



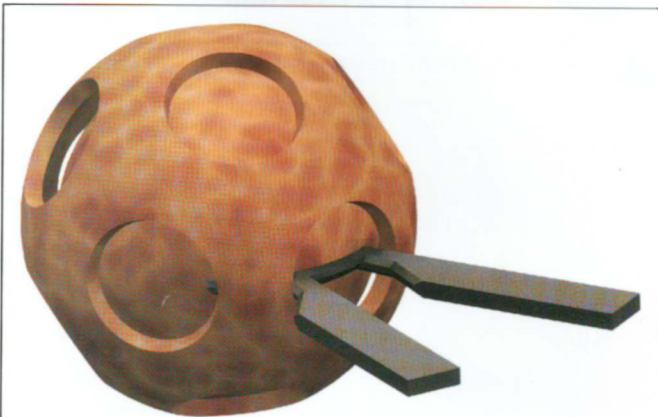
Réalisation d'une boule de Canton

Les boules de Canton, ou boules chinoises, sont des sphères creuses concentriques réalisées à partir d'une boule-mère unique. Ces objets insolites ont toujours suscité l'émerveillement pour leur beauté complexe, et la perplexité quant à la façon de les réaliser. Cette technique est une forme de tournage ornemental qui atteint son apogée en France en 1800 avec les œuvres d'exception de François Barreau, dont la collection est toujours visible au musée national des Techniques du CNAM à Paris. La curiosité de quelques tourneurs talentueux d'aujourd'hui a permis de ressusciter cette technique oubliée dont je vous propose de découvrir les rudiments à travers la réalisation de ma première boule de Canton.

PRINCIPE DE RÉALISATION

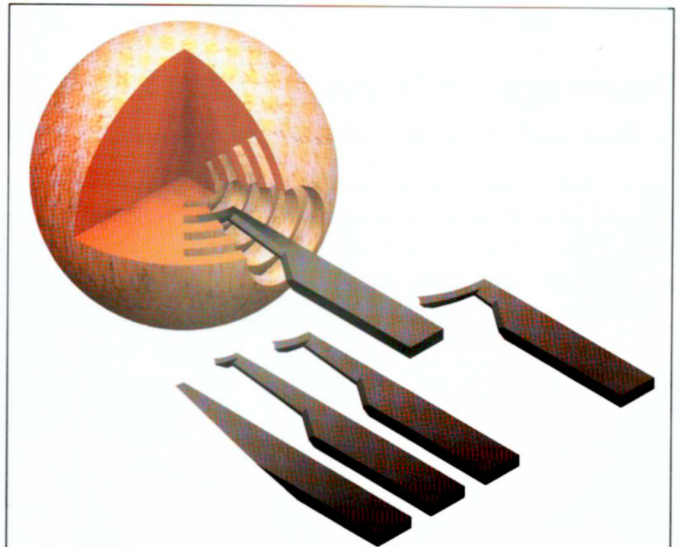
Imaginons une orange dont on sépare les quartiers de la peau avec le bout de l'index introduit depuis un trou circulaire pratiqué à sa surface. En répétant l'opération à partir de plusieurs trous répartis autour de l'orange, on finit par désolidariser entièrement le noyau central de la peau, obtenant ainsi une sphère flottante (les quartiers) à l'intérieur d'une autre (la peau perforée).

Un racloir de tournage étroit, coudé et cintré selon le rayon désiré, permet de générer par le même procédé une sphère secondaire à l'intérieur d'une boule-mère perforée à intervalles réguliers (Fig. 1). La même opération répliquée sur la sphère



1 Une boule prisonnière s'obtient avec un racloir coudé de forme semi-circulaire.

intérieure avec un outil de rayon de courbure moindre va générer une troisième boule, et ainsi de suite, jusqu'à parfois 24 boules emboîtées les unes dans les autres pour certaines œuvres du genre. Je m'en suis tenu à un jeu de cinq boules d'un diamètre de 65 mm, considéré par les spécialistes comme l'exercice de base imposé (Fig. 2).



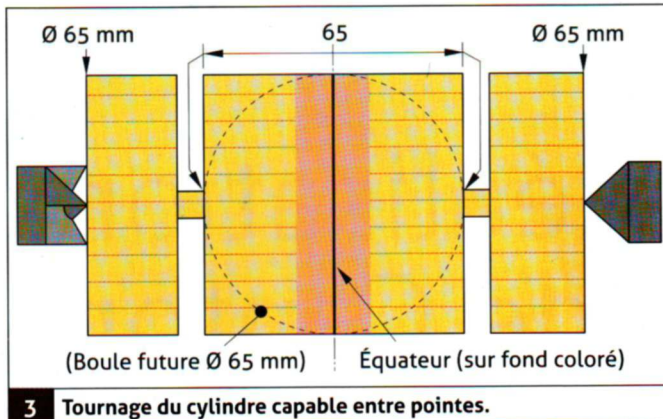
2 Plusieurs boules emboîtées s'obtiennent avec un jeu de racloirs de rayons différents.

Ce projet nécessite de fabriquer préalablement les deux empreints nécessaires à la réalisation d'une sphère parfaite de 65 mm, puis le mandrin de reprise de cette sphère pour pouvoir la creuser, et enfin l'outillage de creusage spécifique (outils coudés et porte-outil). Les conditions seront alors réunies pour réaliser la boule de Canton.

RÉALISATION DE LA BOULE-MÈRE

Le cylindre capable

Tournez entre pointes une ébauche parfaitement cylindrique de \varnothing 65 mm dans un bois homogène à grain fin, sec, sain et sans défaut. Le buis et le noyer ont par exemple la faveur des spécialistes dans ce domaine. Mais tout autre bois peu nerveux et net de coupe convient aussi. Tour en rotation, tracez en son milieu au crayon noir un cercle qui matérialisera l'équateur de la boule-mère (Fig. 3). Vous pouvez éventuellement tracer cet équateur sur un fond coloré au crayon gras, qui apportera une aide visuelle supplémentaire pendant le tournage de la sphère.



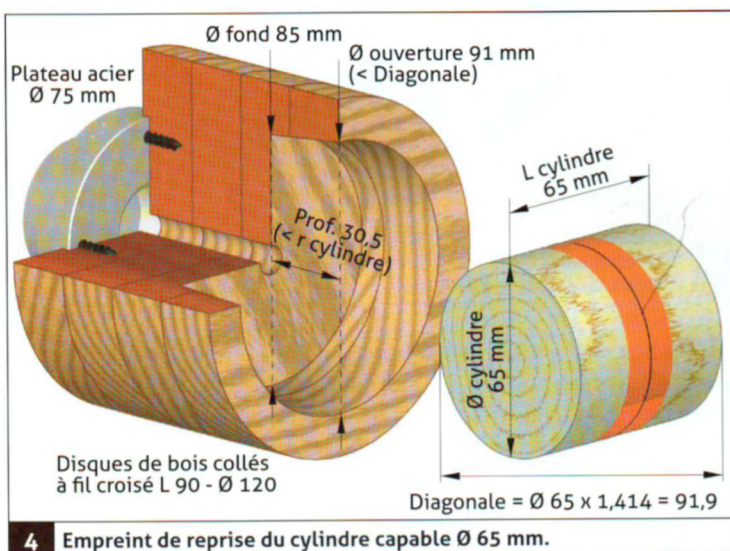
3 Tournage du cylindre capable entre pointes.

De part et d'autre de cet équateur, reportez au compas la valeur du rayon, soit 32,5 mm, et affranchissez les extrémités du cylindre capable bien perpendiculairement à l'axe de rotation pour le mettre à la longueur exacte de son diamètre, soit 65 mm (ou légèrement plus, mais pas moins !). Pensez à travailler dès à présent, et pour toute la durée de la procédure, dans un esprit de précision de l'ordre du dixième de millimètre.

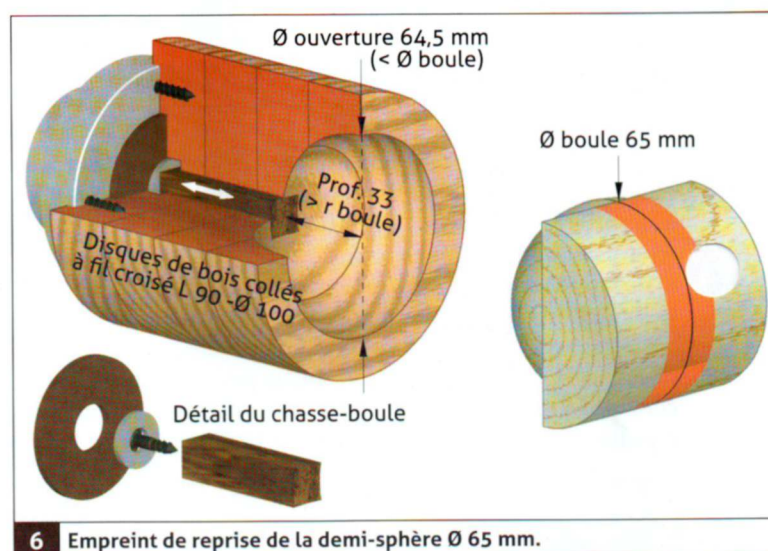
Tournage de la boule-mère

o Réalisation de la première moitié de la boule

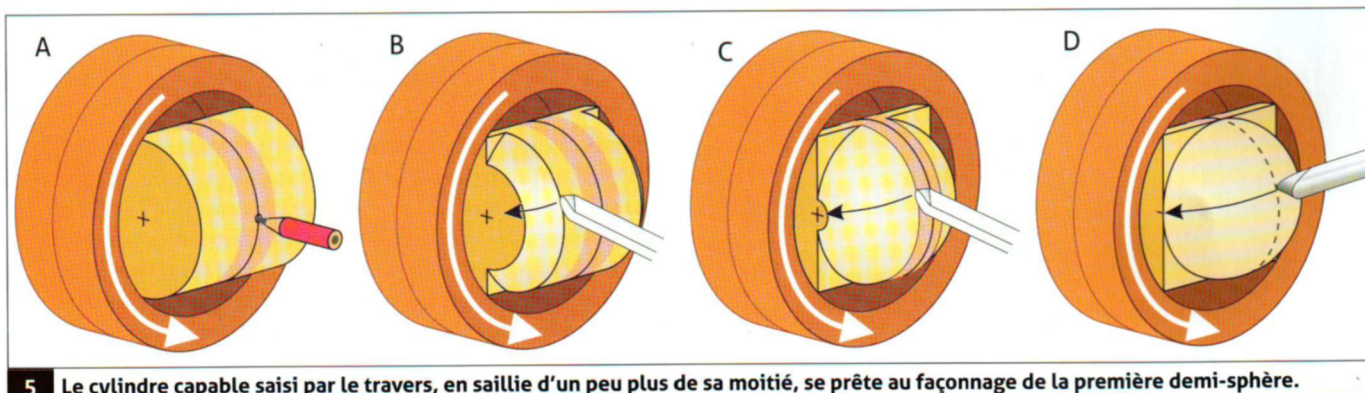
Le mandrin : un empreint femelle est nécessaire pour saisir le cylindre capable par le travers et tourner la première moitié de la boule-mère. Un morceau de bois mi-dur et homogène de Ø 120 mm et de 60 mm de longueur ou plus, pris dans un mandrin quatre



4 Empreint de reprise du cylindre capable Ø 65 mm.



6 Empreint de reprise de la demi-sphère Ø 65 mm.



5 Le cylindre capable saisi par le travers, en saillie d'un peu plus de sa moitié, se prête au façonnage de la première demi-sphère.

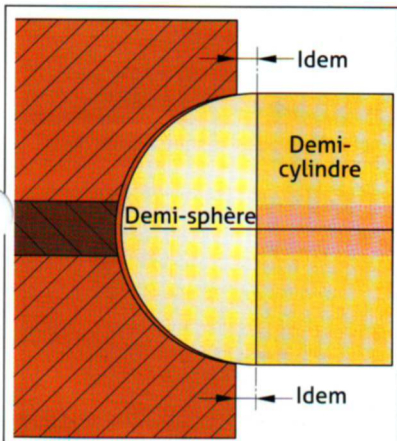
mors, peut faire l'affaire pour un usage ponctuel. Vous pouvez aussi concevoir un mandrin spécifique et plus fiable, comme je l'ai fait moi-même avec des disques de frêne collés et rapportés sur un petit plateau en acier Ø 75 mm fileté au pas de la broche du tour (Fig. 4). La forme de l'empreinte doit être légèrement tronconique (pente de 6° environ), d'un diamètre d'ouverture légèrement inférieur à la diagonale du cylindre capable, soit 91 mm, et d'une profondeur de 2 mm inférieure à son rayon, soit $\text{Ø}/2 - 2 = 30,5$ mm. Le cylindre capable, emmanché en force par le travers dans cette empreinte, doit tenir fermement par ses quatre coins et reposer bien à plat au fond sur toute la longueur de sa génératrice (ou de ses extrémités si vous optez pour un fond d'empreinte légèrement concave).

Tournage : mettez le tour en route et tracez un petit cercle au crayon, pour vérifier que le centre se situe exactement sur la ligne d'équateur (Fig. 5A). Si vous constatez un écart, c'est que la pièce ne porte pas correctement en fond d'empreinte ou que ses coins s'y encastreront de manière inégale. Un repositionnement différent de la pièce par rapport au fil du bois de l'empreinte suffit généralement à la recentrer sans qu'il y ait lieu de rectifier l'alésage.

Façonnez la boule avec une gouge à profiler de 10 mm, depuis le centre vers l'extérieur, par passes légères successives qui vont se rapprocher progressivement de la ligne d'équateur, cette ligne servant de gabarit de référence puisqu'elle représente la génératrice de la sphère (Fig. 5B et C). Vous pourrez juger du travail de la gouge en arrêtant le tour assez souvent pour apprécier son impact sur le fond de couleur. Les passes ultimes de rectification seront plus précises en utilisant la gouge roulée à droite en coupe raclée (Fig. 5D). La demi-sphère sera terminée, sur un peu plus de 180°, lorsque les dernières passes viendront se confondre avec la ligne d'équateur, et au plus près du mandrin sans toutefois l'entamer.

○ Réalisation de la seconde moitié de la sphère

Le mandrin : un nouvel empreint femelle de même type est nécessaire pour saisir la pièce par la demi-sphère qui vient d'être réalisée et pour usiner par le même procédé l'autre moitié. L'empreinte peut être tronconique ou hémisphérique avec un diamètre d'ouverture légèrement inférieur à celui de la boule, soit $\varnothing 64,5$ mm, et d'une profondeur légèrement supérieure au rayon, soit 33 mm, de sorte que la tenue de la demi-sphère soit exclusivement périphérique, sans toucher le fond. N'oubliez pas de percer ce dernier pour permettre l'extraction de la sphère. J'ai réalisé pour ma part un carret « chasse-boule » imperdable inclus dans un trou carré au fond de l'empreinte hémisphérique de mon mandrin (Fig. 6).



7 Reprise de la demi-sphère (détail).

Tournage : la pièce est emmanchée de sorte que la surface épaulée de l'usinage précédent soit parallèle à la face du mandrin (Fig. 7). Cette seconde phase de tournage est identique à la précédente jusqu'à la formation de la boule complète.

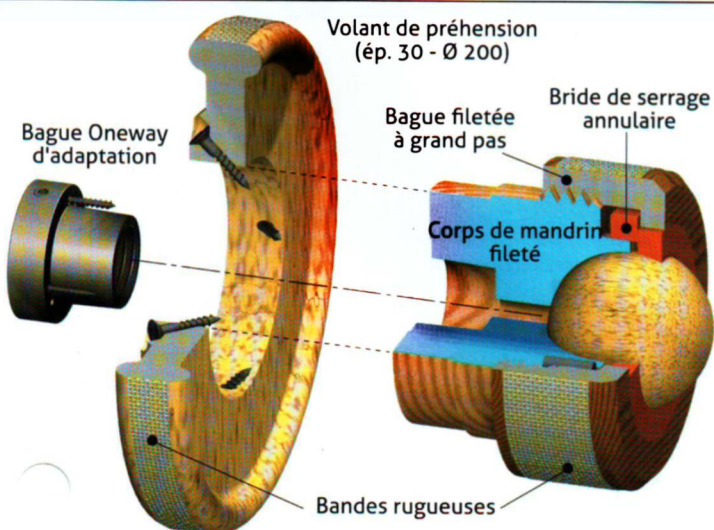
Un ponçage classique, après avoir repositionné plusieurs fois la boule sur le mandrin, finalise l'opération. Vous pourrez alors observer que les écarts de diamètre mesurés au pied

à coulisse sur cette boule-mère n'excèdent pas deux dixièmes de millimètre ! Nous sommes redevables au Père Charles Plumier (1646-1704) de cette méthode qui figure dans l'ouvrage *L'Art de tourner en perfection*, publié en 1749.

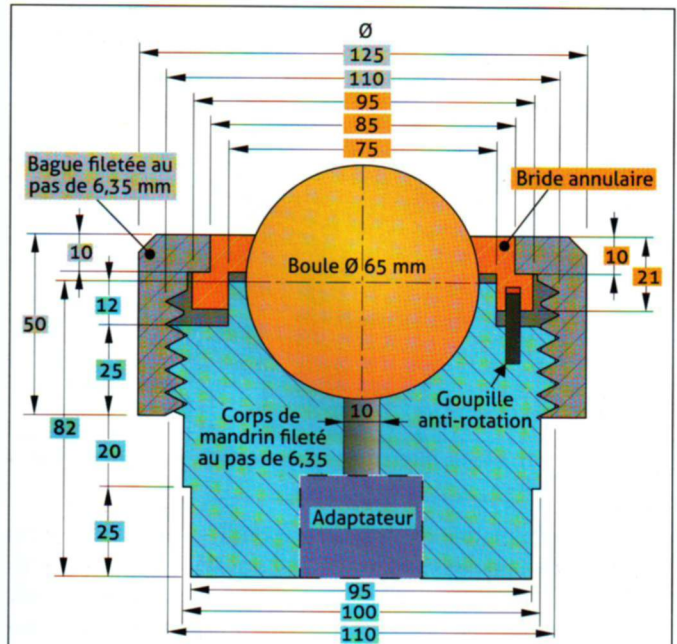
RÉALISATION DES BOULES PRISONNIÈRES

Le mandrin à boule

Le mandrin à boule est un empreint demi-hémisphérique coiffé d'une bride annulaire classique munie de quatre vis de serrage pour immobiliser la boule en position lors des nombreux



8 Mandrin de serrage pour sphère.



9 Exemple de bride à couvercle pour tournage d'une boule.

creusages successifs. Ce système rudimentaire trouve vite ses limites en termes de confort de travail pour opérer les multiples repositionnements de la boule. Les spécialistes de la technique préfèrent réaliser une bride en forme de couvercle qui se visse sur le corps de mandrin à la façon d'un mandrin Multistar (Fig. 8). Les dimensions indiquées sur la Fig. 9 correspondent à un mandrin adapté à une boule de 65 mm de diamètre.

J'ai réalisé avec satisfaction tous ces éléments en bois collé comme les empreints précédents, bien qu'il eût été préférable d'utiliser des disques en contreplaqué, plus stable et moins sujet aux variations hygrométriques, ainsi que le recommandent les spécialistes.

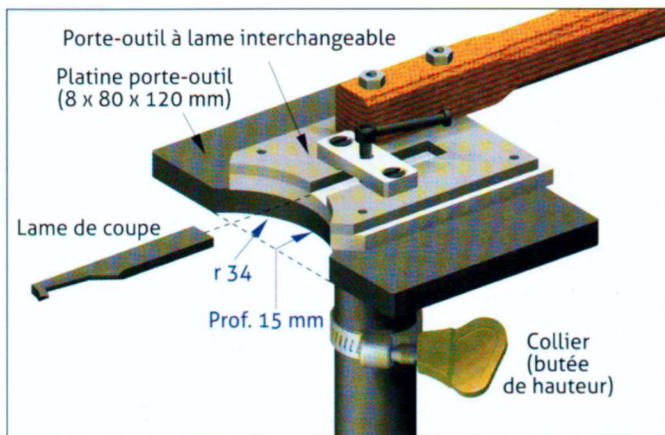
La réalisation de toutes ces pièces ne pose pas de difficulté particulière si ce n'est du soin et le respect des cotes indiquées. On remarquera que l'empreinte est rigoureusement demi-hémisphérique pour offrir le maximum de surface de contact avec la boule, ainsi que la lèvre profilée interne de la bride, de sorte à garantir un centrage parfait et un serrage uniformément réparti digne d'efficacité.

La seule difficulté concerne la réalisation du filetage du corps de mandrin et de la bague pour qui ne possède pas de machine à fileter spécifique. Vous pourrez sous-traiter cet usinage auprès d'un confrère équipé en conséquence ou le réaliser manuellement avec un peigne Sorby en vous référant à l'article paru dans *Le Bouvet* n°137. Il est préférable de fileter selon un grand pas pour obtenir un blocage rapide de la boule en un quart de tour de rotation de la bague.

Bien que le mandrin soit opérationnel en l'état, j'ai rapporté un volant de préhension à l'arrière pour faciliter les manipulations de serrage/desserrage sans recourir à la pige de blocage traditionnelle. Pour finir, l'application de bandes adhésives rugueuses ou le moletage de la périphérie du volant et de la bague, ainsi que le paraffinage du pas de vis, améliorent considérablement le confort d'utilisation de ce mandrin.

Le porte-outil

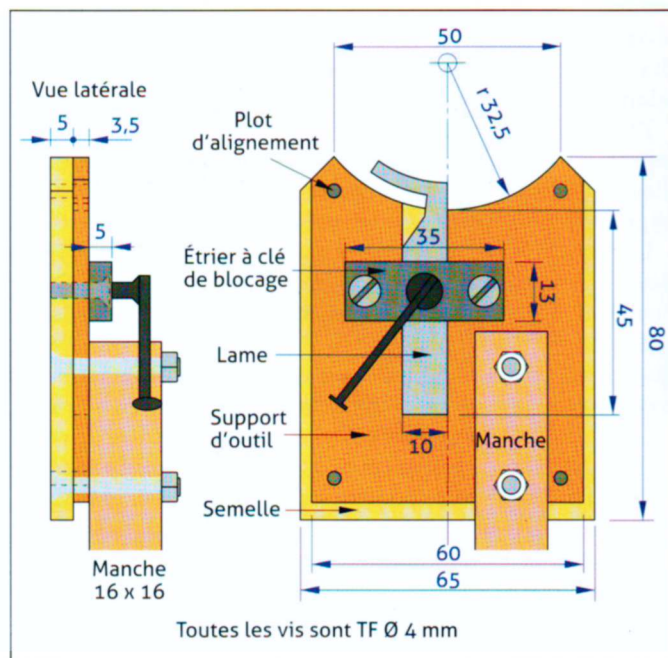
Le porte-outil repose sur une platine horizontale en acier épais vissée en son centre sur une barre cylindrique d'un diamètre et d'une longueur adaptés à votre tour à bois (Fig. 10). Les négociants spécialisés sont en mesure de débiter ces éléments aux cotes



10 Porte-outil à lame interchangeable en position sur la platine porte-outil.

désirées. Cette platine rectangulaire est utilisable en l'état, mais vous pouvez l'améliorer en pratiquant une découpe semi-circulaire pour épouser au plus près la forme de la sphère à creuser. Prévoyez une butée de mise à hauteur de la platine pour vous garantir la bonne hauteur de travail en toutes circonstances.

Le porte-outil est un ensemble emmanché composé d'une semelle et d'une plaque échancrée munie d'un système de blocage, dans laquelle prend place la lame de coupe (Fig. 11). Ces petites plaques d'acier proviennent de chutes de métal de récupération.



11 Dimensions du porte-outil à lame interchangeable.

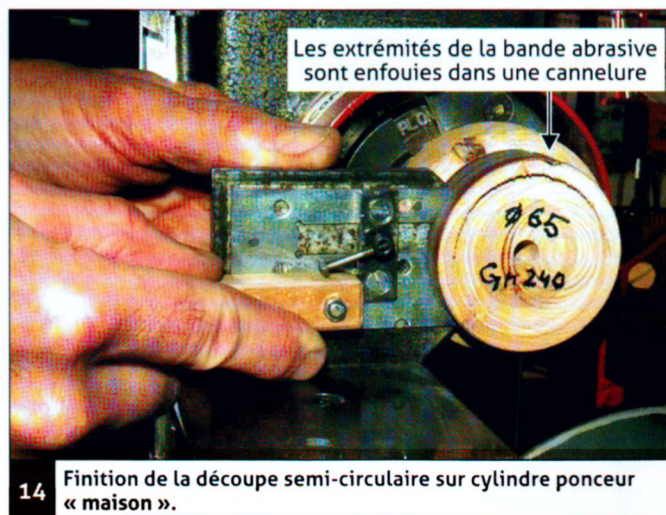
Le découpage se fait aisément avec une meuleuse d'angle équipée d'un disque de tronçonnage de faible épaisseur pour métaux (ép. 1 - Ø 125 mm) (Fig. 12). La partie délicate concerne le bon positionnement des pièces dans l'axe de la semelle et la rigueur des découpes du logement de la lame et de l'arrondi frontal ($r = 32,5$ mm). J'ai réalisé ces dernières sur ma scie à chantourner Hegner équipée du pied de biche et d'une lame adaptée pour avoir le maximum de précision, des sur-lunettes de vision rapprochée m'ayant été d'une aide précieuse (Fig. 13). Le lissage de la découpe semi-circulaire se fait sur le tour avec un cylindre ponceur réalisé à façon au diamètre désiré. Un abrasif toilé collé à la vinylique sur un tambour en bois convient tout à fait à cet usage et se remplace aisément après usure (Fig. 14). L'état de



12 Découpe d'ébauche du porte-outil avec un disque à tronçonner.



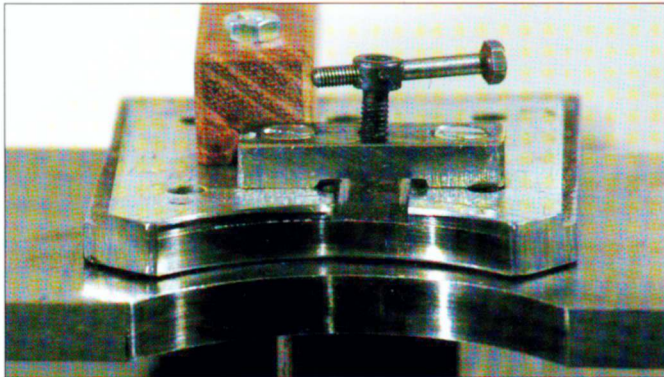
13 Une scie à chantourner est idéale pour les découpes de précision.



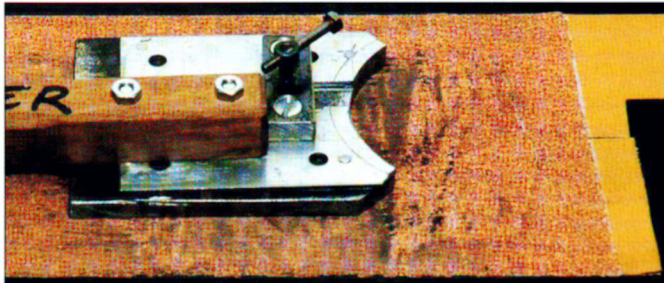
14 Finition de la découpe semi-circulaire sur cylindre ponceur « maison ».

surface doit être impeccable puisque cette partie du porte-outil constitue le guide de creusage qui est en contact permanent avec la sphère pendant le tournage (Fig. 15).

Toutes les arêtes vives de ce porte-outil sont rabattues avec un abrasif pour éviter un accrochage intempestif avec la sphère en rotation. Une feuille d'abrasif de grain 120 collée sur un support plan convient pour adoucir les arêtes et rectifier la base de la semelle (Fig. 16).



15 La face d'appui contre la sphère doit être lisse et exempte d'arêtes vives.



16 Une feuille d'abrasif à plat permet de rectifier la semelle et d'adoucir les arêtes.

Les lames de coupe

Un jeu de cinq lames de coupe est nécessaire pour dégager quatre boules prisonnières à l'intérieur de la boule-mère (Fig. 17). La lame n°0 est un racloir dépouillé à gauche, mais que l'on utilise

essentiellement avec son tranchant d'extrémité, comme un bédane, pour réaliser le perçage conique initial (appelé « lunette ») dans lequel seront engagés successivement les ciseaux coudés de creusage dans l'ordre de 1 à 4, c'est-à-dire du plus petit au plus grand diamètre.

Remarque: ces ciseaux coudés ne doivent couper qu'avec leur tranchant d'extrémité, donc avoir leurs chants latéraux semi-circulaires dégraissés en conséquence.

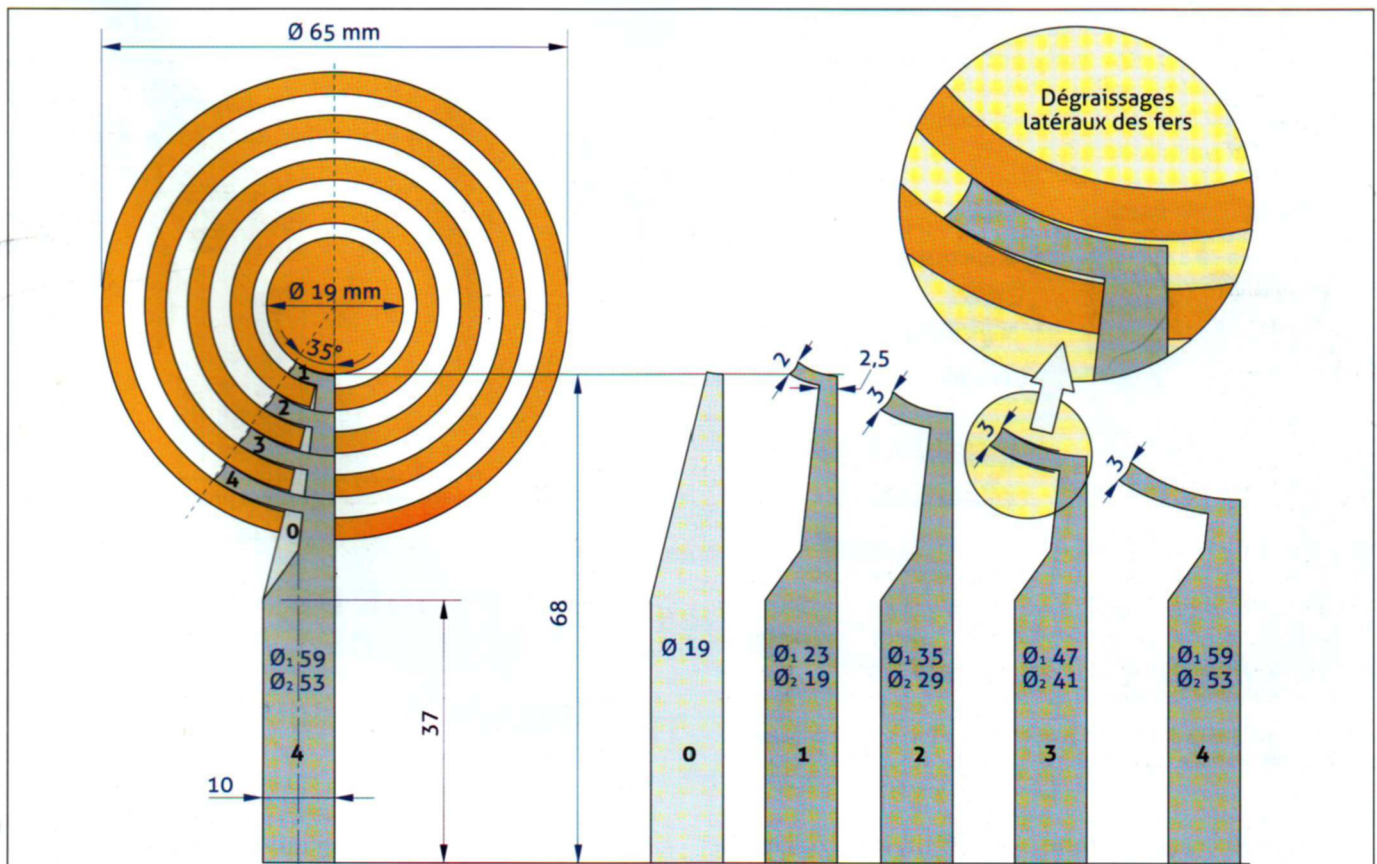
o Découpe des lames

Des fers de dégauchisseuse en acier HSS de 3 mm d'épaisseur et de 20 mm de large sont de dimension suffisante pour fabriquer ces lames, et notamment contenir la n°4 qui est la plus large.

Faites un tirage sur imprimante des modèles de la Fig. 17, collez-les sur le fer via un adhésif double-face, et découpez la forme au plus près avec la meuleuse d'angle (Fig. 18). Rectifiez

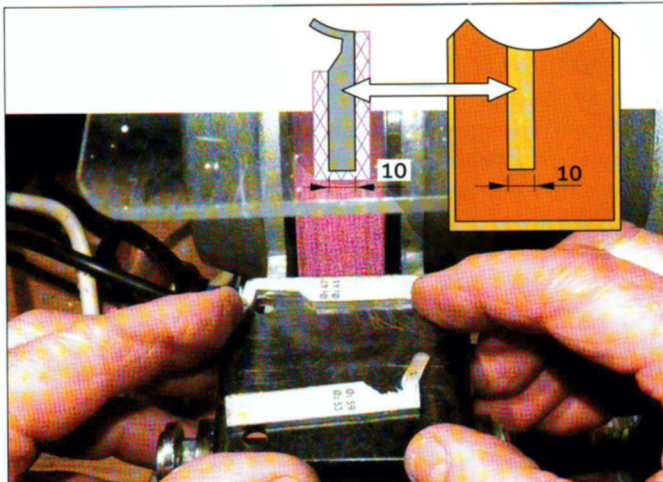


18 Découpage du contour des lames avec la meuleuse d'angle.



17 Une feuille d'abrasif à plat permet de rectifier la semelle et d'adoucir les arêtes.

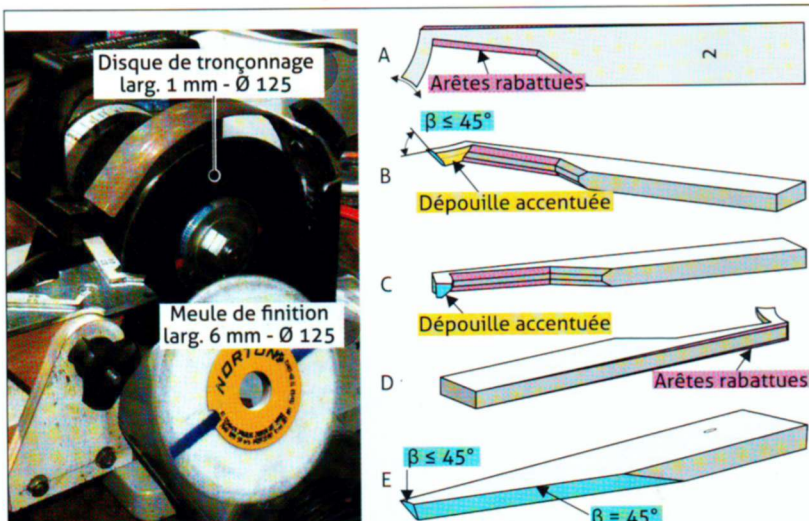
les queues des lames sur un touret à meuler pour qu'elles s'adaptent avec exactitude dans le porte-outil (Fig. 19). L'absence de jeu est importante car elle conditionne le bon recouplement des creusages successifs, donc la qualité de l'état de surface des boules prisonnières. Portez des gants pour éviter les brûlures et travaillez avec la platine du touret au plus près de la meule qu'il conviendra de rafraîchir souvent avec un dresse-meule.



19 Meulage des queues des lames en adéquation avec le porte-outil.

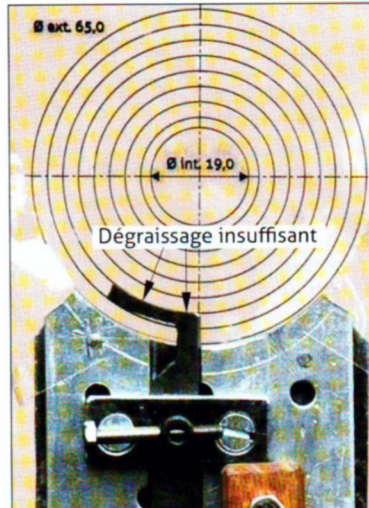
○ Mise en forme définitive des lames

Le disque de tronçonnage monté sur un petit touret à meuler permet d'approcher le profil définitif des lames dans leur quasi totalité, une meule blanche étroite de grain 60 ou 80 étant idéale pour peaufiner les détails à main levée, notamment : rabattre toutes les arêtes vives présentant un risque d'accrochage (en violet), accentuer la dépouille des lames coudées sur leur flanc de grand rayon (en jaune), et façonner les arêtes tranchantes en creux comme des coupoirs pour améliorer leurs performances de coupe (en A) (Fig. 20). Notez que la lame n°0 est un racloir classique dépouillé à gauche, donc avec deux arêtes de coupe (en E), mais que l'on utilise essentiellement en travail de pointe avec son tranchant d'extrémité.



20 Mise en forme finale des lames avec le disque fin de tronçonnage et une meule blanche de finition.

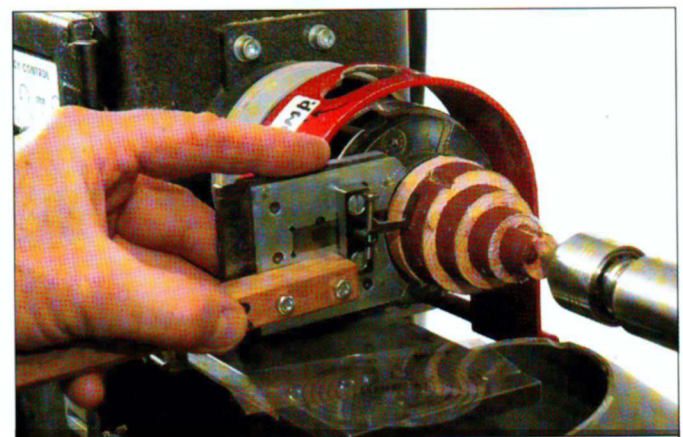
Montez les lames sur le porte-outil et vérifiez leur conformité à l'aide d'un gabarit transparent tiré sur imprimante et utilisé à contre-jour (Fig. 21). Cette méthode permet notamment de mettre



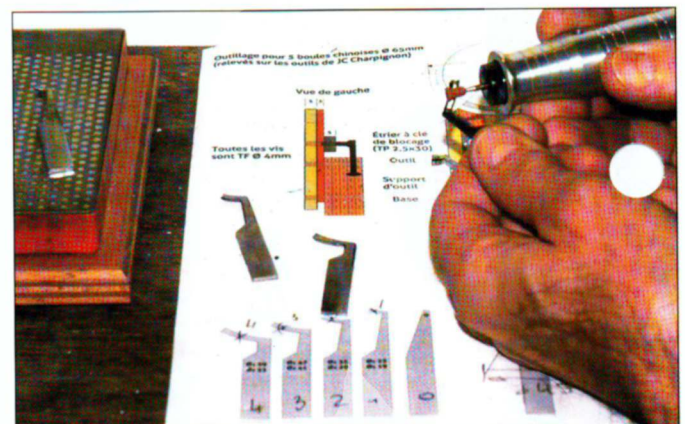
21 Un gabarit transparent est idéal pour analyser les lames.

en évidence les dégraissages latéraux des lames coudées et de les corriger si nécessaire (Fig. 22). Des mini-meules sur tige sont pratiques pour parachever le travail et rafraîchir périodiquement les tranchants (Fig. 23).

La partie « métallurgique » du travail s'achève ici ! L'outillage est alors au complet : vous pouvez enfin vous consacrer à la réalisation de votre boule de Canton.



22 Tambour abrasif étagé sur 4 diamètres : 19, 29, 41 et 53 mm.



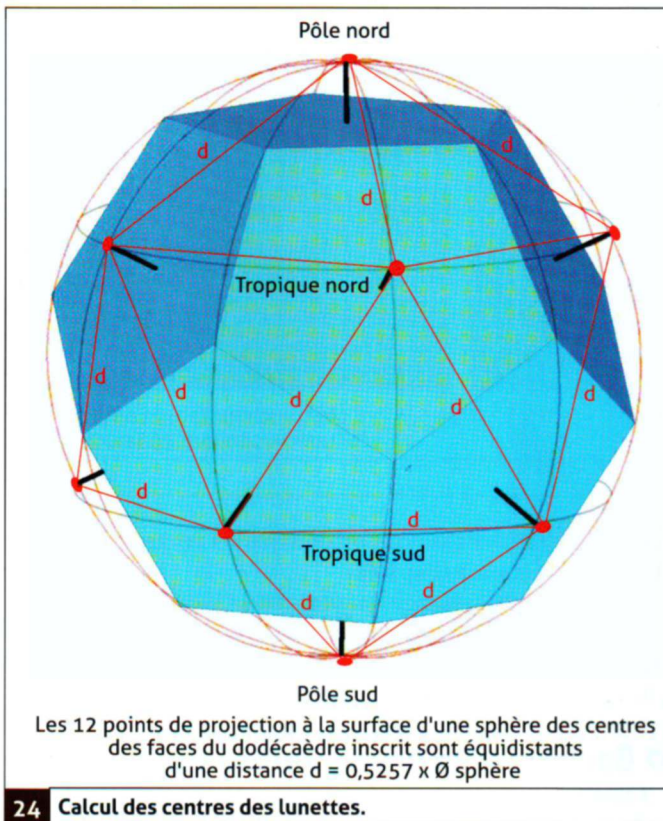
23 Des mini-meules sur tiges sont pratiques pour peaufiner les détails.

TOURNAGE DE LA BOULE DE CANTON

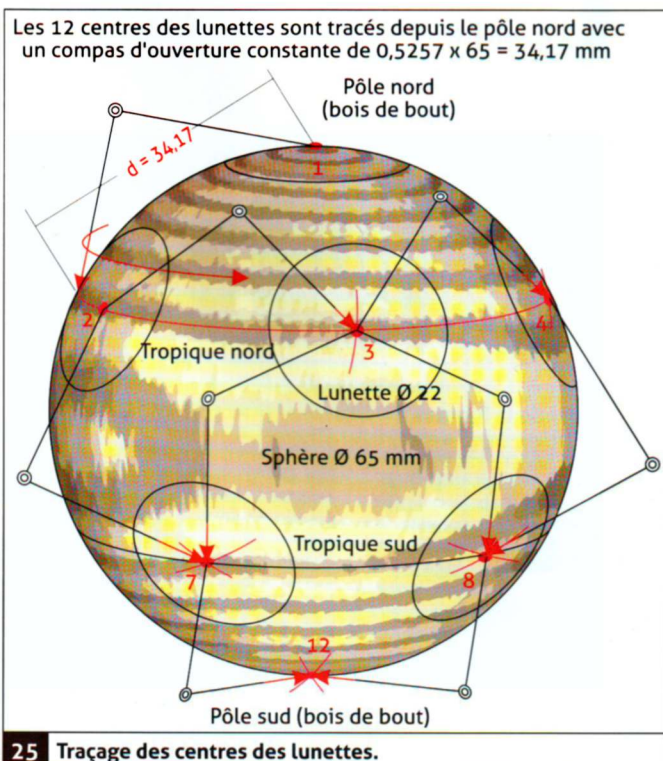
Traçage de la boule

Un polygone régulier à 12 faces, ou dodécaèdre, s'inscrit exactement à l'intérieur d'une sphère de même rayon. Les hauteurs élevées depuis le centre des faces de ce dodécaèdre déterminent donc à la surface de la sphère 12 points d'intersection équidistants qui seront les centres des 12 lunettes de la boule de

Canton. La distance en ligne droite séparant ces points obéit à la formule suivante : $d = 0,5257 \times \varnothing$ sphère, soit $d = 34,17$ mm pour notre sphère de $\varnothing 65$ mm (Fig. 24).



L'axe nord/sud étant établi dans l'axe du fil du bois de la boule, tracez le tropique de l'hémisphère nord depuis le pôle nord avec un compas réglé à une ouverture de 34,17 mm (Fig. 25). Sur ce tropique, depuis un point 2 choisi arbitrairement, reportez au compas les points suivants de 3 à 6. Vérifiez que, du point 6, vous retombez bien sur le point 2 de départ pour être sûr du réglage de votre compas.

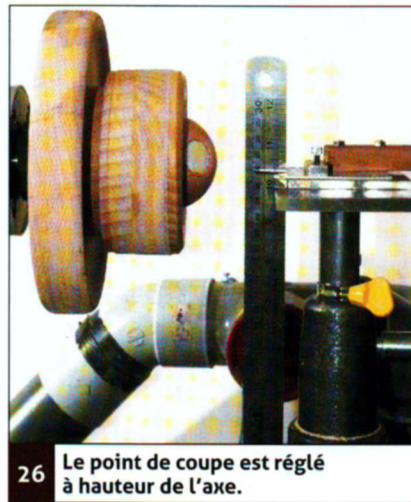


Depuis les points 2 et 3, déterminez le point 7 du tropique sud. De même, à partir des points 3 et 4, tracez le point 8 du tropique sud et ainsi pour les suivants jusqu'au point 11.

Le pôle sud 12 se situe exactement à l'intersection des arcs de cercle tracés avec le compas depuis les points 7 à 11. Ces derniers tracés témoigneront de la validité de la bonne ouverture du compas relativement au diamètre de la boule.

Il ne reste plus qu'à tracer les lunettes à $\varnothing 22$ mm depuis ces 12 points pris comme centres avant d'installer la boule dans le mandrin.

Creusage de la boule

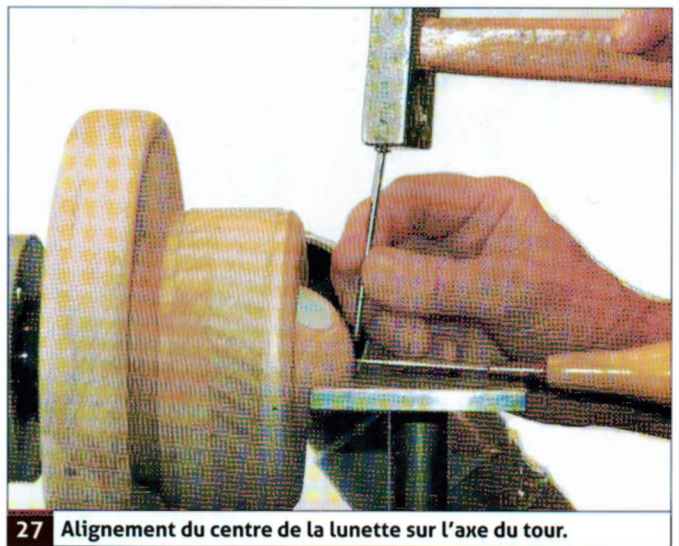


Ajustez la platine porte-outil pour que le point de coupe soit exactement au niveau de l'axe du tour et serrez la butée de hauteur (Fig. 26).

Les deux premières « lunettes » à réaliser sont celles du pôle nord et du pôle sud, dont le bois de bout est le plus difficile à couper. Les autres lunettes pourront être dans un ordre quelconque.

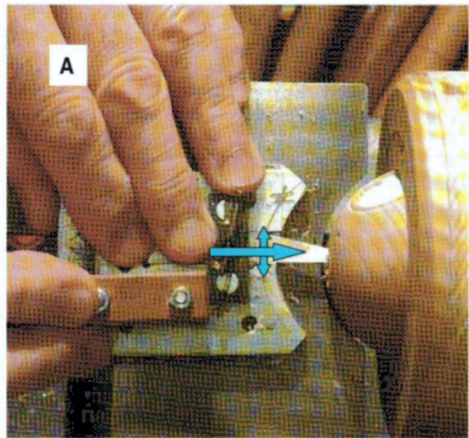
Perçage de la première lunette

Alignez le pôle nord sur l'axe du tour, la boule légèrement débridée dans le mandrin. Piquez une pointe de traçage dans le pôle et faites tourner le mandrin à la main (Fig. 27). Le mouvement d'ascenseur de la pointe est l'indice d'un faux rond que l'on corrige par de légères frappes au marteau sur la lunette via un clou meulé à vif. Serrez fermement le mandrin.

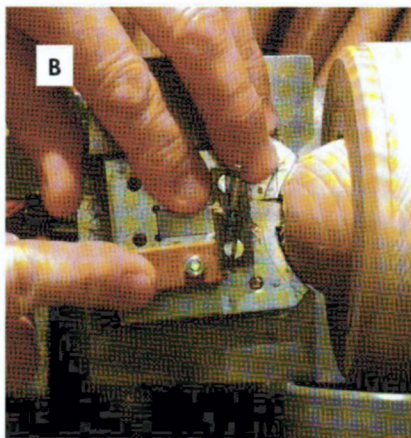


Percez la lunette conique avec l'outil n° 0 utilisé en défonçage, comme un bédane, c'est-à-dire en ne travaillant qu'avec la pointe de l'outil par passes successives (Fig. 28A et B). Tout au long du perçage, le tranchant latéral sert davantage de calibre pour contrôler l'angle de la lunette que comme tranchant véritable, sous peine la désaxer en cas de prise de copeau latérale de largeur

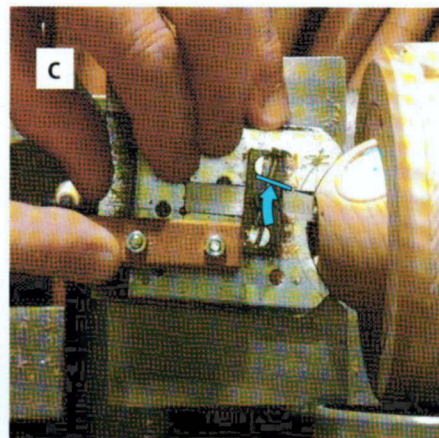
Perçage avec l'outil n° 0



La profondeur est atteinte



Le perçage est terminé



A - B : l'outil ne travaille qu'avec sa pointe

C : le tranchant latéral affleure la lunette conique en douceur

28 Perçage d'une lunette.

excessive. Le travail est terminé lorsque la dernière passe affleure le tracé Ø 22 mm, le porte-outil étant intégralement en appui contre la boule (Fig. 28C). Une vitesse de tournage de l'ordre de 1 000 tr/min est suffisante.

Creusage avec les outils coudés

Pour chaque lunette, le perçage est suivi du creusage dans l'ordre des quatre outils, du plus petit au plus grand diamètre.

L'outil n° 1 est introduit calé à droite au fond de la lunette, le porte-outil en appui intégral contre la boule (Fig. 29B). Le geste de creusage consiste à faire pivoter l'outil vers la gauche en maintenant constamment le porte-outil en talonnage contre la boule (Fig. 29C et D). Ce tournage assisté n'exige aucun tour de main particulier et se réalise sans difficulté. En fin de passe,

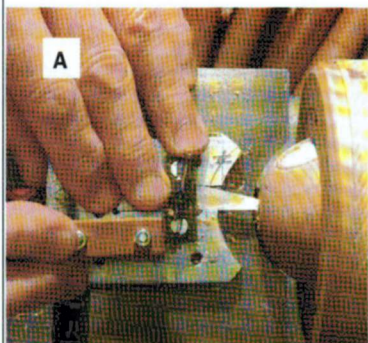
ramenez l'outil dans sa position de départ et arrêtez le tour pour dégager les copeaux (Fig. 30A).

Les trois autres creusages suivent dans l'ordre, selon le même scénario. Il est d'usage de faire un petit liséré décoratif à l'entrée de la lunette avec l'outil n° 0 avant de la poncer avec un abrasif plié en quatre pour plus de rigidité (Fig. 30B à D).

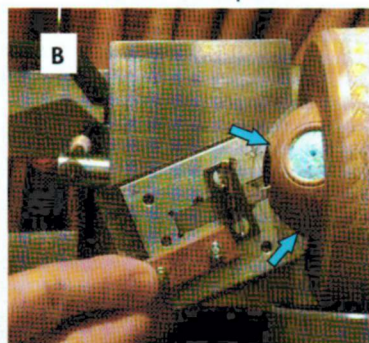
Bouchonnage de la lunette

Chaque lunette est ensuite obturée avec un bouchon conique en polystyrène extrudé (mousse semi-rigide d'isolation thermique en plaques de couleur bleue ou grise) pour rétablir son intégrité mécanique, nécessaire à l'usinage des lunettes mitoyennes. Un carretel découpé dans une plaque de polystyrène de 40 mm d'épaisseur se tourne facilement en cône après l'avoir enfilé sur

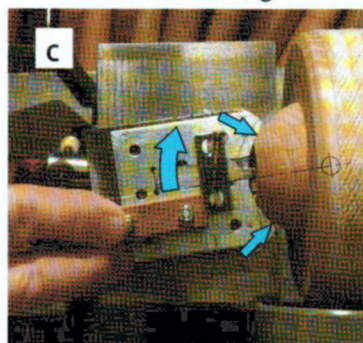
Mise en service de l'outil n°1



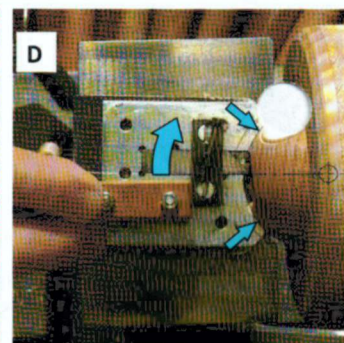
Position de départ



En cours de creusage



En cours de creusage

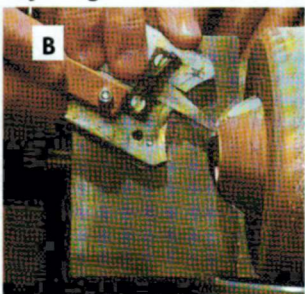


29 Le porte-outil reste en appui contre la boule tout au long du creusage.

Dégagement des copeaux



Façonnage du liséré décoratif



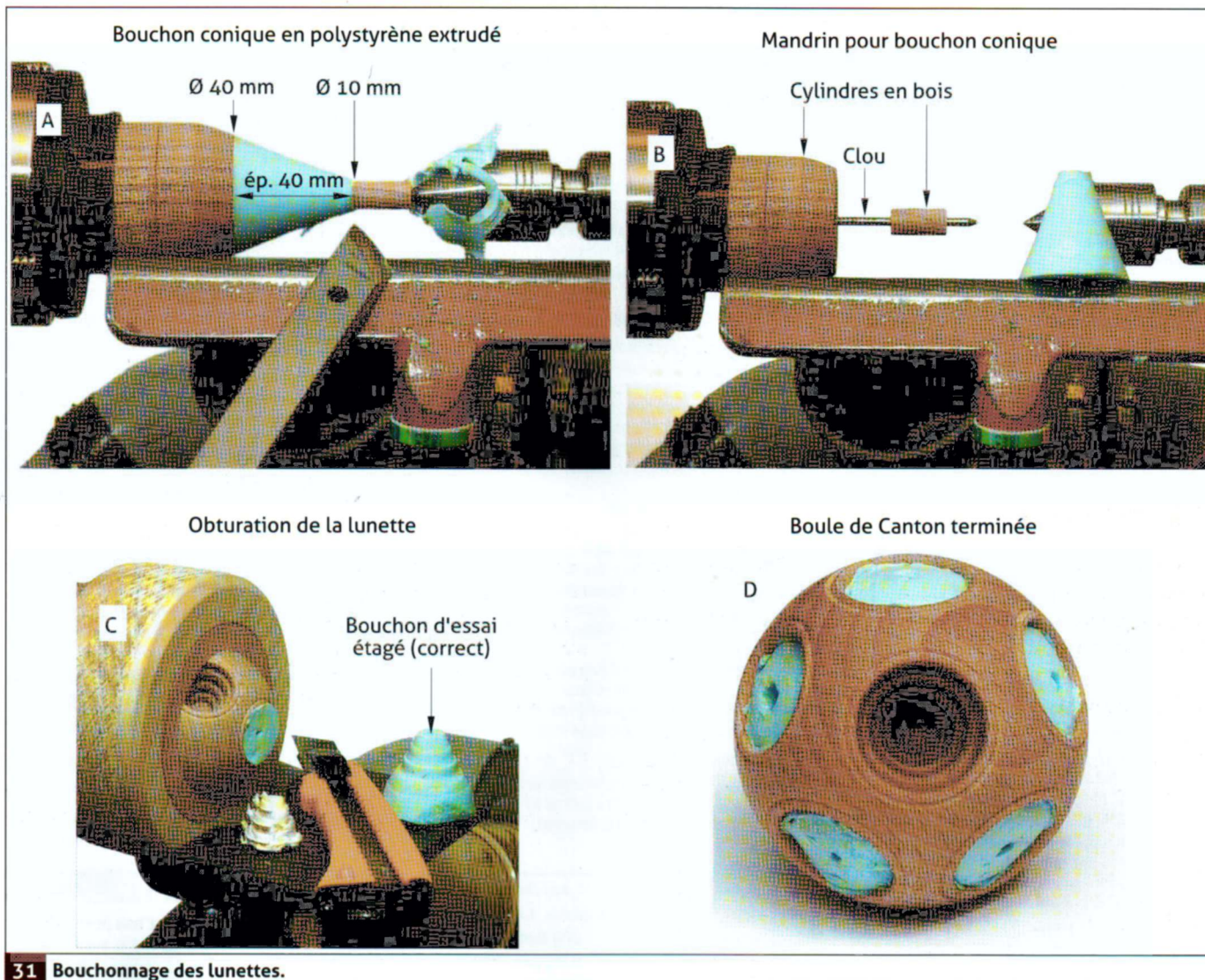
Ponçage de la lunette



Lunette terminée



30 Le porte-outil reste en appui contre la boule tout au long du creusage.



31 Bouchonnage des lunettes.

un petit montage entre pointes (Fig. 31A et B). Le cône est légèrement surcoté en diamètre pour entrer en force dans la lunette et s'y mouler en forme étagée (Fig. 31C). Coupez ce qui dépasse et enfoncez l'excédent dans la lunette.

Les autres lunettes sont usinées de la même façon, après avoir recentré à chaque fois la boule en conséquence. Il s'agit d'un travail de patience plus qu'autre chose, d'autant qu'il faut procéder par petites passes et sans précipitation pour ne pas éclater le bois qui s'amincit et se fragilise au fur et à mesure qu'il se transforme en une sorte de gruyère ! La pièce terminée se présente comme sur la Fig. 31D.

Il est intéressant de découper la boule pour analyser l'état des surfaces internes et les recouvrements d'usinage afin d'en tirer tous les enseignements utiles (Fig. 32).

CONCLUSION

Cet article devrait convaincre de passer à l'acte tous ceux qui n'ont jamais osé se lancer dans cette aventure malgré l'envie d'y goûter. Cette première boule de Canton que je viens de réaliser montre que l'exercice n'est pas si difficile dès lors qu'on possède les rudiments de la technique pour faire ses premiers pas sans risque.

Faites-vous plaisir à votre tour, bon tournage et bons copeaux ! ■



32 La « Véritée Révélée » vue par un tourneur !