure sur nos vies.

Une des plus anciennes unités de mesure est le cubit, qui est une mesure de distance linéaire représentée par la distance qui sépare le coude du bout du majeur. Cette mesure, tout comme la plupart des unités de mesure antérieures au XVI^{ème} siècle, avait comme base une partie de l'anatomie humaine. Il est évident que la diversité de l'espèce humaine rend impossible une standardisation des unités de mesure.

Une façon de réduire la possibilité d'erreur est de faire une moyenne. En Angleterre, en 1542, les instructions suivantes furent produites pour uniformiser la mesure linéaire:

"On a certain Sunday as they come out of church, 16 men shall stand in line with the left feet touching, one behind the other. This distance shall be the legal rod and one sixteenth of it shall be the foot."

Il est devenu évident que les anciennes méthodes de mesure ne pourraient jamais subvenir aux besoins d'une société de plus en plus technique. Pour améliorer la précision des mesures, il a fallu instaurer un système de mesure arbitraire. Cela supposait le choix d'un étalon de base, souvent pour aucune bonne raison, ayant comme propriété première la stabilité. C'est ainsi qu'une roche est devenue l'étalon de mesure pour le poids, et une barre de bronze, pour la distance linéaire.

Ces premiers étalons de mesure avaient toutefois deux grandes faiblesses. En premier lieu, il n'y avait qu'un seul exemplaire avec lequel on pouvait vérifier l'exactitude des copies. En second lieu, si l'étalon de base était détruit, comme ce fut le cas à Londres en 1834, le système de mesure devenait inutilisable.

Aujourd'hui, les étalons de base sont liés à des réactions physiques reproductibles et très stables. Cela résout les problèmes d'étalon unique. Comme exemple, citons l'étalon d'un mètre entreposé à Paris. Le mètre que nous utilisons peut être défini par comparaison avec cet étalon (système archaïque) ou il peut être défini par comparaison avec 1 650 763,73 longueurs d'ondes de radiation rouge orangé.

L'importance du développement d'étalon précis est démontrée par l'évolution de la production industrielle.

- Avant le 19 ième siècle, toutes les pièces fabriquées étaient uniques. Cela ne veut pas dire qu'il n'y avait pas de pièces semblables, mais bien que les pièces semblables n'étaient pas interchangeables. Si une pièce de mousquet se brisait, il fallait recourir aux services d'un artisan spécialisé pour en fabriquer un autre. Ce qui est peu pratique et très dispendieux.

- Au 19 ième siècle, Eli Whitney décide d'instaurer un système de mesure et de tolérance à sa fabrique de mousquet. Les pièces de mousquet Whitney devenaient ainsi interchangeables, une première mondiale. Cependant l'interchangeabilité des pièces était limitée aux pièces produites aux usines Whitney.

- Il a fallu attendre la première guerre mondiale pour voir apparaître des pièces interchangeables de provenances multiples.

- Avec la précision des systèmes de mesure utilisés aujourd'hui, nous pouvons faire des choses qu'il y a trente ans n'étaient que des rêves. Il est bon de noter que l'activité la plus importante de tout développement scientifique est la mesure. Notre capacité de mesurer avec précision détermine notre degré de développement technologique.

3-B: PRINCIPES ET TERMINOLOGIE DE BASE

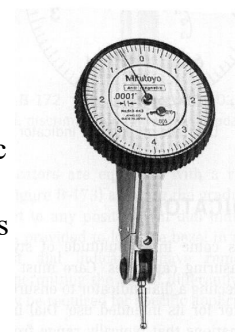
A: MESURE DIRECTE

Une mesure est directe lorsque l'outil de mesure utilisé a une échelle lisible. La précision avec laquelle on peut mesurer directement varie selon l'outil utilisé. La règle à mesurer, le micromètre, le pied à coulisse, le rapporteur à vernier sont tous des outils à mesure directe.



B: MESURE COMPARATIVE

Une mesure est comparative lorsque l'outil de mesure est utilisé pour comparer une pièce à un standard établi. Cette méthode de mesure est généralement beaucoup plus précise que les mesures directes puisqu'elle a un lien plus direct avec l'étalon primaire et il y a peu de chance d'erreur durant la lecture. La règle sinus, les cales étalons, les calibres coniques



et les comparateurs optiques sont des exemples d'outils de mesure comparative.

C: TOLÉRANCE

La précision avec laquelle une dimension indiquée sur un dessin doit être respectée est la tolérance de la dimension.

EXEMPLE: 5" \pm .005"

La pièce est acceptable si sa dimension finale se situe entre 4.995" et 5.005"

Il est important de savoir que les outils de mesure ont également une tolérance.

1	CORPS	1	
ITEM	PIECE	QTE.	
THAT LA:			
SAUF INDICATIONS CONTRAIRES			TITRE
DIMENSIONS= IMPERIAL			DESS
TOLERANCES=			Y.
X	=	\pm	VERIF
XX	=	\pm .01	N
XXX	=	\pm .005	APPR
XXXX	=	\pm .0005	DATE
FRACTIONS= \pm			
ANGLES= \pm 0' 30'			
RAYONS= \pm			

EXEMPLE: Un micromètre standard ne peut être utilisé pour mesurer une pièce qui a une tolérance de \pm .0005

D: ÉTALON

Objet ou instrument qui matérialise une unité de mesure et sert de référence, de modèle légal.

-L'étalon de la mesure du temps est la vibration d'un atome de césium. 9 192 631 770 vibration de cet atome équivaut à une seconde (s).

-L'étalon de la distance est le mètre (m) qui est égal à 1 650 763,73 longueurs d'ondes de radiation rouge orangé placé sous vide.

E: ÉTAT DE SURFACE

Description et classification de toute déviation de surface par rapport à un standard établi.

Exemple: Un défaut périodique résultant de la trace d'un outil de coupe est généralement classifié comme un défaut du deuxième ordre.

F: INDICE DE PRÉCISION

Il est important d'utiliser le bon nombre de décimales pour décrire une dimension puisque le nombre de décimales indiquées sur une mesure est un indice pour

définir la précision de l'instrument utilisé pour prendre la mesure.

Exemple: Règle d'acier impérial = deux décimales
Pied à coulisse impérial = trois décimales

G: MULTIPLICATION D'ERREUR

Il est important d'éviter de déplacer le point de référence pour des mesures cartésiennes. Il est quatre fois plus précis de mesurer une fois cinq pieds que cinq fois un pied.

H: SYSTÈME IMPÉRIAL (POUCE)

En atelier d'usinage l'unité de mesure linéaire impériale est le pouce. Il est préférable de dire 25 pouces que de dire deux pieds et un pouce.

Le système impérial peut par contre être fractionnel ou décimal.

Le système fractionnel est un survivant des temps ancestraux, lorsque les personnes de métier étaient peu connaisseuses en mathématique. De nos jours, le système fractionnel est surtout utilisé pour définir des dimensions dites nominales (sans tolérance spécifique).

La base du système décimal est le millième de pouce (.001). Il est préférable de décrire la dimension 3.105" comme étant trois pouces cent cinq millièmes. Si des dix millièmes de pouce sont utilisés, ils sont énoncés séparément.

Exemple: 2.0533" se dit: Deux pouces cinquante trois millièmes et trois dix millièmes.

I: SYSTÈME MÉTRIQUE (MM)

En atelier d'usinage, l'unité de mesure linéaire métrique est le millimètre. Il est préférable de dire 25 millimètres que de dire deux virgule cinq centimètres.

Lorsque la dimension est énoncée plus précisément qu'en millimètres, nous le décrivons quand même en millimètres.

Exemple: 30,51 mm se dit: Trente virgule cinquante et un millimètres.

3-C: MESURES LINÉAIRES EN ATELIER

La plupart des mesures effectuées en atelier sont des mesures linéaires. Les surfaces parallèles, angulaires, à courbes constantes et irrégulières sont toutes mesurées par distance linéaire d'un point ou d'une surface de référence.

Exemple: Pour mesurer une forme tubulaire, on mesure son diamètre. Même si la surface de la pièce est courbe, la mesure est linéaire. Si la surface à mesurer était une courbe irrégulière tri-dimensionnelle, elle serait définie par des coordonnées sur un plan cartésien.(X,Y,Z)

Pour pallier aux difficultés que peut présenter la mesure en atelier, il existe une multitude d'instruments de mesure. Certains sont très précis, d'autres moins, l'important étant de choisir le bon outil pour le travail à exécuter.

Le facteur ayant le plus grand impact sur le choix d'instruments est la précision avec laquelle la mesure doit être effectuée. Il est tentant de toujours choisir l'outil le plus précis pour mesurer toutes les pièces peu importe la tolérance exigée. Cependant, la personne qui mesure une pièce brute de fonte avec un pied à coulisse ne perd pas seulement son temps; elle abuse d'un outil dispendieux pour obtenir un résultat comparable à ce qu'elle obtiendrait avec une règle à mesurer.

Le deuxième facteur qui influence le plus le choix d'instrument de mesure est la disponibilité. À cause du coût excessif de certains instruments, il est peu probable de les retrouver tous à un seul endroit. Il faut souvent utiliser les moyens du bord et être très créatif pour obtenir certaines mesures.

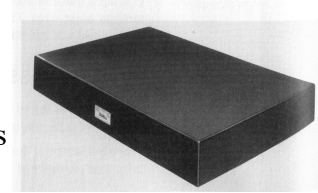
Peu importe la précision de l'instrument, le résultat obtenu n'est fiable que si l'utilisateur en fait bon usage. Il existe mille et une façons d'obtenir un mauvais résultat, mais seulement quelques façons d'en obtenir un bon.

Voici les outils de base de mesure linéaire:

LES MARBRES
LES RÈGLES D'ACIER
LES PIEDS À COULISSE
LES MICROMÈTRES (int., ext., prof.)
LES TRUSQUINS À VERNIER
LES COMPARETEURS À CADRAN
LES CALES ÉTALON.

LES MARBRES:

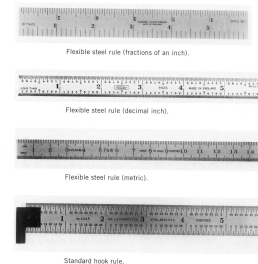
Le marbre est un bloc rigide fait de granite ou de fonte dont la surface plane sert de plan de référence pour le traçage, le montage et le contrôle. Le marbre est un outil de mesure de précision et doit être traité avec grand soin. On y dépose que les instruments de mesure et les pièces à mesurer.



LE MARBRE N'EST PAS UN ÉTABLI, IL NE DOIT SUBIR AUCUN CHOC!!!

LES RÈGLES D'ACIER:

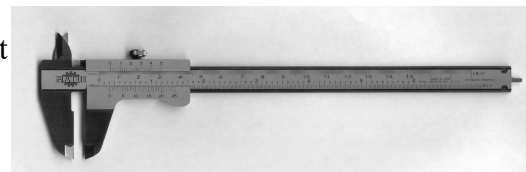
La règle d'acier est l'outil de mesure le plus utilisé en atelier. Elle est disponible en plusieurs formats et est très versatile lorsqu'utilisée avec certains accessoires. Les règles les plus précises permettent des lectures au 10 millièmes de pouce près. Les règles d'acier utilisées en atelier sont généralement graduées en fraction ($1/32$ et $1/64$), en décimale ($0.010''$) ou en métrique (1 mm et .5 mm).



à

LES PIEDS À COULISSE:

Les pieds à coulisse sont des instruments de précision qui servent à mesurer à 0,04 mm ou à .002" près. Ils sont disponibles avec des échelles vernier, des cadrans indicateurs à crémaillère ou à lecteur digital. Ils sont généralement équipés d'accessoires permettant les mesures extérieures, intérieures et de profondeur.

***PIED À COULISSE ET ÉCHELLE VERNIER*****LES MICROMÈTRES:**

Les micromètres sont les outils de mesure directe d'usage courant les plus précis. Un micromètre standard peut mesurer avec une précision de 0,02 mm ou .001". Un micromètre à échelle vernier peut mesurer avec une précision de 0,002 mm ou .0001".

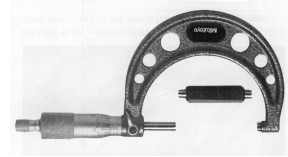
N.B.: J'utilise le terme "peut mesurer" puisqu'il faut beaucoup de pratique pour bien mesurer avec un micromètre. Cela s'applique à tous les instruments de mesure directe.

Les micromètres sont très précis. Ils sont également très limités. Un micromètre peut mesurer une seule sorte de surface, et ce, sur une distance de un pouce ou 25 millimètres. Il faut donc

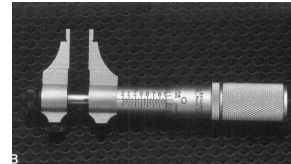
plusieurs micromètres différents pour accomplir le même travail qu'un pied à coulisse.

Il existe trois grandes familles de micromètres:

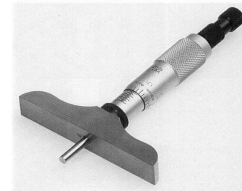
MICROMÈTRES EXTÉRIEURS



MICROMÈTRES INTÉRIEURS



MICROMÈTRES DE PROFONDEUR



LES MICROMÈTRES

LES TRUSQUINS A VERNIER:

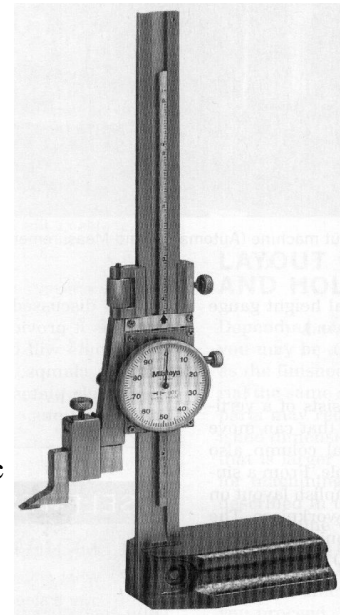
Le trusquin à vernier est un outil à usages multiples. Il peut être utilisé comme outil de mesure directe ou comparative ou encore comme outil de traçage.

Le trusquin à vernier est comparable à un pied à coulisse fixé verticalement à une base d'acier trempée, rectifiée et rodée. La stabilité de cette base lorsqu'utilisée sur un marbre fait du trusquin à vernier un outil de grande précision.

MESURE DIRECTE: Il est possible de mesurer des distances linéaires de façon directe avec une précision d'un millième de pouce en lisant l'échelle vernier de l'instrument.

MESURE COMPARATIVE: En fixant un comparateur à cadran sur le trusquin, il est possible de mesurer des distances linéaires avec une précision d'un dix millième de pouce par comparaison avec des cales étalon ou un calibre de hauteur de précision.

TRAÇAGE: En fixant une pointe à tracer sur le trusquin il est possible de produire un traçage de précision.

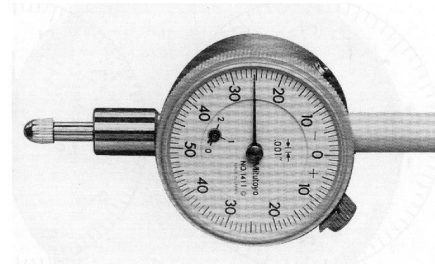


LES COMPARETEURS A CADRAN:

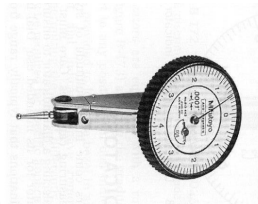
Les comparateurs à cadran servent à comparer des dimensions et des mesures à un étalon connu. Ils servent également à l'alignement des machines-outils, des accessoires de fixation et des pièces avant l'usinage. Dans certains cas, ils peuvent être utilisés comme outil de mesure directe.

Il existe deux grandes familles de comparateurs à cadran.

A AIGUILLE COMPTE-TOURS:



A BALANCIER:



POUR PLUS D'INFORMATION SUR LES COMPARETEURS À CADRAN, VISIONNER:

ALIGNEMENT D'ÉTAU DE FRAISEUSE

AINSI QUE

CENTRAGE DE PIÈCES, MANDRIN À 4 MORDS

AINSI QUE

REPÉRAGE DE BORD SUR FRAISEUSE

LES CALES ETALONS:

Les cales étalons sont des blocs rectangulaires en alliage d'acier trempé et rectifié dont la structure moléculaire a été stabilisée grâce à un traitement spécial. Les deux surfaces d'étalonnage sont rodées et polies avec une précision de $\pm 0,00005$ mm. La précision des cales

n'est fiable qu'à une température de 20°Celsius.

Il existe trois classes de précision pour les cales étalons.

AA: Généralement utilisés pour le contrôle des autres classes de cales.

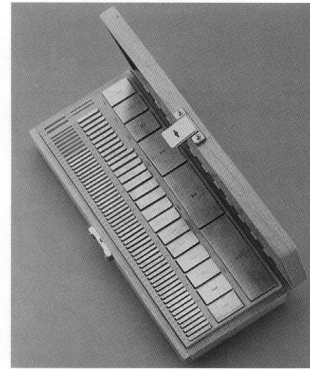
+ - 0,00005 mm

A: Généralement utilisés pour le contrôle.

+ 0,00015 mm - 0,00005 mm

B: Généralement utilisés en atelier.

+ 0,00025 mm - 0,00015 mm



CALES ÉTALONS ET RÈGLE SINUS

3-D: LECTURE D'UNE ECHELLE VERNIER (de pied à coulisse)

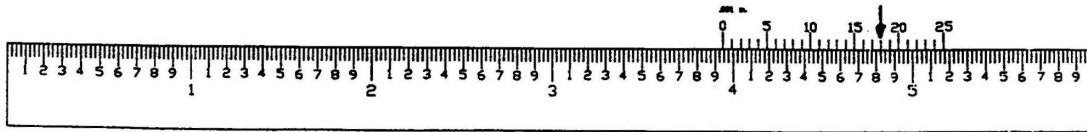
L'échelle vernier utilise le **principe d'échelles asymétriques** pour amplifier ce qui normalement serait trop petit pour voir à l'œil nu.

Le **pied à coulisse impérial** est constitué de deux échelles graduées. La première est l'échelle fixe qui est graduée en segment d'une longueur de 0.025". Quatre segments de 0.025" sont équivalents à un dixième de pouce et dix dixièmes de pouce sont équivalents à un pouce. La deuxième est l'échelle vernier qui est graduée en segments représentant une longueur de 0.001". Vingt cinq segments de 0.001" sont équivalents à une division de l'échelle fixe.

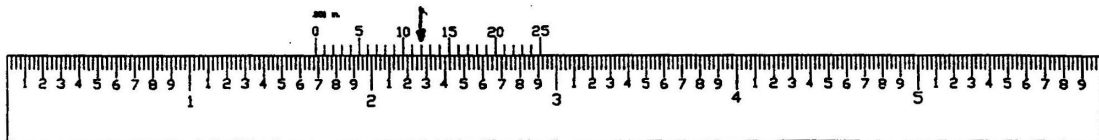
Pour lire le pied à coulisse impérial, il suffit de compter le nombre de divisions **COMPLÈTES** visibles avant le **ZERO** de l'échelle vernier. Cette première lecture produira un nombre qui sera toujours un multiple de 0.025". La lecture de l'échelle fixe de l'exemple **A** nous indique 3.925". La lecture de l'échelle fixe de l'exemple **B** nous indique 1.675". Après avoir inscrit le résultat de la lecture de l'échelle fixe, il faut trouver la ligne de l'échelle vernier qui s'aligne avec une ligne de l'échelle fixe. Cette deuxième lecture produira un nombre se situant entre 0.001" et 0.024" inclusivement. La lecture de l'échelle vernier de l'exemple **A** nous indique 0.018". La lecture de l'échelle vernier de l'exemple **B** nous indique 0.012".

Pour obtenir la lecture finale, il suffit de faire la somme des deux échelles.

Exemple A : $3.925'' + 0.018'' = 3.943''$



Exemple B : $1.675'' + 0.012'' = 1.687''$



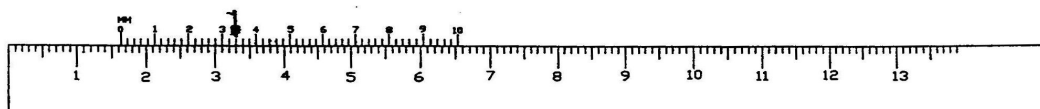
Le pied à coulisse **métrique** est constitué de deux échelles graduées. La première est l'échelle fixe qui est graduée en segments d'une longueur de **1 mm**. Dix segments de 1 mm sont équivalents à dix millimètres.

La deuxième est l'échelle vernier qui est graduée en segments représentant une longueur de 0,02 mm. Cinquante segments de 0,02 mm sont équivalents à une division de l'échelle fixe.

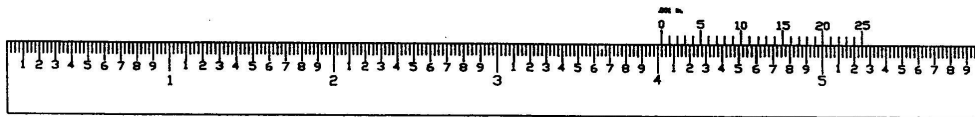
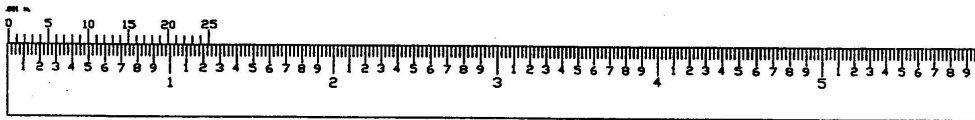
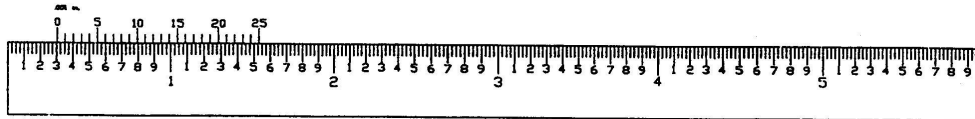
Pour lire le pied à coulisse métrique, il suffit de compter le nombre de divisions **COMPLÈTES** visibles avant le **ZÉRO** de l'échelle vernier. Cette première lecture produira un nombre qui sera toujours un multiple de 1 mm. La lecture de l'échelle fixe de l'exemple C nous indique 16 mm.

Après avoir inscrit le résultat de la lecture de l'échelle fixe, il faut trouver la ligne de l'échelle vernier qui s'aligne avec une ligne de l'échelle fixe. Cette deuxième lecture produira un nombre se situant entre 0,02 mm et 0,98 mm inclusivement. La lecture de l'échelle vernier de l'exemple C nous indique 0,34 mm. La lecture de l'échelle vernier de l'exemple D nous indique 0,68 mm. Pour obtenir la lecture finale, il suffit de faire la somme des deux échelles.

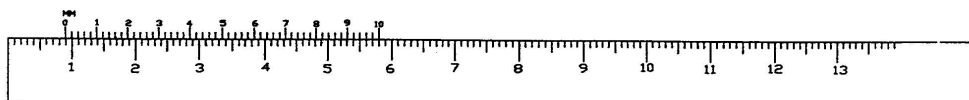
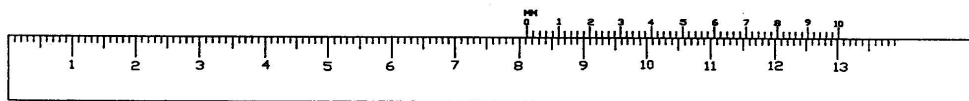
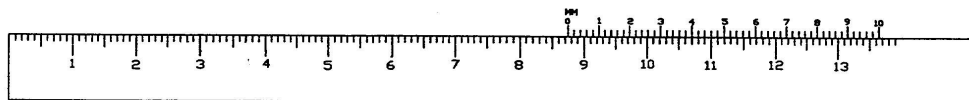
Exemple C : $16 \text{ mm} + 0,34 \text{ mm} = 16,34 \text{ mm}$



Quelques exemples de lectures de pieds à coulisse impériale:



Quelques exemples de lectures de pieds à coulisse métrique:



Associer les dimensions aux échelles: **0.006" 81,18mm 87,46mm 0.304" 8,94mm 4.023"**

3-E: MESURE ANGULAIRE EN ATELIER

À l'exception des surfaces profilées, les surfaces angulaires sont les plus difficiles à mesurer correctement. Cela est dû au fait que les outils de mesures angulaires sont difficiles à manipuler et que les irrégularités de surface des pièces mesurées sont moins faciles à détecter.

EXEMPLE: Pour mesurer une pièce cylindrique à une précision de $\pm 0.001''$, il suffit d'utiliser un micromètre standard. En utilisant le même instrument de mesure, je peux rapidement vérifier la conicité et la cylindricité de la pièce pour m'assurer de la représentativité de la mesure initiale. En comparaison, je ne peux pas vérifier la planéité d'une surface angulaire avec un rapporteur d'angle. Pour ce faire, je dois utiliser un second instrument de mesure ce qui implique nécessairement une plus grande possibilité d'erreur.

Les instruments de base pour les mesures angulaires sont:

LES RAPPORTEURS D'ANGLES.
 LES RAPPORTEURS D'ANGLES UNIVERSELS À VERNIER.
 LES BARRES SINUS ET CALES ETALONS.
 LES COMPARETEURS OPTIQUES.

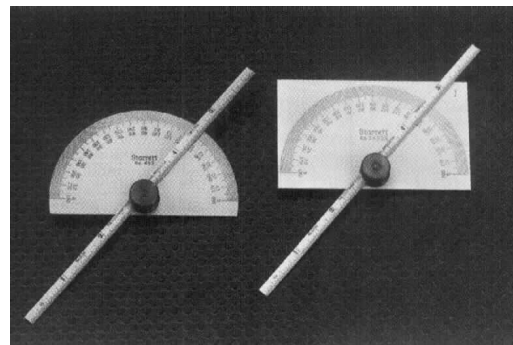
TRIANGLES ET TRIGO EN ATELIER

AINSI QUE

CALCUL ANGULAIRE POUR EMMA

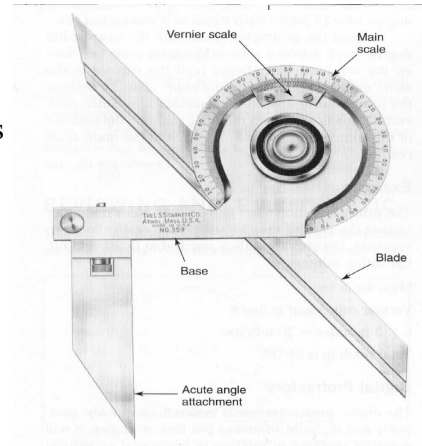
LES RAPPORTEURS D'ANGLES:

Les rapporteurs d'angles sont utilisés pour les mesures angulaires de basse précision. Ils sont normalement divisés en 180 divisions de un degré. Même si les mesures prélevées avec cet instrument sont peu précises, elles servent souvent d'approximation avant l'utilisation d'une barre sinus.



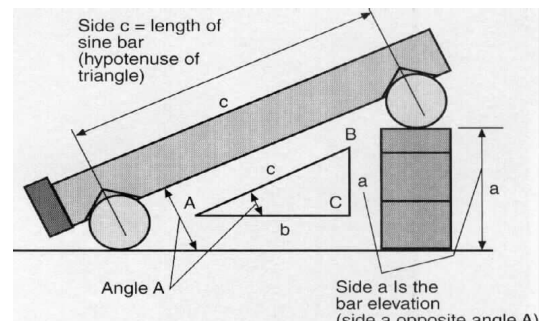
LES RAPPORTEURS D'ANGLES À VERNIER:

Les rapporteurs d'angles à vernier sont utilisés pour les mesures angulaires de moyenne précision. Les mesures prises avec cet instrument sont précises à $\pm 5'$, ce qui est suffisant pour la majorité des pièces produites en atelier. Ces rapporteurs fonctionnent selon le principe d'échelles désaxées communément appelé le système vernier. L'outil consiste en deux surfaces de mesure. Le pied, qui est la surface de référence primaire, est rattaché à une échelle fixe de 360 divisions de un degré et la règle, qui est la surface de référence secondaire, qui est rattachée à l'échelle rotative de 12 ou 24 divisions de $5'$.



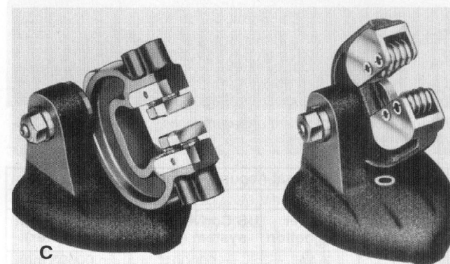
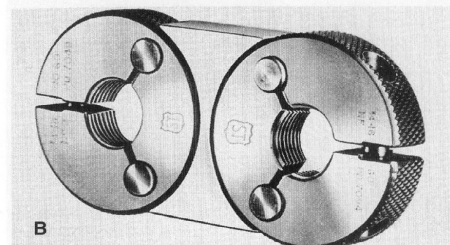
LES BARRES SINUS:

La barre sinus est l'instrument de mesure angulaire le plus précis. Par contre, sans un comparateur à cadran et des cales étalons, il est inutilisable. Il fonctionne par calcul trigonométrique d'un triangle rectangle dont les variables sont soit le côté opposé de l'angle à mesurer, soit l'angle lui-même. L'hypoténuse de ce triangle est la distance qui sépare les centres des cylindres fixés à la barre de façon très précise.



3-F: LES JAUGES:

Dans le monde technologique d'aujourd'hui on est habitué de voir les choses de façon absolue. Malheureusement, l'absolu n'existe qu'en théorie. La réalité des méthodes de production nous force à reconnaître qu'aucune pièce n'est parfaite en comparaison à une **dimension fondamentale**. Ceci ne signifie pas que toutes les pièces manufacturées ne sont pas bonnes, mais plutôt que toutes les pièces manufacturées doivent avoir des limites dimensionnelles (tolérances). La tolérance d'une pièce doit refléter la réalité de son application.



Les jauges exploitent le fait que toutes les pièces ont une tolérance pour accélérer la vérification finale (quality control).

Les jauges sont des outils de mesure comparative. En réalité, la plupart des jauges ne donnent aucune indication de la dimension réelle de la pièce. Elles se limitent à indiquer si une pièce se situe à l'intérieur des limites dimensionnelles.

Puisqu'une tolérance a généralement deux limites, supérieure et inférieure, il est normal de supposer que deux jauges sont requises pour la vérification de la plupart des pièces. Ce système est généralement reconnu comme le système "**ENTRE et ENTRE PAS**".

Les jauges ont également une tolérance. Un bon exemple de ceci est la variété de grades de cales étalons. En général, on peut dire que la tolérance d'une jauge doit être un dixième de la tolérance de la pièce à jauger.

Exemple: **Tolérance de la pièce +/- .001"**

Tolérance de la jauge +/- .0001"

Il est bon de noter que plusieurs jauges sont disponibles commercialement. Par contre, beaucoup de jauges sont conçues précisément pour une pièce.

SECTION 4: TRAVAIL À L'ÉTABLI

4-A: INTRODUCTION

La différence entre un travail potable et un travail hors pair se situe souvent sur le plan des opérations à l'établi.

Trop souvent dénigrés par les tenants de l'usinage pur et dur, les travaux d'établi demeurent une facette importante de tout travail de développement. C'est par l'entremise des travaux d'établi qu'un ouvrier développe une sensibilité pour la matière qu'il façonne.

Vous n'avez qu'à consulter un catalogue de fournitures d'atelier pour vous apercevoir qu'il existe une myriade d'outils qui se prêtent aux travaux d'établi. Puisque le présent cours est introductoire, nous n'en étudierons que les principaux genres.

VIDÉOS À VISIONNER:

TRAVAIL À L'ÉTABLI PARTIE 1

AINSI QUE

TRAVAIL À L'ÉTABLI PARTIE 2

AINSI QUE

TRAVAIL À L'ÉTABLI PARTIE 3

AINSI QUE

TRAVAIL À L'ÉTABLI PARTIE 4

AINSI QUE

TRAVAIL À L'ÉTABLI PARTIE 5

AINSI QUE

TRAVAIL À L'ÉTABLI PARTIE 6

AINSI QUE

CLAVETTES CARRÉES, RAINURES & BROCHAGE

AINSI QUE

JAUGE À FORET PARTIE 1

AINSI QUE

JAUGE À FORET PARTIE 2

AINSI QUE

JAUGE À FORET PARTIE 3

AINSI QUE

JAUGE À FORET PARTIE 4

4-B: LES ÉTAUX

Le rôle principal d'un étau est d'assujettir une pièce. Puisqu'il existe une multitude de genres d'opérations praticables sur une pièce, il est normal qu'il existe une multitude de genres d'étaux.

Les trois principaux genres d'étaux sont: les **étaux d'établi**, les **étaux de perceuse** et les **étaux**

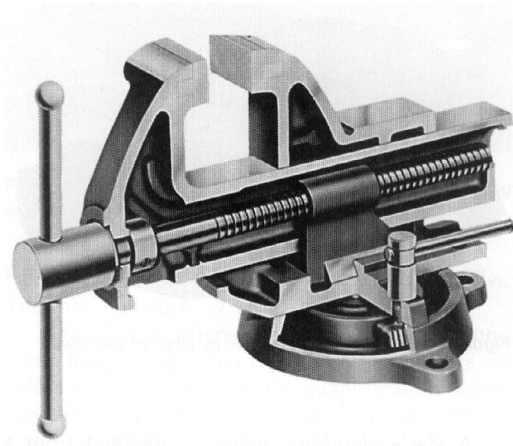
de fraiseuse.

LES ÉTAUX D'ÉTABLI:

Ces étaux, disponibles en différents poids et largeurs de mâchoires, sont solidement fixés sur un établi et servent à stabiliser une pièce en vue d'une opération d'assemblage, de poinçonnage, de sciage, de filetage ou de limage. Ils sont généralement montés sur l'établi de façon à permettre à la mâchoire fixe de surplomber le bord.

Les caractéristiques d'un étau d'établi sont:

- Une structure rigide en acier allié à moyen niveau de carbone forgé afin d'avoir un grain directionnel ainsi qu'une trempe de surface.
- Des mâchoires amovibles en acier allié à moyen niveau de carbone trempé et revenu à 50 Rc .
- Une base rotative (360 degrés).
- Une vis mère à filet Acme et un demi écrou à désengagement rapide.



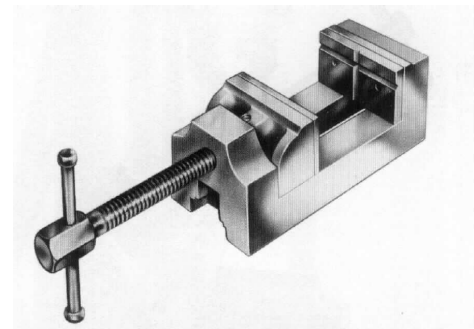
N.B.:Un étau d'établi n'est pas une enclume !!!

LES ÉTAUX DE PERCEUSE:

Ces étaux se distinguent par leur profil bas et leur large base qui leur confèrent une grande stabilité puisqu'ils sont généralement déposés et non fixés sur la surface de travail.

Leur structure en fonte grise offre de bonnes propriétés antifriction et un coût relativement bas. Puisque leur utilisation suppose une manipulation fréquente et qu'ils subissent très peu de forces latérales, ces étaux sont conçus pour être le plus léger possible. Ils sont donc très délicats et peu résistants au choc.

N.B.: Certains étaux de perceuse sont réversibles et peuvent être utilisés comme étaux de scie à ruban vertical. Voir:

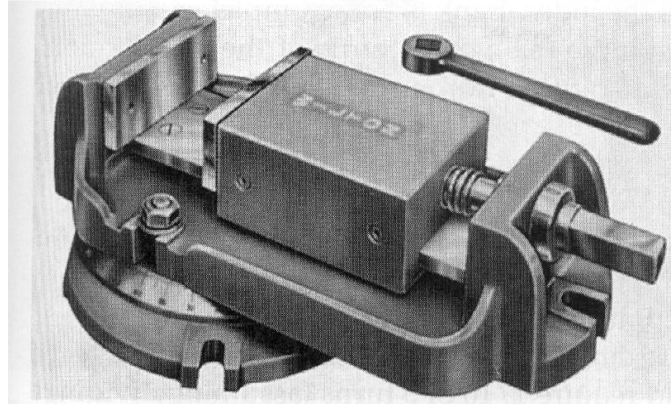


SÉCURITÉ EN ATELIER D'USINAGE PARTIE 3

LES ETAUX DE FRAISAGE:

Ces étaux se fixent solidement aux surfaces de travail des machines-outils. Ils retiennent solidement les pièces et contrecarrent les forces exercées lors de l'usinage, tout en maintenant avec précision l'orientation des pièces.

Ils sont donc massifs, rigides et très précis. Pour qu'un étau de fraisage soit efficace, il doit être au moins aussi précis que la machine-outil sur laquelle il est monté. Quoique leur poids et leur taille leur donne un air indestructible, ces étaux sont des instruments de haute précision qui méritent d'être traités délicatement.



Certains étaux de fraiseuse incorporent un axe rotatif pour les coupes angulaires et (ou) un axe pivotant pour les coupes à angle composé. Ces étaux ne sont utilisés que par stricte nécessité, puisque les axes supplémentaires réduisent leur rigidité.

N.B. Il est formellement interdit de serrer ou de desserrer un étau en frappant le manche avec un marteau ou d'utiliser un manche modifié.

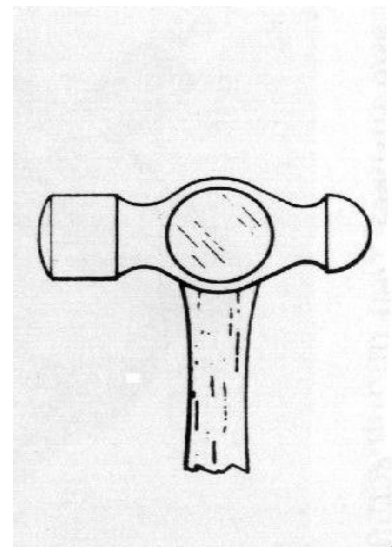
4-C: LES MARTEAUX

Nous pouvons dire qu'un marteau est fait pour frapper. Malheureusement, les connaissances de plusieurs se limitent à ce court énoncé.

En réalité, nous devrions dire qu'un marteau est conçu soit pour frapper précisément une chose, soit pour frapper d'une façon précise.

LES MARTEAUX A PANNE RONDE:

Ces marteaux, de poids variable, sont constitués de deux surfaces de frappe. La première a une forme de disque légèrement convexe et sert aux opérations de poinçonnage, d'assemblage, d'estampillage et de cambrage. La seconde surface de frappe a une surface sphérique servant aux opérations de rivetage et de martelage.



Voici quelques consignes relatives à l'utilisation des marteaux à panne ronde.

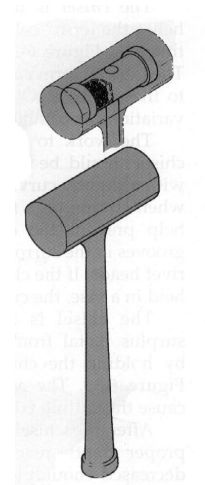
- À part les opérations de martelage, il ne faut jamais utiliser un mouvement de balancier.
- Il ne faut jamais frapper une pièce d'acier trempé ayant une dureté supérieure à 50 Rc.
- Il ne faut jamais utiliser un marteau ayant un manche fêlé ou une tête mal assujettie.
- Il faut choisir le bon poids de marteau pour l'opération à pratiquer.

LES MARTEAUX DE POSITIONNEMENT:

De conception légère, ces marteaux ont la particularité de transmettre rapidement l'énergie du mouvement sans pour autant altérer l'état de la surface frappée.

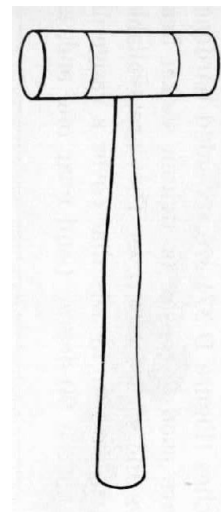
Ils sont utilisés pour le positionnement précis de pièces massives sur les surfaces de travail des machines-outils. La vitesse de transmission d'énergie versus la capacité d'absorption d'énergie d'une pièce est à la base du positionnement de précision.

N.B. Le marteau que vous fabriquez en atelier est un marteau de positionnement.



LES MARTEAUX À IMPACT DIFFUS:

Ces marteaux pesants sont conçus pour asseoir une pièce au fond d'un étai de fraisage. Ils étirent le temps d'impact et éliminent le problème de rebondissement inhérent aux pièces prisonnières incapables d'absorber l'entièreté de la force du coup assaini. Autrement dit, quand l'action rencontre l'immuable on a un rebondissement.

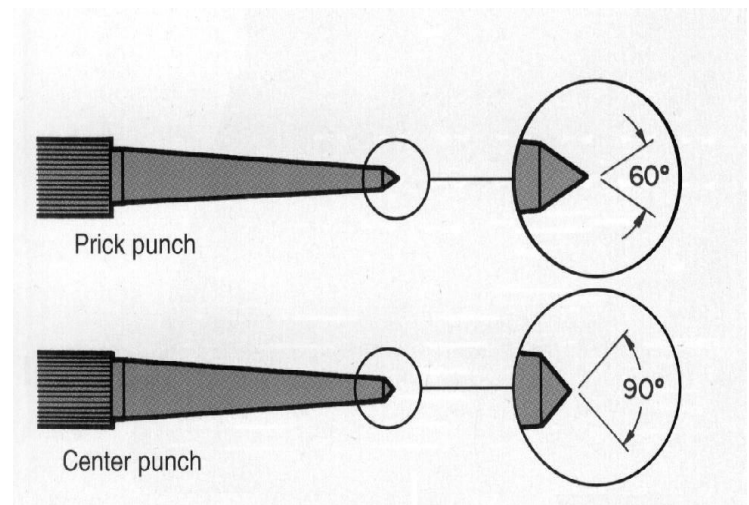


4-D: LES POINÇONS

LES POINÇONS DE TRAÇAGE:

Ces poinçons ont une pointe conique de 60° et servent à produire des petites indentations sur la surface d'une pièce. Ces indentations servent soit au positionnement d'un compas à pointes sèches, soit comme point de départ pour un poinçon à centrer, soit comme marque de traçage permanent.

N.B. La profondeur de pénétration étant un facteur de la surface de contact, il est recommandé d'utiliser un marteau à panne ronde très léger avec ces poinçons.



LES POINÇONS DE CENTRAGE:

Ces poinçons ont une pointe conique de 90° et produisent une indentation servant de point de départ pour une opération de perçage.

Pour les trous percés de $1/4$ de pouce ou moins, le foret peut être introduit directement dans l'indentation. Pour les trous de plus grand diamètre, un foret à centrer est utilisé avant le perçage.

LES POINÇONS DE LETTRAGE:

Ces poinçons servent à l'identification des pièces. L'utilisation correcte de ces poinçons exige énormément de pratique. La fierté du travail bien fait exige un lettrage parfait puisque la compétence d'un ouvrier est souvent jugée d'après sa capacité de finir correctement une pièce. Le lettrage en est un exemple.

N.B. Il ne faut jamais poinçonner une pièce trempée, plaquée ou anodisée.



LES POINÇONS DE DEGOUPILLAGE:

Ces poinçons de diamètre variable et à bout plat sont utilisés pour l'extraction de goupilles de positionnement ou de pièces similaires.

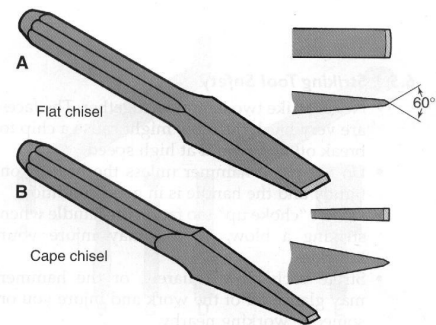
Bien souvent les poinçons de dégoupillage font souvent l'objet d'un usage abusif. Il faut utiliser un marteau à panne ronde de petite masse et ne jamais insister lorsque la goupille est saisie.



LES CISEAUX À FROID:

On nomme ciseau un poinçon qui est conçu pour couper. Anciennement utilisés pour la coupe d'acier en feuille, les ciseaux à froid sont utilisés de nos jours pour le désassemblage de pièces récalcitrantes ou pour certaines opérations d'assemblage.

N.B. Ne jamais utiliser un ciseau ou poinçon ayant une surface de frappe émoussée. Il faut porter un gant de cuir épais ou utiliser une gaine protectrice lorsque l'on utilise un ciseau à froid.



4-E: LES LIMES

Les limes sont des outils de coupe qui servent à prélever de la matière à la surface d'une pièce en formant des copeaux. Il existe une multitude de formes de limes (ronde, semi-ronde, triangulaire, plate, en biseau ...) puisqu'il y a une grande variété de forme de surfaces produisables par limage. Il n'y a rien de sorcier dans le choix de la forme d'une lime, puisqu'elle doit se conformer à la forme de la pièce à produire.



La surface d'une lime est constituée d'une multitude de dents. Ces dents incorporent une surface de coupe et des tranchants qui, lorsqu'ils mordent dans une pièce, produisent des copeaux. Les dents d'une lime sont unidirectionnelles, ils pointent toujours dans le sens opposé au manche. L'action de coupe d'une lime est donc unidirectionnelle.

N.B. Les limes sont fabriquées d'un acier trempé très friable et dur. Elles ne doivent subir aucun choc ni torsion puisqu'elles ont tendance à voler en éclats. (très dangereux)

Une lime ne doit jamais servir de levier.

On ne doit jamais utiliser une lime qui n'a pas de manche.

On ne tape jamais une lime pour la nettoyer, on utilise plutôt une carde à lime.

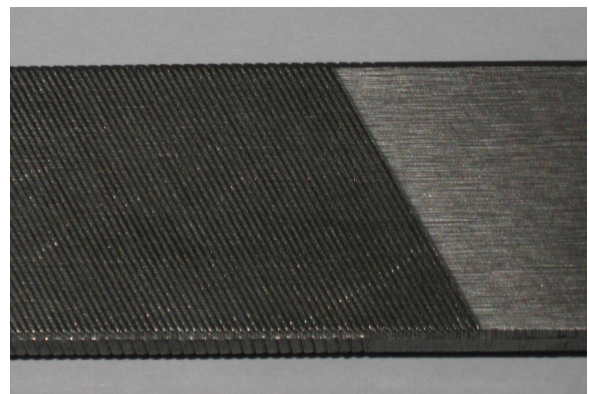


LA FORME DE DENTURE:

Si le choix de la forme de lime à utiliser est simple, le choix de la forme de denture l'est beaucoup moins.

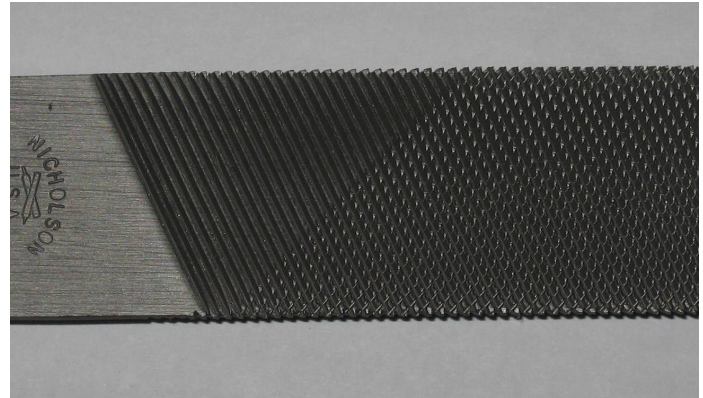
Pour les besoins de notre cours introductoire nous simplifions le choix de la forme de denture en se limitant aux deux genres principaux.

Les limes à tailles simples ont de longues dents disposées en rangées parallèles qui sont inclinées de trente degrés par rapport aux côtés de la lime. Cette forme de dentition est généralement utilisée pour des opérations de finition puisqu'elle produit, par son action de coupe latérale, des copeaux filiformes ce qui donne une apparence plus unie à la surface limée. L'action de coupe latérale favorise également cette forme de dentition lorsqu'il s'agit de limer une matière dure (Attention pas plus que 50Rc).



N.B. Il existe des limes à taille simple dont les rangées de dents sont inclinées à soixante degrés par rapport aux côtés de la lime. Ces limes offrent un meilleur dégagement de copeaux et ils servent aux opérations de limage au tour.

Les limes à taille double ont des dents en forme de losange qui sont le résultat de l'entrecroisement de deux rangées de dents similaires à celles de taille simple. Cette forme de dentition est généralement utilisée pour les opérations de dégrossissage puisqu'elle pénètre plus facilement la surface de la pièce et peut donc prélever plus rapidement la matière. En plus d'accroître la pénétration, la forme losangée des dents permet le stockage de copeaux volumineux, ce qui est avantageux lors du limage de grosses surfaces.



LE PAS DE DENTURE:

La grosseur de dents joue un rôle important dans le choix d'une lime. Trois facteurs influent sur le choix du pas de denture.

#1: **Le genre de travail effectué** peut varier. Un travail qui exige l'enlèvement d'une grande quantité de matière requiert l'utilisation d'une lime à grosse dents. Un travail qui exige beaucoup de précision requiert l'utilisation d'une lime à petites dents.

N.B. Il n'est pas rare qu'une succession de limes soit utilisée pour compléter une pièce.

#2: **La dureté de la matière à limer** influence le choix du pas de denture. En général, la taille des dents varie de façon inversement proportionnelle à la dureté de la matière à limer.

#3: **La grandeur (pouces carré) de la surface** à limer influence le choix du pas de denture puisqu'une grande surface requiert plus de stockage de copeaux qu'une petite surface.

N.B. Comme vous pouvez le constater, les facteurs qui déterminent le choix du pas de denture d'une lime sont souvent contradictoires. En effet d'après les critères, il n'existe pas de limes capables d'enlever rapidement beaucoup de matière sur une grosse surface d'une matière dure. En réalité, il n'existe pas de lime parfaite pour un travail, le choix d'une lime implique toujours des compromis.

TECHNIQUES DE LIMAGE:

Il existe trois techniques de limage à l'établi. La plus utilisée est la technique "limer c'est facile". Cette technique ne mène que très rarement à des résultats probants, et elle ne requiert aucune instruction particulière.

Les deux autres techniques sont le limage à traits tirés (finition) et le limage à traits croisés (dégrossissage). Ces deux méthodes seront décrites en atelier.

JAUGE À FORET PARTIE 1 *AINSI QUE* ***LIME HUILEUSE?***

4-F: LES SCIES A MÉTAUX

L'utilité première d'une scie est de couper. Il est important de noter qu'une scie ne coupe pas une pièce en deux mais bien en trois parties, soit les deux parties qui résultent du prélèvement de la troisième (copeaux).



Il existe trois genres de lames de scie à métal.

#1: Les **lames en acier au carbone** sont des lames de faible qualité qui servent à scier des métaux doux (laiton, cuivre, aluminium, acier doux ...).

#2: Les **lames bi-métal** ont des dents en acier rapide (HSS) et un corps en acier allier à moyen niveau de carbone trempé et revenu. Cette structure composée produit une lame ayant un corps élastique et résilient ainsi que des dents très dures et résistantes à l'usure. Ces lames sont par contre de deux à trois fois plus dispendieuses que les lames en acier au carbone.

Ces lames servent à scier des métaux durs ou résistants à la déformation.

#3: Les **lames de précision** ont une structure intégrale d'acier rapide et elles sont beaucoup plus larges que les autres genres de lame. Cette structure, couplée d'un minimum d'avoisement des dents rendent ces lames très stables ce qui favorise la précision. Par contre, leur manque de flexibilité et d'avoisement rend difficile leur utilisation. Elles brisent très facilement et sont très dispendieuses.

LE PAS DE DENTURE

Le pas de denture d'une lame de scie à métal est défini par le nombre de dents par pouce de lame. Une lame #18 a donc 18 dents au pouce. Plus le chiffre est gros, plus les dents sont petites.

Le choix du pas de denture d'une lame dépend de deux facteurs.



#1: **L'épaisseur de la pièce à scier** influence le pas de denture puisqu'elle définit la quantité de matière qui devra être entreposée entre les dents pendant la coupe. Plus la pièce est épaisse, plus les dents seront volumineuses.

Dans le cas de pièces minces il est important de choisir un pas de denture qui assure **qu'au moins deux dents restent en contact avec la pièce en tout temps**.

#2: Le choix du pas de denture dépend de la dureté de la matière à scier. En général, **la taille des dents varie de façon inversement proportionnelle à la dureté de la matière à limer**.

LA VOIE DE DENTURE:

La voie de denture peut être décrite comme étant la différence entre l'épaisseur du corps de la lame et l'épaisseur du trait de scie que les dents produisent.



Pour qu'une scie coupe librement, les dents doivent être décalées de part et d'autre de la lame.

Ceci permet à la lame de couper un trait de scie (rainure) plus large que son corps, ce qui réduit la friction. Par contre il est très difficile de couper droit avec une lame ayant une trop grande voie de denture.

QUELQUES SUGGESTIONS:

- Les lames bi-métal #18 sont les lames d'utilisation courante en atelier d'usinage.
- Il est important d'utiliser l'entière longueur de la lame pour scier.
- Une opération de sciage requiert un minimum d'effort. Il faut laisser travailler la lame. Trop d'effort cause l'usure prématurée de la lame et fait bifurquer la coupe.

- Les scies à métal d'usage courant ne sont conçues que pour couper en ligne droite. Pour les coupes en courbe, il faut utiliser une scie à chantourner.

- Vitesse de coupe:

Métaux doux: Deux longueurs de lame par seconde

Métaux durs: Une longueur de lame par seconde

- Seuls les bras doivent bouger lors d'une coupe.

- Il faut toujours couper verticalement.

- Il ne faut jamais placer une lame dans un trait de scie produit par une autre lame.

JAUGE À FORET PARTIE 2

4-G: LES TARAUDS ET FILIÈRES



Les tarauds (filets internes) et filières (filets externes) sont des outils de coupe qui servent à produire des filets. Ils peuvent servir pour le travail à l'établi ou en production.

Avant de décrire ces outils, il serait bon de définir les filets.



DÉFINITION D'UN FILET:

Rainure hélicoïdale de section constante sur l'extérieur (filet extérieure) ou l'intérieur (filet intérieure) d'une pièce servant à l'assemblage, au déplacement précis, à la mesure ou à la multiplication de la force mécanique.

FORMES DE FILET:

Il existe une multitude de forme de filet. Pour les fins de notre cours introductoire, nous nous limitons au trois principaux: les filets Unifié (impériale), les filets ISO (métrique) et les filets Acme.

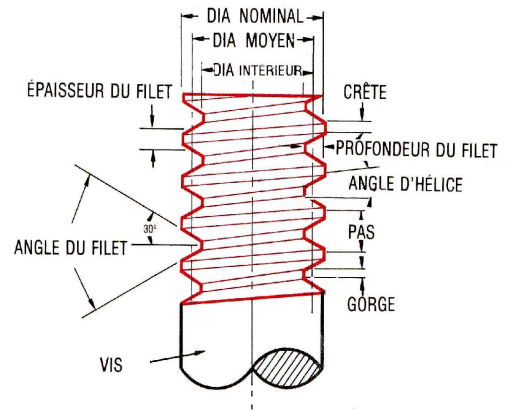
Les filets **Unifié** et **ISO** sont des filets à rainure en forme de **V de 60 degrés**. Ces deux genres de filet servent à l'assemblage et à la mesure.

Les filets **Acme** sont des filets à rainure en forme de **V de 29 degrés**. Ils servent au déplacement précis et à la multiplication de la force mécanique.

TERMINOLOGIE DU FILETAGE:

Consulter votre livre pour la définition des termes suivants:

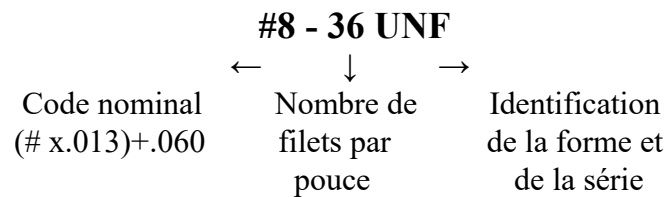
- **Le diamètre majeur** est le plus gros diamètre d'un filet externe ou interne
- **Le diamètre nominal** "représente" le diamètre majeur lorsqu'il est arrondi à la prochaine (plus grande) dimension fractionnel en 64ième de pouce (impériale) ou au prochain millimètre (métrique). Ce n'est pas le diamètre réel de la pièce. Le diamètre nominal sert à simplifier la description d'entités tel que les filets. Il est plus facile de dire "**un filet 1/2"-13 2A UNC**" que de dire "**un filet 0.4985" à 0.4822"-13 2A UNC**".
- **Le diamètre intérieur** (parfois appelé diamètre à fond de filet) est le plus petit diamètre d'un filet externe ou interne.
- **Le diamètre moyen** est représenté par un cylindre imaginaire passant par la mi-profondeur de filet. Le diamètre moyen est utilisé pour le calcul de mesure hors piques de filet précis.
- **Le pas** est la distance axiale qu'un filet parcourt en un tour complet. Notez qu'en impérial le pas n'est pas le nombre de filet par pouce mais bien 1"/nombre de filet par pouce.
- **La gorge** est le fond du "V" d'un filet. Pour les filets intérieurs la gorge est sur le diamètre intérieur et pour les filets extérieurs elle est sur le diamètre majeur.
- **La crête** est le dessus du "V" d'un filet. Pour les filets intérieurs la gorge est sur le diamètre majeur et, pour les filets extérieurs, elle est sur le diamètre intérieur.
- **La profondeur d'un filet** est la distance qui sépare la crête d'un filet de la gorge d'un filet.



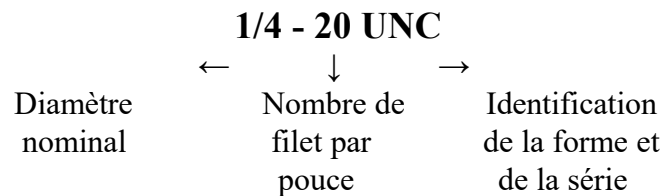
- **L'angle d'hélice** est l'angle du filet par rapport à son axe. Cet angle varie selon le pas et le diamètre extérieur.

NOMENCLATURE DU FILETAGE:

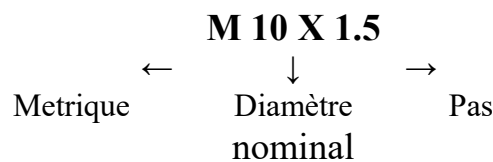
Les **filets Unifié** de moins de 1/4" de diamètre sont décrits de la façon suivante:



Les **filets Unifié** de 1/4" de diamètre et plus sont décrits de la façon suivante:



Les **filets ISO** sont décrits de la façon suivante:



N.B. Plusieurs autres codes peuvent s'ajouter à la nomenclature de base décrite ci-dessus.

Pour plus d'information sur les filets visionner:

TRAVAIL À L'ÉTABLI PARTIE 4

AINSI QUE

TRAVAIL À L'ÉTABLI PARTIE 5

AINSI QUE

BLOC DE MONTAGE PARTIE 2

AINSI QUE

HUILES DE TARAUDAGE

AINSI QUE

COPEAUX ET TARAUDS COINÇANTS

AINSI QUE

QUESTIONS ET RÉPONSES PARTIE 1

AINSI QUE

PARLONS DE FILETS PARTIE 1

AINSI QUE

PARLONS DE FILETS PARTIE 2

Retournons à nos tarauds et filières!!!

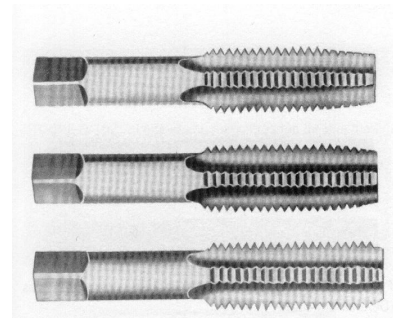
LES GENRES DE TARAUDS:

Puisqu'il existe plusieurs genres de trous taraudables, il est normal de penser que pour un même filet il existe plusieurs genres de taraud.

La matière taraudée, le genre de trou à tarauder, la profondeur du trou à tarauder, la quantité de trou à tarauder sont autant de facteurs qui déterminent le choix du genre de taraud.

Les différents genres de tarauds sont:

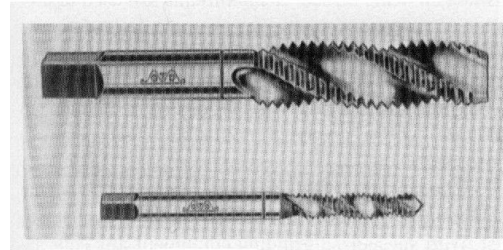
#1: Les **tarauds à goujures droites** sont les tarauds d'usage général en atelier. Ils sont moins dispendieux que les autres genres de tarauds mais ils sont également moins productifs. Ils n'extirpent pas les copeaux produits mais les emmagasinent ce qui cause des problèmes d'engorgement. Pour pallier à ce problème, il faut les extraire à chaque trois tours (maximum) de filet pour les nettoyer.



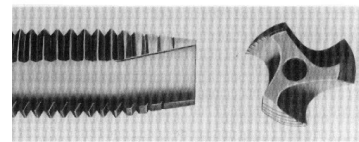
N.B. Pour répondre aux exigences des différents genres de trous à tarauder, les tarauds à goujures droites sont offerts en trois géométries de pointe différentes.

On nomme **jeu de taraud** le regroupement de trois genres de géométrie qui sont le taraud ébaucheur, le taraud intermédiaire et le taraud finisseur.

#2: Les **tarauds à goujures hélicoïdales** sont utilisés en production puisqu'ils évacuent les copeaux vers le haut, ce qui permet un taraudage intégral sans rétraction. Ces tarauds sont utilisés principalement pour le taraudage de trous borgnes.



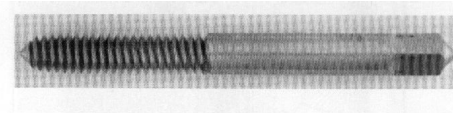
#3: Les **tarauds à pointe spiralée** évacuent les copeaux vers le bas. Ils sont utilisés en production pour tarauder des trous qui traversent la pièce.



#4: Les **tarauds à queue dégagée** sont utilisés pour tarauder des trous profonds puisque leur queue a un diamètre légèrement inférieur au diamètre intérieur du filet qu'ils produisent.



#5: Les **tarauds sans goujures** sont utilisés pour former un filet. Ils produisent des filets plus forts que les tarauds conventionnels mais sont très peu versatiles. Leur utilisation est restreinte à la production en série.



DIAMÈTRE DE TROU EN VUE DU TARAUDAGE:

Avant de tarauder, il faut produire un trou puisque le taraud ne coupe que les filets. Il est important de noter qu'il est impossible de tarauder un filet entier. Nous taraudons généralement 75 % d'un filet (une réduction de 5 % de sa résistance à la traction). Si la matière est très tenace il est préférable de réduire à 60 %, et si elle est très usinable, nous pouvons augmenter jusqu'à 90% d'un filet entier.

Seules les crêtes du filet taraudé sont affectées par cette réduction puisqu'elle est un facteur de la grosseur du trou produit pour le taraudage.

La formule pour calculer le diamètre de trou en vue du taraudage d'un filet Unifié (75 %) est:

Diamètre nominal - 1/# de filet par pouce

Exemple:

Filet: 1/2 - 13 UNC

Calcul: $.5 - 1/13$

Réponse: .423"

La formule pour calculer le diamètre de trou en vue du taraudage d'un filet ISO (75%) est:

Diamètre nominal - le pas

Exemple:

Filet: M 10 X 1.5

Calcul: $10 - 1.5$

Réponse: 8.5 mm

QUELQUES SUGGESTIONS POUR LE TARAUDAGE:

Les tarauds sont des outils de coupe très friables. Il faut faire extrêmement attention de ne pas briser un taraud dans une pièce. Voici quelques suggestions qui peuvent aider.

- #1: Ne jamais utiliser un taraud émoussé ou ayant une ou plusieurs dents endommagées. Inspectez attentivement le taraud avant de l'utiliser.
- #2: Il faut veiller à toujours tarauder de façon parallèle à l'axe du trou à tarauder.
- #3: Il faut utiliser le bon liquide de coupe pour le genre de matière taraudée.

Acier et Bronze: Utilisez une huile de coupe commerciale de bonne qualité. Ne jamais utiliser une huile lubrifiante!

Fonte : La fonte blanche ne peut être taraudée. La fonte grise doit être taraudée à sec et la fonte malléable est traitée comme un acier doux.

Aluminium: Liquide dégraissant léger tel que le kérozène, le Varsol, WD40 ou (lorsque mal pri) un mélange 50/50 de savon à vaisselle et d'eau.

Cuivre et plomb: Utiliser du lard, du savon à vaisselle non dilué, de l'huile épaisse de glissières ou de la paraffine.

Laiton: Le laiton dur devrait être taraudé à sec, le laiton demi dur devrait être taraudé comme de l'acier doux et le laiton mou devrait être taraudé comme du cuivre.

#4: Il faut briser les copeaux régulièrement.

#5: Il faut nettoyer régulièrement le taraud ou filière.

LES GENRES DE FILIÈRES:

Les filières sont utilisées pour couper des filets externes. Il existe trois principaux genres de filières.

Les **filières monoblocs** sont utilisées pour reprendre un filet endommagé.



Les **filières expansibles** sont utilisées pour le filetage de matières faciles à usiner ou pour finir un filet dégrossi au tour. Le fait d'être ajustable permet une coupe de finition ce qui produit des filets plus précis que ceux produits par les filières monoblocs.



Les **filières à coussinets ajustables** sont utilisées pour la coupe progressive de filets. Elles sont utilisées pour tailler des filets profonds ou pour le filetage de matières difficiles à usiner.

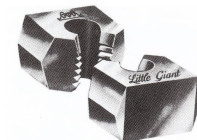


FIGURE B-146 Die halves for two-piece die (TRW, Inc.)



FIGURE B-147 Components of a split adjustable die collet (TRW, Inc.)

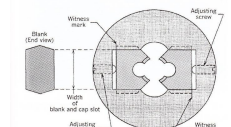


FIGURE B-148 Setting the die position to the witness marks on the die and collet assembly (TRW, Inc.)

DIAMÈTRE DE LA PIÈCE EN VUE DU FILETAGE:

Puisqu'il est difficile de tailler un filet entier, nous devons réduire le diamètre nominal de la pièce à fileter pour permettre à la filière de dégager correctement les crêtes des filets qu'elle produit.

La formule pour calculer le diamètre en vue du filetage est:

Diamètre nominal - (le pas / 7.5)**Exemple (métrique):**

Filet: M 10 X 1.5

Calcul: $10 - (1.5/7.5)$

Réponse: 9.8 mm

Exemple (impérial):

Filet: 1/2 - 13 UNC

Calcul: $.5 - ((1/13)/7.5)$

Réponse: .489"

SECTION 5: LECTURE DE PLANS

Il est crucial de savoir bien interpréter des dessins mécaniques puisque la pièce ne sera bonne que si elle est conforme aux dimensions et spécifications indiquées sur son dessin! Prenez le temps de visionner:

LECTURE DE PLANS PARTIE 1

AINSI QUE

LECTURE DE PLANS PARTIE 2

AINSI QUE

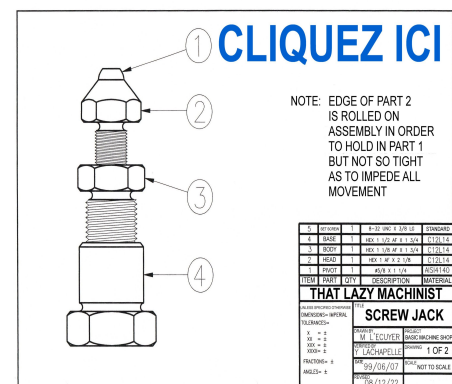
LECTURE DE PLANS PARTIE 3

AINSI QUE

LECTURE DE PLANS PARTIE 4

AINSI QUE

ASSEMBLAGES NORMALISÉS, pouce et métrique

POUR TÉLÉCHARGER TOUS MES DESSINS

SECTION 6: LE TRAÇAGE

6-A: INTRODUCTION

Le traçage est une opération préparatoire à l'usinage qui consiste à graver de fines lignes à la surface de la pièce brute afin de définir les limites précises de la pièce à produire ou de l'opération à effectuer.

Pour les débutants, le traçage facilite la transition entre un dessin bidimensionnel et ce qui deviendra une pièce tridimensionnelle. Pour les personnes d'expérience, le traçage est une façon d'accélérer le travail puisqu'il réduit la possibilité d'erreurs d'inattention.

Exemple: Il est rare qu'un ouvrier d'expérience manque la dimension cible par quelques millièmes de pouce. Généralement les erreurs d'inattention sont beaucoup plus flagrantes. Un bon traçage ne peut exposer une erreur minuscule, mais une erreur de cent millièmes de pouce est clairement visible et donc évitable.

Peu importe le genre de traçage, il est impératif de le produire attentivement. Il faut vérifier les mesures deux fois puisqu'un bon traçage peut sauver une pièce mais un mauvais traçage mène directement à la catastrophe.

TRAVAIL À L'ÉTABLI PARTIE 6

AINSI QUE

JAUGE À FORET PARTIE 1

AINSI QUE

L'ÉCHELLE DE LA JAUGE À FORET

AINSI QUE

BLOC DE MONTAGE PARTIE 1

AINSI QUE

BLOC DE TARAUDAGE PARTIE 4

AINSI QUE

BLOC EN "V" PARTIE 6

6-B: LE TRAÇAGE À L'ETABLI

Le traçage à l'établi est utilisé pour définir les limites d'une pièce lorsque celle-ci est produite à l'aide d'outils de basse précision tels les scies à main, les limes et les perceuses à colonne.

Cette technique de traçage est utilisée pour produire des pièces ayant une tolérance de $\pm .010''$ (0,2 mm) ou plus. Ce genre de traçage est rapide mais il exige une grande dextérité.

Les outils servant au traçage à l'établi sont:

- #1: La **pointe à tracer** est un outil de gravure à pointe trempée qui sert à tracer des lignes sur une surface métallique.



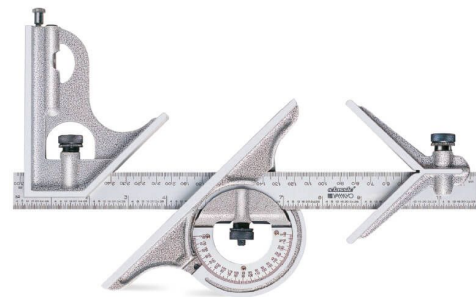
- #2: Le bleu de traçage est une teinture à base de bleu de Prusse et d'éther qui sert à accentuer le contraste entre la ligne tracée et la surface de la pièce.

Pour éviter l'écaillage du bleu, il faut l'appliquer en fine couche sur une surface lisse, exempte d'huile et de saleté.



- #3: L'équerre ajustable est un outil de mesure pouvant servir de guide pour la pointe à tracer.

Elle est constituée d'une règle d'acier ($1/64''$, 0,5mm) sur laquelle se monte une équerre (45-90), un rapporteur d'angle (360 degrés) et une tête à centrer.



- #4: Le compas de traçage est un outil de gravure à pointe trempée qui sert à tracer des arcs et des cercles sur une surface métallique.



**À CE STADE VOUS POURRIEZ COMMENCER LE
PROJET JAUGE À FORET!!!**

**TÉLÉCHARGER TOUS LES
DESSINS POUR MES
PROJETS**

**SUIVEZ ENSUITE LES INSTRUCTIONS DÉCRITES
DANS LES VIDÉOS SUIVANTES**

JAUGE À FORET PARTIE 1
AINSI QUE
JAUGE À FORET PARTIE 2
AINSI QUE
JAUGE À FORET PARTIE 3
AINSI QUE
JAUGE À FORET PARTIE 4

6-C: LE TRAÇAGE DE PRÉCISION

Le traçage de précision est utilisé pour définir les limites d'une opération d'usinage lorsque la pièce est produite sur une machine-outil autre qu'une perceuse à colonne.

Cette technique de traçage est utilisée pour produire des pièces ayant une tolérance de $\pm .003''$ (0,04 mm) ou plus.

Les outils de traçage de précision sont:

- #1: **Le marbre** sert de surface de référence pour les opérations de traçage de précision.



- #2: **Le trusquin à vernier**, lorsqu'équipé d'une pointe à tracer, est un outil de traçage très précis à mesure directe.



- #3: **La jauge de surface** est aussi stable que le trusquin à vernier mais elle fonctionne par mesure comparative.



- #4: **La règle sinus** est un instrument très délicat qui sert à positionner la pièce à tracer à l'angle voulu par rapport au marbre.

N.B. La règle sinus ne doit jamais être glissée sur la surface du marbre. La pointe à tracer ne doit jamais contacter la règle sinus. La règle sinus doit être stabilisée par une équerre d'ablocage.



- #5: Les équerres d'ablocage de traçage sont des outils de fixation précis et rigides. Elles sont utilisées pour projeter la surface du marbre à la verticale. Leur large surface d'ablocage permet le montage de pièces en vue du traçage.



- #6: Les "V" de traçage sont utilisés pour stabiliser des pièces rondes ou carrées lors d'une opération de traçage ou d'usinage.



SECTION 7: PRODUCTION DE COPEAUX PAR DÉFORMATION PLASTIQUE

7-A: INTRODUCTION

La formation de copeaux est à la base de la majorité des activités d'usinage. Si une personne a espoir de pouvoir maîtriser l'usinage, elle doit comprendre les principes de formation de copeaux. C'est cette compréhension qui guidera le choix de l'outilleur lors de la sélection de variables telles l'avance, la profondeur de coupe, la géométrie de l'outil, la vitesse de coupe, la rigidité de l'opération et le genre de liquide de coupe.

Il est primordial pour l'outilleur de comprendre que le principe de formation de copeaux, en ce qui a trait à l'usinage, repose sur la malléabilité de la matière coupée. Si une matière n'est pas malléable, on ne peut l'usiner en produisant des copeaux par déformation plastique.

VIDÉOS À VISIONNER POUR CETTE SECTION:

COPEAUX, VITESSES ET AVANCES PARTIE 1

AINSI QUE

COPEAUX, VITESSES ET AVANCES PARTIE 2

AINSI QUE

FLUIDES DE COUPE

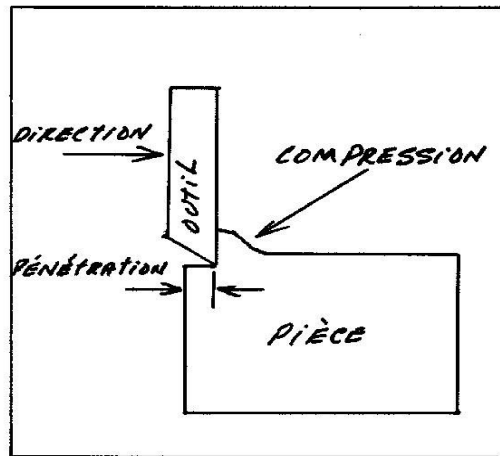


B: LES PHASES DE FORMATION D'UN COPEAU

PHASE 1: PÉNÉTRATION ET COMPRESSION

Nous appelons **pénétration** l'instant où l'outil s'engage dans la pièce. Nous appelons "**loading**" le **choc initial** très violent qui accompagne la pénétration. Les **fractures d'outil** de coupe sont souvent causées par ce choc.

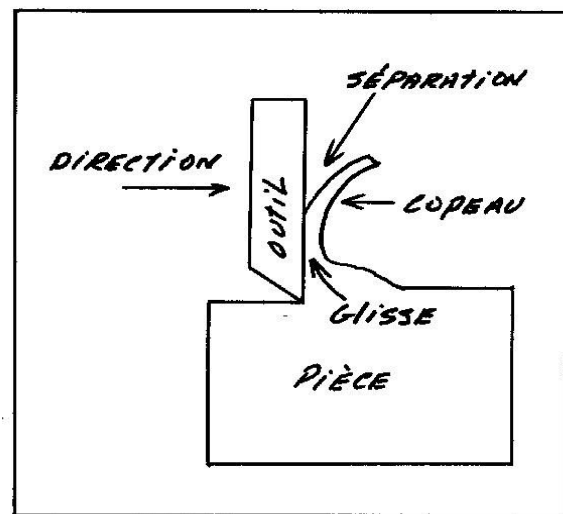
La **pénétration** engendre une **compression** de la matière. La **zone de compression** varie en longueur **proportionnellement à la malléabilité** de la matière usinée. La matière comprimée s'accumule progressivement devant l'outil, ce qui accroît graduellement la résistance offerte à l'outil. Une bonne partie de l'effort mécanique requis pour déformer la matière se dégage en **chaleur** qui se concentre alors dans l'amas de matière comprimée.



PHASE 2: FORMATION ET SÉPARATION DU COPEAU

La formation du copeaux est due à l'effet chasse-neige. La matière accumulée et surchauffée par la compression devient plus fluide et, n'ayant nulle part d'autre à aller, se met à glisser le long de la surface de coupe de l'outil.

La **séparation** du copeau est une question de **tension de surface**. Le copeau formé a deux surfaces principales, une en **tension** et l'autre en **extension**. La forme courbe des copeaux est le résultat de ces forces et ce sont ces forces, qui séparent le copeau de l'outil de coupe.



La **surface intérieure** du copeau est le résultat de la phase de compression puisqu'elle ne contacte jamais l'outil de coupe. Elle est en tension puisque sa surface est constituée de matière comprimée. Elle a une apparence rugueuse et un fini mat.

La **surface extérieure** du copeau est le résultat de l'action de glisse le long de la surface de coupe de l'outil. C'est sur cette surface que se concentre la majeure partie de la chaleur puisque c'est elle qui subit la plus grande déformation. Cette chaleur intense détend les contraintes causées par l'action de brunissage et de la glisse et l'action compression de la première phase. La surface extérieure a une apparence lisse et un fini brillant.

N.B. Il est important de connaître les phases de la formation d'un copeau, mais il est encore plus important de comprendre les variables que nous pouvons modifier pour obtenir un bon copeau. La coupe par formation de copeaux est en fait une guerre entre le coupeur et le coupé.

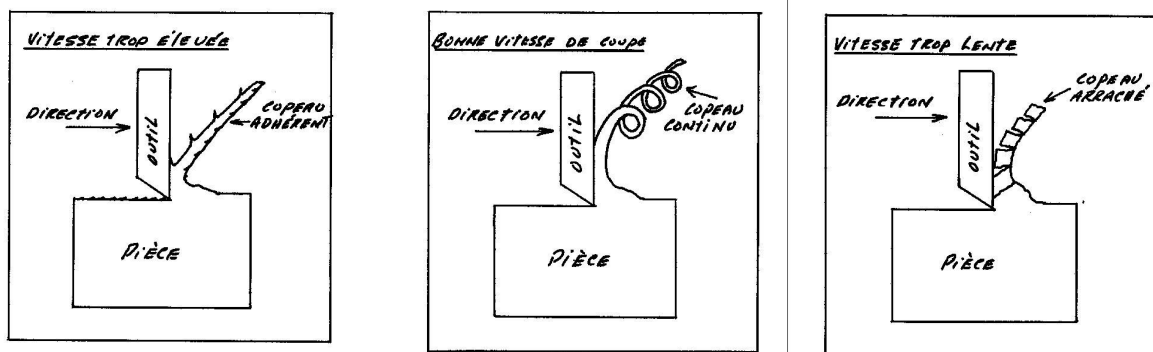
7-C: LES VARIABLES

Les variables qui ont un effet sur la formation de copeaux sont la vitesse de coupe, l'avance, la profondeur de coupe, la géométrie de l'outil, la rigidité de l'installation et le choix du liquide de coupe. Il est très important de comprendre que chaque variable les autres variables.

#1: La **vitesse de coupe** représente le meilleur compromis entre l'usure de l'outil de coupe et la quantité (volume) de matière prélevée. Dans le système impérial, la vitesse de coupe est définie en pieds surface minute et dans le système métrique elle est définie en mètres surface minute.

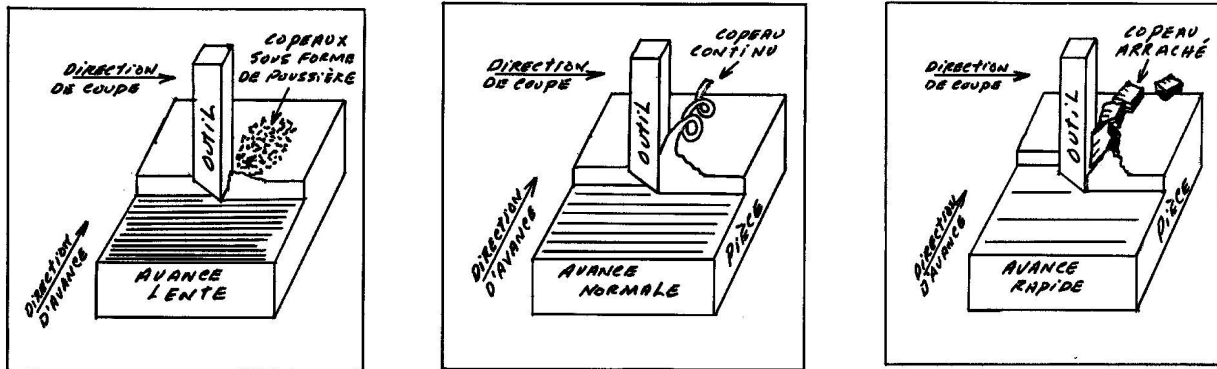
Il est important de noter que la vitesse de coupe fournie par le manufacturier représente un maximum presque inatteignable puisqu'il est rare que les autres variables soient parfaitement contrôlées.

La vitesse de coupe influence la formation de copeaux comme suit:



- #2: L'**avance** peut être définie comme la vitesse de déplacement d'un outil de coupe le long de la surface usinée. C'est l'avance qui détermine l'épaisseur du copeau produit par l'usinage. Pour une même vitesse de coupe, une avance rapide produit un copeau épais tandis qu'une avance lente produit un copeau mince.

L'**avance** influence la formation de copeaux comme suit:

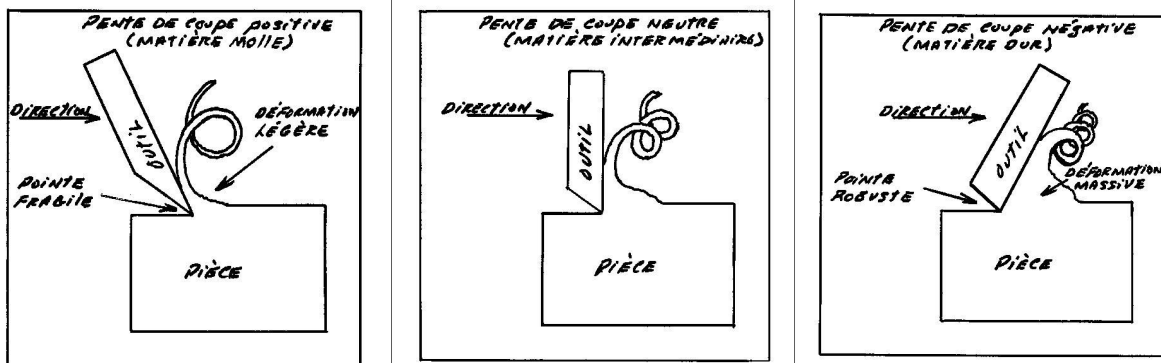


- #3: La **profondeur de coupe** détermine la hauteur du copeau. La profondeur de coupe influence la formation de copeaux de façon similaire à l'avance. La seule différence est qu'un changement d'avance modifie seulement la surface de contact entre l'outil et la pièce tandis qu'un changement de profondeur de coupe change la longueur de la lèvre de coupe ainsi que la surface de contact.

- #4: La **géométrie de l'outil** de coupe influence la formation de copeaux de multiples façons. Pour les fins du cours nous nous limitons à l'effet de la pente de coupe.

La **pente de coupe** est l'angle décrit par la surface de l'outil de coupe sur laquelle glisse le copeau en formation.

La **pente de coupe** influence la formation de copeaux comme suit:



#5: La **rigidité de l'installation** de la pièce et de l'outil ainsi que la rigidité de la machine-outil sont responsables de la quantité de déflexion encourue lors de la formation de copeaux.

La **déflexion** est un mal que l'on doit endurer puisqu'elle est inévitable. Par contre, une trop grande déflexion peut causer de sérieux problèmes pour la formation de copeaux. Le broutage ou l'éclatement de l'outil de coupe est souvent le résultat d'une trop grande déflexion.

7-D: CALCUL DE VITESSE (RPM) POUR OUTILS ROTATIFS

LES VARIABLES:

V.C.: La **vitesse de coupe** est la vitesse linéaire optimale pour couper une matière. Cette vitesse est définie par le fournisseur et peut être trouvée dans le Machinery's Handbook ou autres ouvrages similaires. Dans le système impérial, cette vitesse est exprimée en **PIEDS/MINUTE** et, dans le système métrique, elle est exprimée en **MÈTRES/MINUTE**. Puisque cette vitesse nous est donnée sous forme de déplacement linéaire, il faudra la convertir en déplacement rotatif pour les machines-outils à action de coupe rotatifs.

DIAMÈTRE: Dans les formules que nous utiliserons, la variable diamètre sera le diamètre de ce qui est en rotation. Pour le perçage et le fraisage, ce sera le diamètre de l'outil, mais pour le tour, ce sera le diamètre de la pièce usinée.

LES FORMULES (pour outils en **acier rapide**):

$$\text{Impérial: } \frac{VC \times 4}{\text{dia.}}$$

$$\text{Métrique: } \frac{VC \times 300}{\text{dia.}}$$

Pour les outils au carbure, multiplier le résultat des formules précédentes par quatre.

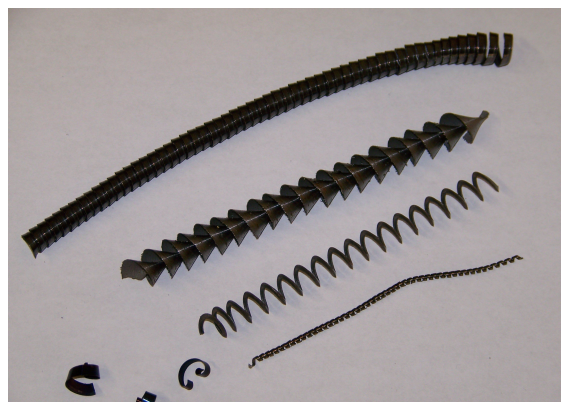
VITESSE DE COUPE (V.C.) POUR LES MÉTAUX LES PLUS COMMUNS:

		pieds minute	mètres minute
Aciers:	Bas niveau de carbone:	100 pm	30 Mm
	Moyen niveau de carbone:	70 pm	23 Mm
	Haut niveau de carbone:	50 Pm	16 Mm
Aluminium:		300 pm	130 Mm
Laiton:		200 pm	65 Mm
Bronze:		80 pm	26 Mm

MISE EN GARDE:

Le calcul de la vitesse de rotation nous indique le R.P.M. maximal. Il est préférable de commencer l'opération d'usinage à une vitesse plus lente, d'observer le résultat pour ensuite accélérer la vitesse si possible. Il ne faut jamais par contre dépasser la vitesse calculée.

VOUS TROUVEREZ DES EXEMPLES DE CALCULS DE VITESSE DE ROTATION DANS LES VIDÉOS MENTIONNÉES AU DÉBUT DE CETTE SECTION.



SECTION 8: MATÉRIEUX ET MÉTALLURGIE

Pour un machiniste en herbe, c'est l'usinage qui compte. Nous avons pris le temps d'étudier la lecture de plans puisqu'il est très important de savoir ce qui doit être fabriqué avant de couper. C'est la même chose pour les matériaux. Si vous ne comprenez pas les propriétés des matériaux que vous usinez, les chances d'obtenir un bon résultat sont minces. Ce sont les propriétés d'un matériel qui définissent votre capacité de lui donner une forme.



C'EST LE MATÉRIEL QUI MÈNE! PAS VOUS!!!

MATÉRIEAUX PARTIE 1

AINSI QUE

MATÉRIEAUX PARTIE 2

AINSI QUE

MATÉRIEAUX PARTIE 3

AINSI QUE

MATÉRIEAUX PARTIE 4

AINSI QUE

INTRODUCTION AUX MÉTAUX FERREUX

AINSI QUE

RECONNAÎTRE DIFFÉRENTS ALLIAGES

FERREUX

AINSI QUE

ESSAI SUR MATÉRIEAUX

AINSI QUE

TRAITEMENT THERMIQUE DE L'ACIER 1

AINSI QUE

TRAITEMENT THERMIQUE DE L'ACIER 2

AINSI QUE

MOULAGE PAR INJECTION

SECTION 9: SÉQUENCE D'OPERATIONS

Ce n'est pas nécessairement excitant mais produire une séquence d'opération est une étape cruciale de la fabrication d'une pièce. Sans séquence claire il est difficile d'usiner avec assurance. Plusieurs opérations d'usinage nécessitent des préparatifs, et il est facile de se peindre dans un coin si vous n'avez pas planifié de laisser la quantité de matière requise pour tenir la pièce, de définir la grosseur du trou en vue du taraudage, de s'assurer que les surfaces de référence resteront intactes ...

THATLAZYMACHINIST.COM 1/2			
SEQUENCE OF OPERATIONS			
Project: <u>V Block</u>	Part: <u># 1</u>	Quantity: <u>2</u>	
Prepared by: <u>ML</u>	Material: <u>4140 STEEL</u>		
SKETCH	OPERATION	TOOLING	RPM/FEED
	ROUGH OUT BLOC ON SHAPER	HAND SHAPER TOOL	100 SPM
	MILL SIDE GROOVES TO FINAL DIMENSIONS	Ø 3/4\"/> END MILL	330 RPM
	MILL V GROOVE TO OVERSIZED DIMENSION USE PREVIOUS GROOVE FOR CLAMPING		
	MILL 1/8\"/> CLEARANCE GROOVE TO FINAL DIMENSION	SPLITTING SAW	70 RPM
	DRILL Ø 1/2\"/> HOLE THROUGH PART	Ø 1/2\"/> DRILL	600 RPM
	SPOT 6 HOLES	#4 CD	1000 RPM
	DRILL 6 HOLES	#7 DRILL	800 RPM
	DRILL 6 HOLES	#4 CD	1000 RPM
	SPIN BLOCK IN TWO EQUAL PARTS LENGTH WISE	1/4-20 TAPER TIE CUT OFF BANDSAW	80 FPM
	MILL EACH SAWED SURFACE TO EXACT DIMENSION	Ø 3/4\"/> END MILL	330 RPM
	CHAMFER Ø 1/2\"/> HOLES (4X) TO Ø 1/2\"/> HOLES	90° CHAMFERING TOOL	60 RPM

SÉQUENCE D'OPÉRATIONS PARTIE 1

AINSI QUE

SÉQUENCE D'OPÉRATIONS PARTIE 2

AINSI QUE

SÉQUENCE D'OPÉRATIONS PARTIE 3

AINSI QUE

BLOC EN V PARTIE 1

AINSI QUE

VÉRIN PARTIE 1

SECTION 10: MACHINES-OUTILS ET USINAGE

Cette section porte sur les différents genres de machines-outils de base. Vous n'avez qu'à regarder les vidéos qui apparaissent sous chaque type de machine-outil. Cette section est très longue, visionner toutes les vidéos suggérées prendra quelques mois. Si nécessaire, prenez le temps de visionner une ou deux fois chaque vidéo dans l'ordre présenté. La plupart des internautes apprennent sélectivement (juste ce qu'ils requièrent pour exécuter leur projet). Je propose ici

une approche plus pédagogique, qui ressemble beaucoup plus au parcours que je suivais dans mes cours. Bon visionnement et bon apprentissage!

10-A: PERCEUSE À COLONNE

PERCEUSE À COLONNE PARTIE 1

AINSI QUE

PERCEUSE À COLONNE PARTIE 2

AINSI QUE

PERCEUSE À COLONNE PARTIE 3

AINSI QUE

PERCEUSE À COLONNE PARTIE 4

AINSI QUE

PERCEUSE À COLONNE PARTIE 5

AINSI QUE

FORETS HÉLICOÏDAUX

AINSI QUE

AFFUTAGE MANUEL DE FORET

AINSI QUE

JAUGE À FORET PARTIE 1

AINSI QUE

BLOC DE MONTAGE PARTIE 2

AINSI QUE

BLOC DE TARAUDAGE PARTIE 4

AINSI QUE

BLOC DE TARAUDAGE PARTIE 5

AINSI QUE

BLOC EN "V" PARTIE 5

10-B: TOUR

MANCHE DE MARTEAU PARTIE 1

AINSI QUE

MANCHE DE MARTEAU PARTIE 2

AINSI QUE

MANCHE DE MARTEAU PARTIE 3

AINSI QUE

TÊTE DU MARTEAU

AINSI QUE

MANDRINS DE SERRAGE SUR TOUR PARTIE 1

AINSI QUE

MANDRINS DE SERRAGE SUR TOUR PARTIE 2

AINSI QUE

POSITIONNEMENT D'ARRÊTES TRANCHANTES

AINSI QUE

CENTRAGE DE PIÈCES, MANDRIN À 4 MORDS

AINSI QUE

CENTRAGE PAR PROJECTION DE SURFACE

AINSI QUE

FILETAGE AU TOUR

AINSI QUE

PARLONS DE FILETS PARTIE UN!

AINSI QUE

EFFET DE L'ANGLE DU CHARIOT PORTE-OUTIL

SUR LE FILETAGE

AINSI QUE

COMMENT TOURNER UNE DEMI-BILLE!

AINSI QUE

COMMENT USINER UNE SPHÈRE SUR LE TOUR!

AINSI QUE

VÉRIN PARTIE 1

AINSI QUE

VÉRIN PARTIE 2

AINSI QUE

VÉRIN PARTIE 3

AINSI QUE

VÉRIN PARTIE 4

AINSI QUE

VÉRIN PARTIE 5

AINSI QUE

VÉRIN PARTIE 6

AINSI QUE

COMMENT DÉCALER UN PETIT VILEBREQUIN!

AINSI QUE

USINAGE D'UNE POULIE BOMBÉE

10- C: FRAISEUSE

BLOC DE MONTAGE PARTIE 1

AINSI QUE

BLOC DE MONTAGE PARTIE 2

AINSI QUE

ALIGNEMENT D'ÉTAU DE FRAISEUSE

AINSI QUE

ÉQUARRISSAGE D'UN BLOC SUR FRAISEUSE

AINSI QUE

REPÉRAGE DE BORD

AINSI QUE

POSITIONNEMENT SANS LECTEUR NUMÉRIQUE

AINSI QUE

FRAISAGE D'UNE POCHETTE

AINSI QUE

TAILLAGE D'UN ENGRENAGE DROIT

AINSI QUE

POSITIONNEMENT ISOSTATIQUE

AINSI QUE

FRAISEUSE À COLONNE RONDE PARTIE 1

AINSI QUE

FRAISEUSE À COLONNE RONDE PARTIE 2

AINSI QUE

**FRAISEUSE À COLONNE RONDE,
MODIFICATIONS**

AINSI QUE

BLOC EN "V" PARTIE 4

AINSI QUE

BLOC EN "V" PARTIE 5

AINSI QUE

BLOC EN "V" PARTIE 6

AINSI QUE

BLOC EN "V" PARTIE 7

AINSI QUE

BLOC DE TARAUDAGE PARTIE 1

AINSI QUE

BLOC DE TARAUDAGE PARTIE 2

AINSI QUE

BLOC DE TARAUDAGE PARTIE 3

AINSI QUE

CERCLE DE TROUS PRÉCIS SANS AFFICHEUR

10-D: ÉTAU LIMEUR

BLOC EN "V" PARTIE 2

AINSI QUE

BLOC EN "V" PARTIE 3

10-E: RECTIFIEUSES

**RECTIFIEUSE SUR PIED ET MEULEUSE
D'ÉTABLI**

AINSI QUE

INSTALLATION ET AJUSTEMENT D'UNE MEULE

AINSI QUE

**MEULES DE RECTIFIEUSES PLANES ET
VIBRATIONS**

AINSI QUE

BLOC DE MONTAGE PARTIE 3

AINSI QUE

BLOC EN "V" PARTIE 8

AINSI QUE

BLOC DE TARAUDAGE PARTIE 6

AINSI QUE

RECTIFICATION CYLINDRIQUE

10-F: SCIE À RUBAN

BLOC EN "V" PARTIE 7

AINSI QUE

SOUDAGE DE LAME DE SCIE À RUBAN

Jespère que vous avez eu du plaisir et que ces notes et les vidéos qui les accompagnent ont été utiles. Si vous le désirez, vous pouvez télécharger (disponible en novembre 2018) l'examen pour ce cours de ma page web:

THATLAZYMACHINIST.COM

vous pourrez retourner le questionnaire complété à :

THATLAZYMACHINIST@GMAIL.COM

Et je vous ferai parvenir (suite à l'évaluation) un certificat personnalisé stipulant que vous avez complété la portion théorique de ce cours.

Marc L'Ecuyer
that lazy machinist