

1) Réalisation pratique des coffrets.

Bien qu'il soit commode d'utiliser des coffrets du commerce, personnellement je préfère de loin réaliser entièrement mes propres boîtiers. L'avantage incontestable réside dans le fait qu'on n'est jamais aussi bien servi que par soi-même. Traduisez : On peut faire exactement ce qui correspond à nos désirs, et en particulier optimiser les formes et les dimensions. Ma technique étant aisément abordable par tout un chacun, autant en faire profiter la collectivité. Le matériau miracle pour confectionner mes réalisations est connu sous le vocable de **polystyrène choc**.

Nombreux sont les didacticiels déjà publiés sous mon pseudonyme "Nulentout" qui, décrivant des appareils électroniques, informatiques, astronomiques, détaillent mes méthodes d'usinage. Il serait commode d'indiquer ici les liens et faire référence aux chapitres concernés. Pour vous éviter des allées et venues sur la toile, j'ai pensé plus convivial de copier honteusement les chapitres relatifs au travail de ce merveilleux matériau qu'est le polystyrène choc.

Commencez par lire les informations données dans l'encadré de la page 9 et vous aurez en main la marche à suivre pour créer toutes les merveilles issues de votre imagination.



ATTENTION : DANGER !



Libre à la vente n'implique pas "sans danger". Dans les drogueries, on peut aussi acheter de l'acide pour nettoyer du ciment par exemple. Bien que libre en vente il faut prendre des précautions pour les mains, le visage ou les yeux. **Pour le diluant cellulosique c'est analogue. Les vapeurs qui se dégagent de la réaction chimique sont nocives. Donc :**

- **Lisez bien les informations portées sur la bouteille.**

- **Travaillez dans un local bien aéré quand vous procédez au soudage.**

Technique générale d'assemblage.

Façonner avec soin et précision les divers éléments à réunir pour construire l'ensemble sera un garant de qualité. Prendre son temps, vérifier les dimensions et la géométrie, ne pas se précipiter. Percer et réaliser si possible l'intégralité des trous et des orifices sur les éléments individuels, c'est tellement plus commode que lorsque le coffret est entièrement assemblé. D'une manière générale, la médiocrité d'une réalisation quelconque est directement impactée par son élément le plus faible. Ou si vous préférez, quand vous adoptez un niveau de qualité, tous les aspects du projet doivent présenter une valeur analogue. Bref, il faut tracer sur toutes les pièces à assembler la position précise des éléments qui viennent en contact. Pour ma part tous les repérages sont réalisés avec des feutres classiques du commerce. Quand les ensembles sont achevés, j'efface tous les traits avec de l'alcool ménager qui me sert également à nettoyer les pièces avant soudage ou avant peinture. Une petite équerre métallique me semble indispensable pour vérifier les perpendicularités un peu partout. Vous préparez tout le matériel dans un local bien aéré, sans oublier un support quelconque pour poser le pinceau qui sert à appliquer le diluant sur les zones à souder.

Consultant avec attention le dessin de l'ensemble, vous déterminez les tranches ou les surfaces à souder. Vous mouillez avec le diluant. Vous appliquez fortement la pièce sur les zones mouillées. La prise est immédiate, mais si le local n'est pas trop chaud, vous disposez d'un temps largement suffisant pour assembler et positionner sept ou huit pièces. Puis, avant que l'ensemble ne soit définitivement solidifié, vous repassez tout en revue pour parfaire la géométrie : Les diverses cotes de positionnement, les orientations relatives, les équerrages ...

Toujours partir de dessins rigoureux réalisés à l'échelle unitaire pour façonner les divers éléments, après avoir tracé un **dessin d'ensemble précis pour s'assurer que l'intégration des éléments et leur câblage ne sera pas une corvée** sans nom. Méfiez-vous, certaines pièces ne sont pas symétriques, placer à gauche celle de droite engendrera à coup sûr une difficulté. Ceci dit, pas de panique. Si vous constatez une erreur inacceptable alors que l'ensemble est solidifié depuis deux jours, et que les éléments sont soudés entre eux par la tranche, en forçant un peu avec un cutter rigide on arrive à désolidariser sans détruire. Beaucoup d'erreurs seront pardonnées ... heureusement, car souvent mes prototypes souffrent leurs lots de maladrances ...



Suite en page 10.

Mettre en œuvre du polystyrène choc.

Facile à se procurer par le biais du commerce en ligne, particulièrement agréable à usiner, percer, limer, ce matériau vendu en plaques de diverses épaisseurs et diverses tailles, est absolument parfait pour le bricoleur du dimanche. Utilisé depuis des années pour réaliser des coffrets électroniques, des petites mécaniques de robotique etc, je ne saurais plus m'en passer. Pour trouver un magasin de vente par correspondance, donnez les deux mots clef **Polystyrène** et **Choc** à un quelconque moteur de recherche et vous n'aurez plus qu'à mettre dans le panier une ou deux plaques de votre choix. Pour ma part j'ai utilisé plusieurs épaisseurs, le meilleur compromis semble 3mm que j'approvisionne en grandes plaques blanches, car j'en fais une consommation abusive.

Outillage indispensable : On ne peut vraiment pas se contenter d'un simple cutter, il faut impérativement investir dans du luxe. La débâche de matériel à acquérir est présentée sur la

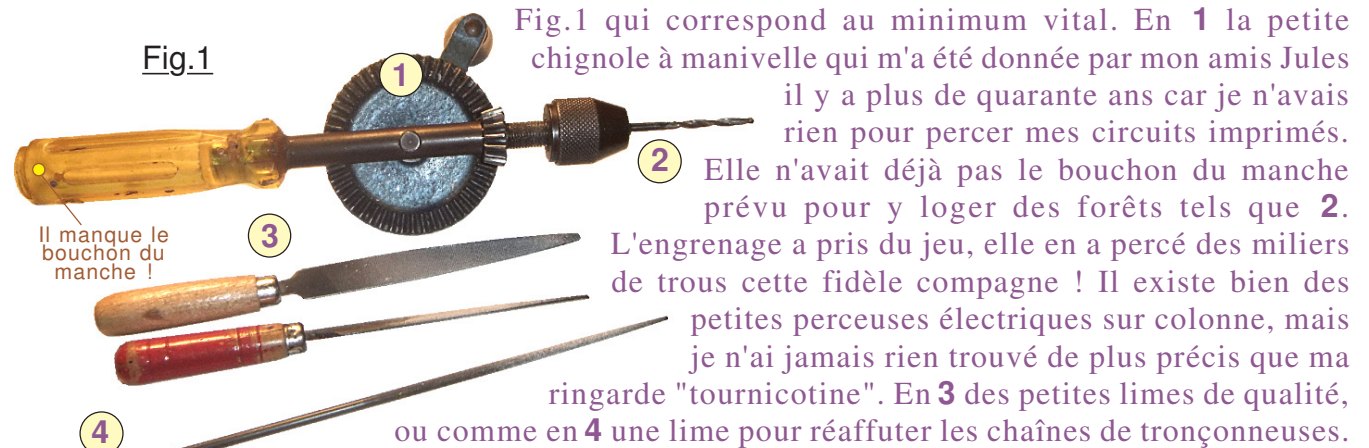


Fig.1 qui correspond au minimum vital. En 1 la petite chignole à manivelle qui m'a été donnée par mon amis Jules il y a plus de quarante ans car je n'avais rien pour percer mes circuits imprimés. Elle n'avait déjà pas le bouchon du manche prévu pour y loger des forêts tels que 2. L'engrenage a pris du jeu, elle en a percé des milliers de trous cette fidèle compagne ! Il existe bien des petites perceuses électriques sur colonne, mais je n'ai jamais rien trouvé de plus précis que ma ringarde "tournicotine". En 3 des petites limes de qualité, ou comme en 4 une lime pour réaffûter les chaînes de tronçonneuses.

Ajoutez deux ou trois feuilles de **papier verre** pour poncer avec finesse et l'on a pratiquement tout ce qu'il faut. Avec ces ustensiles, je découpe et peaufine mes pièces sans problème au dixième de millimètre. Je dispose d'un alésoir qui permet d'agrandir les trous de grand diamètre, mais avec une lime ronde ou semi-ronde on peut s'en passer. Ajoutez également une équerre et l'indispensable est réuni. Pour les forêts 2 il faut une série complète entre 1mm de diamètre et six millimètres, ou plus pour chanfreiner les trous.

Façonnage des pièces : Pour les découper, après avoir tracé avec précision le contour, on marque un peu en profondeur des deux cotés avec le cutter. En forçant entre les deux voisinages d'une rayure, les éléments se séparent. Petite amélioration de l'aspect visuel à la lime, puis *parfaire la rectitude et la perpendicularité éventuelle avec un autre coté* sur la feuille de papier verre et l'élément est paré pour son inclusion dans l'ensemble dont il va faire partie. La méthode présentée en Fig.2 pour ajourer des formes complexes peut sembler indigeste. Elle consiste à percer des trous de diamètre 3mm proches les uns des autres ou sécants pour fragiliser la zone centrale. Au cutter on coupe les tenons. Et quand "l'étoile" centrale se décroche, les limes ou le papier verre font le reste. C'est facile et très précis. Si des cotés sont long, quatre trous réunis permettent d'introduire une lame de scie. On coupe alors de façon rectiligne rapidement sur de fortes longueurs.

Souder les éléments entre eux : On trouve librement en droguerie ou dans les magasins de bricolage du **Diluant Cellulosique**. Avec un petit pinceau, vous en passez sur la tranche à souder, vous appliquez un peu fortement sur l'autre pièce et les deux se soudent. Ce n'est pas du collage, mais bien de la soudure autogène. On peut facilement en souder trois ou quatre, et avant que l'assemblage ne devienne résistant, les faire glisser pour les placer bien bord à bord ou corriger des équerrages. Pour aboutir à des éléments de forte épaisseur, on applique du diluant sur toute la surface de l'une des plaque et l'on presse sur l'autre. Un petit serrage à l'étau d'établi et l'on a définitivement une pièce unique de forte épaisseur. On peut ainsi, par exemple créer une semelle très rigide, empiler plusieurs couches. Quand le total est durci, on lime alors les cotés pour obtenir une pièce parfaite, avec arrondis, chanfreins etc.



Technique d'assemblage pour deux plaques soudées en surface.

Souder sur la tranche sera une opération très facile. Mais si deux éléments sont collés à plat l'un sur l'autre par toute une surface, (*Comme la semelle du coffret par exemple.*) la technique est un peu plus délicate, et je vous invite fortement à expérimenter sur des "chutes inutilisables". Voici comment je procède personnellement pour assembler deux plaques en surface :

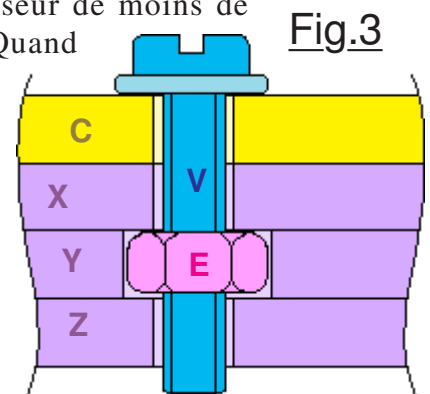
- 1) Je trace les repères de positionnement sur les deux éléments.
- 2) La pièce de réception est placée à plat sur l'établi, zone à coller vers le haut. Sous cette dernière un grand carton propre est disposé, pour pouvoir presser fortement les deux éléments l'un sur l'autre sans abimer celui de dessous. (*Un carton, un catalogue publicitaire etc.*)
- 3) La pièce à souder est retournée, zone commune à mouiller bien repérée vers le haut.
- 4) On ouvre un bocal dédié rempli avec du diluant. (*Tremper le pinceau dans la bouteille n'est pas du tout commode, car on ne voit pas le niveau du fluide.*)
- 5) On mouille un petit pinceau si on soude sur tranche, un plus gros si on colle face contre face.
- 6) On étale proprement le juste ce qu'il faut sur la surface à "dissoudre" et l'on pose le pinceau.
- 7) On place provisoirement l'élément complémentaire sur la pièce de réception. Inutile de soigner pour le moment car les pièces au pressage vont glisser.
- 8) Sans tarder on presse fortement les deux pièces dans l'étau, muni des cornières (*Pour élargis les mords.*) et de mordaches de protection. (*Inexorablement les deux éléments se décalent un peu.*)
- 9) Immédiatement on les aligne et on les positionnements correctement **par glissement plan sur plan** entre les deux surfaces soudées. Il faut forcer pas mal, car le serrage à l'étau a déjà bien solidarisé les deux éléments. Pièces bien alignées, on peu souffler, car plat sur plat constitue une opération qui mérite de s'entraîner sur des "pièces poubelle", vu que le réaligement n'est pas très aisé.

2) Les écrous inclus dans "la masse".

Clef de voûte d'une réalisation soignée, ma préférence va vers l'emploi d'écrous métalliques noyés dans des nervures de renfort. Il serait infiniment plus simple de tarauder directement le polystyrène choc. Toutefois, un écrou métallique est bien plus résistant, sans compter que des tarauds ϕ M3 et un "tourne-à-gauche" ne sont pas forcément disponibles dans toutes les chaumières.

Principe de conception des écrous prisonniers

Facile à comprendre, le principe de cette "technologie" est représenté sur la Fig.3 sur laquelle en violet on retrouve les longerons et en jaune le couvercle **C** du coffret rapporté sur le dessus. Ces longerons sont composés de trois bandes de polystyrène choc collées à plat les unes sur les autres. Comme montré en **E** un écrou ϕ M3 présente une épaisseur de moins de 3mm. Il peut donc facilement s'inclure dans la bande du milieu **Y**. Quand on désire assembler ou déposer l'élément, il n'est pas possible de tenir l'écrou à l'intérieur. La "poutre" qui vient en contact de la face avant ou arrière est constituée de trois bandes qui sont donc collées à plat les unes sur les autres. Il serait possible de tarauder le trou et d'y visser directement **V**. Un écrou métallique est préférable au point de vue usure et permet un jeu légèrement plus grand. Dans la bande **Y** l'orifice pratiqué pour l'écrou est hexagonal et ajusté avec précision. Les deux trous dans **X** et dans **Z** laissent passer la vis **V** avec un léger jeu. Celui dans **X** présente un diamètre de 3,3mm alors que celui sur **Z** peut être légèrement plus grand car la plaque ne sert qu'à empêcher l'écrou de tomber. Il faut un peu de latitude, car les quatre trous doivent être alignés sur un axe commun.



Technique de réalisation des écrous prisonniers

Relativement simple à mettre en œuvre, la première étape consiste à ajuster les trois trous hexagonaux dans la plaque centrale. Idéalement saisie dans un petit étau de maquettiste **1**, la Fig.4 présente la pièce **2** avec quatre phases chronologiques. On commence par repérer finement les centres des trous, que l'on perce comme en **3** d'un trou de diamètre 3mm. Puis, comme en **4** on y place un petit boulon ϕ M3 et l'on trace le contour de l'écrou. En **5** on retire l'écrou, puis, en **6** on perce à un diamètre plus grand qui sert à ébaucher l'orifice. La dimension de ce trou est suffisante pour pouvoir introduire une petite lime comme celle visible en **7**. Avec un peu de patience, et

d'entrainement sur des chutes non réutilisables, on arrive rapidement à usiner des trous hexagonaux dans lesquels l'écrou pénètre "en sifflant". L'étape suivante consiste à coller à plat la plaque "extérieure". Montrée sur la Fig.5 on peut constater en **8**

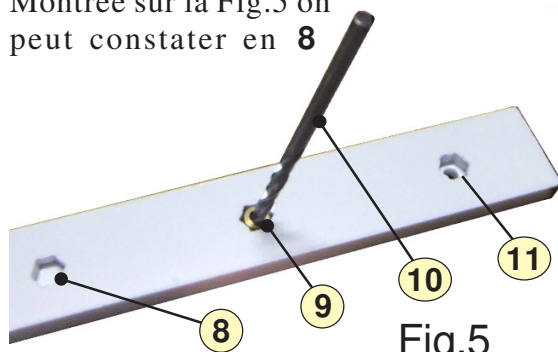


Fig.5

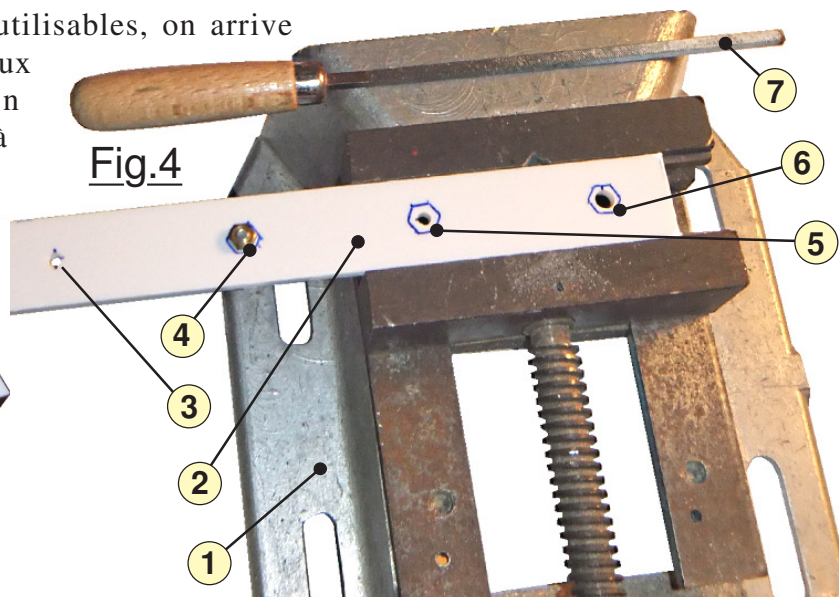


Fig.4

l'orifice hexagonal borgne. Il faut y pratiquer un trou de passage pour la vis. Symboliquement le foret **10** est montré seul, bien que dans la réalité il est saisi dans la petite chignole présentée en page 9.

Préambule au perçage il faut marquer le centre du trou. Dans ce but, on utilise un écrou ϕ M3 qui a été transformé en "canon de perçage" en réalésant son filetage sous la forme d'un trou cylindrique de diamètre 3mm. C'est cet écrou qui comme visible en **9** guide le foret **10** pour marquer le centre. Puis on retire l'écrou de guidage, on vérifie le centrage de la marque et l'on perce à 3mm comme en **11**. Si le trou est parfaitement centré, on réalèse avec un foret de ϕ 3,3mm. S'il est un peu décalé, on agrandi le juste ce qu'il faut avec une toute petite lime "en corrigeant le tir".

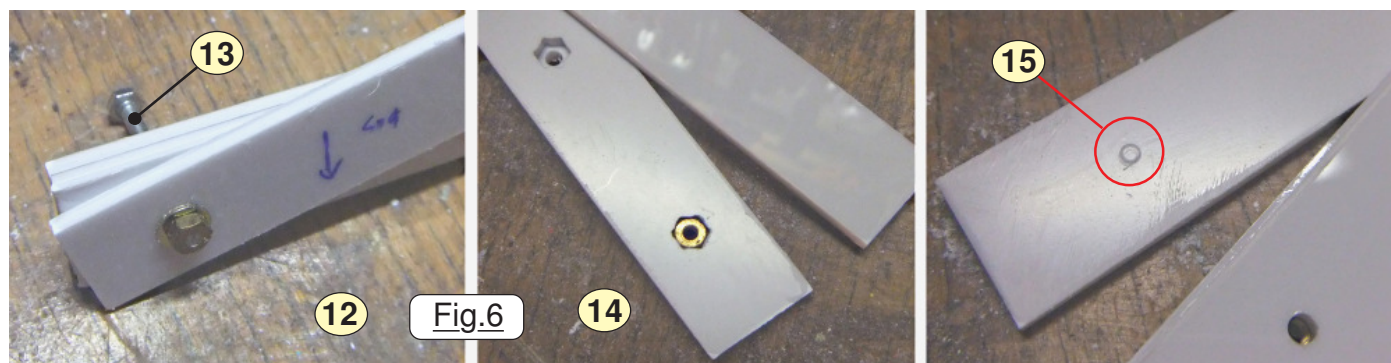


Fig.6

Nettement plus délicate, l'étape suivante qui comporte plusieurs phases consiste à préparer la contre plaque qui empêche les écrous de tomber. N'étant pas soumise aux efforts de serrage, on peut, si on en possède, se servir de plaque moins épaisses de 2 ou 3mm. Il faudra percer les trous pour qu'ils soient parfaitement coaxiaux avec les écrous prisonniers. La première phase en **12** de la Fig.6 consiste à percer l'un des trous d'extrémité, puis à serrer les trois plaques par un petit boulon **13**. Sa vis sera centrée en traversant l'écrou prisonnier. Puis, sur chaque face extérieure on a disposé une rondelle d'appui et un écrou. On serre les deux écrous externes pour solidariser les trois plaques bien alignées. En **14** on a écarté la contre plaque pour vous montrer que l'on a placé un écrou dans l'alvéole hexagonale. Plaques parfaitement alignées, on introduit dans cet écrou une vis et l'on force un peu pour qu'elle laisse en **15** une trace précise de sa position. On écarte les deux éléments, et l'on peut alors percer à 3,3mm exactement avec le bon entraxe. Quand les trois trous sont percés exactement où il faut, on place les écrous prisonniers et l'on colle la contre-plaque en veillant à ce que les trous coïncident exactement avec les écrous. Il est probable que la contre plaque sera un peu décalée par rapport aux deux autres pièces du longeron. Peu importe, un petit usinage final sur les surfaces périphériques et la poutre est parée pour son soudage sur le coffret.

Plusieurs impératifs devront être respectés lors du collage des deux longerons sur la face avant et la face arrière du boîtier. Il faudra les centrer proprement longitudinalement, critère d'autant plus facile à respecter que la longueur de ces éléments aura été calibrée pour que l'insertion se face à frottement doux. Il importe surtout de souder la tranche en s'assurant que la face supérieure

affleure rigoureusement l'arête du haut des deux faces du boîtier.

➤ Trois outils indispensables.

Outre les habituelles ressources de bricolage qui permettent de percer, limer, visser, trois individus doivent absolument faire partie intégrante de vos ustensiles. Ces "nominés" sont à mon avis absolument incontournables pour un amateur qui consacrera une grande partie de ses loisirs à créer de ses mains une foule de petits dispositifs. Montré dans toute sa splendeur sur la Fig.7 le premier de ces nominés prend la forme d'un "tourne écrou" pour des boulons $\phi M3$. Il est absolument incontournable pour aller serrer un écrou sur un module placé tout au fond d'un coffret bien dans le coin. Aucune clef plate ni clef à pipe ne pourra manœuvrer l'élément rebelle. Hors, l'étude matérielle du prototype tient compte de la disponibilité d'un tel ustensile. STOP ! Avant de foncer au magasin attendez d'avoir la liste complète !



Fig.7

Les deux soldats qui suivent sont dédiés à la réalisation précise des trous circulaires. En premier on peut citer la queue de rat, c'est à dire une lime conique de petit diamètre. Présentée sur la Fig.8 la mienne est légèrement tordue, ce qui prouve que cette petite merveille de précision n'est pas du tout



Fig.8

adaptée pour forcer inconsidérément lors d'un usage pour lequel elle n'a jamais été prévue. Conçue pour usiner du métal, elle s'encrasse relativement vite quand on ajuste un orifice sur une pièce en polystyrène choc. Il faut régulièrement la carder. Le faible angle du cône en fait un outil de grande précision particulièrement précieux.

L'alésoir de la Fig.9 est probablement le plus couteux des trois compères. Quel qu'en soit le tarif annoncé sur l'étagère de la boutique, faites-en l'acquisition. C'est assurément l'allié totalement indispensable qui accompagnera vos heures de loisir durant toute votre vie de bricoleur invétéré. Franchement ça vaut le coup de cesser de fumer pendant deux mois pour économiser le financement de cette merveille. L'investissement consenti lors de l'achat sera très très très compensé par la précision obtenue avec cet alésoir quand vous chercherez à ouvrir des orifices circulaires avec des diamètres vraiment précis. Hors c'est indispensable pour réaliser les façades de nos coffrets électroniques. Les inverseurs, potentiomètres et autres LEDs doivent traverser les plaques "en sifflant". Quand aux boutons poussoir des claviers, un jeu minimal de passage sera le garant d'une esthétique soignée. L'angle d'ouverture très faible α de cet outil autorise sur la réalisation des trous, facilement des précisions de l'ordre du dixième de millimètre. Son faible diamètre d'amorçage autorise le travail à partir d'orifices aussi petits que des trous de 3mm de diamètre.

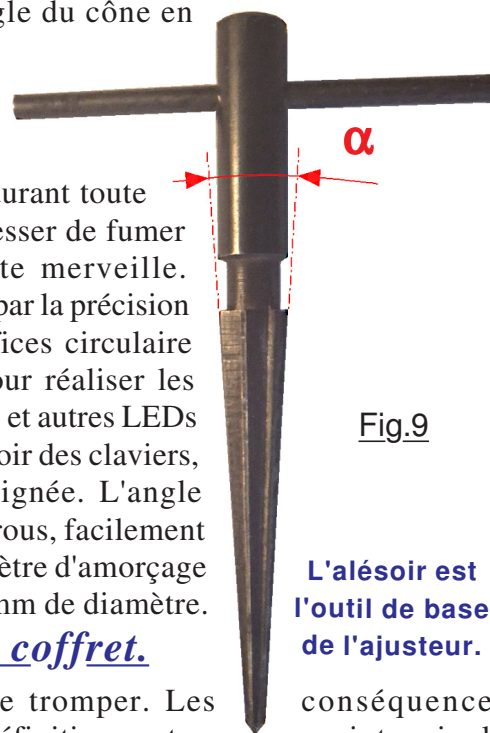


Fig.9

L'alésoir est l'outil de base de l'ajusteur.

3) Préparation des éléments, et assemblage du coffret.

Concevoir, c'est obligatoirement prendre le risque de se tromper. Les conséquences d'une erreur commise et détectée trop tard peuvent enliser définitivement un projet si la déconvenue s'avère trop brutale. Je n'insisterai jamais assez sur la **nécessité impérieuse de bien penser le projet avant de commencer à concrétiser**. Ne pas se précipiter sous l'influence incidieuse de l'enthousiasme, prendre le temps pour analyser tous les aspects importants et en particulier :

- Une belle boîte, esthétique et proportionnée dans ses formes.
- Encombrement optimisé pour des raisons évidentes de commodité d'usage.
- Disposer les prises, les douilles, les fusibles pour l'aspect visuel, sans toutefois oublier la qualité opérationnelle qui sera directement fonction de leur répartition sur la périphérie du coffret.
- Pouvoir facilement intégrer, et plus tard en maintenance déposer, n'importe quel élément.
- Prévoir une distribution interne qui facilitera le câblage et les soudures.
- Passer impérativement en revue l'intégralité de ces aspects par des **vérifications sérieuses effectuées sur des dessins réalisés proprement et à l'échelle unitaire. PRIMORDIAL !**