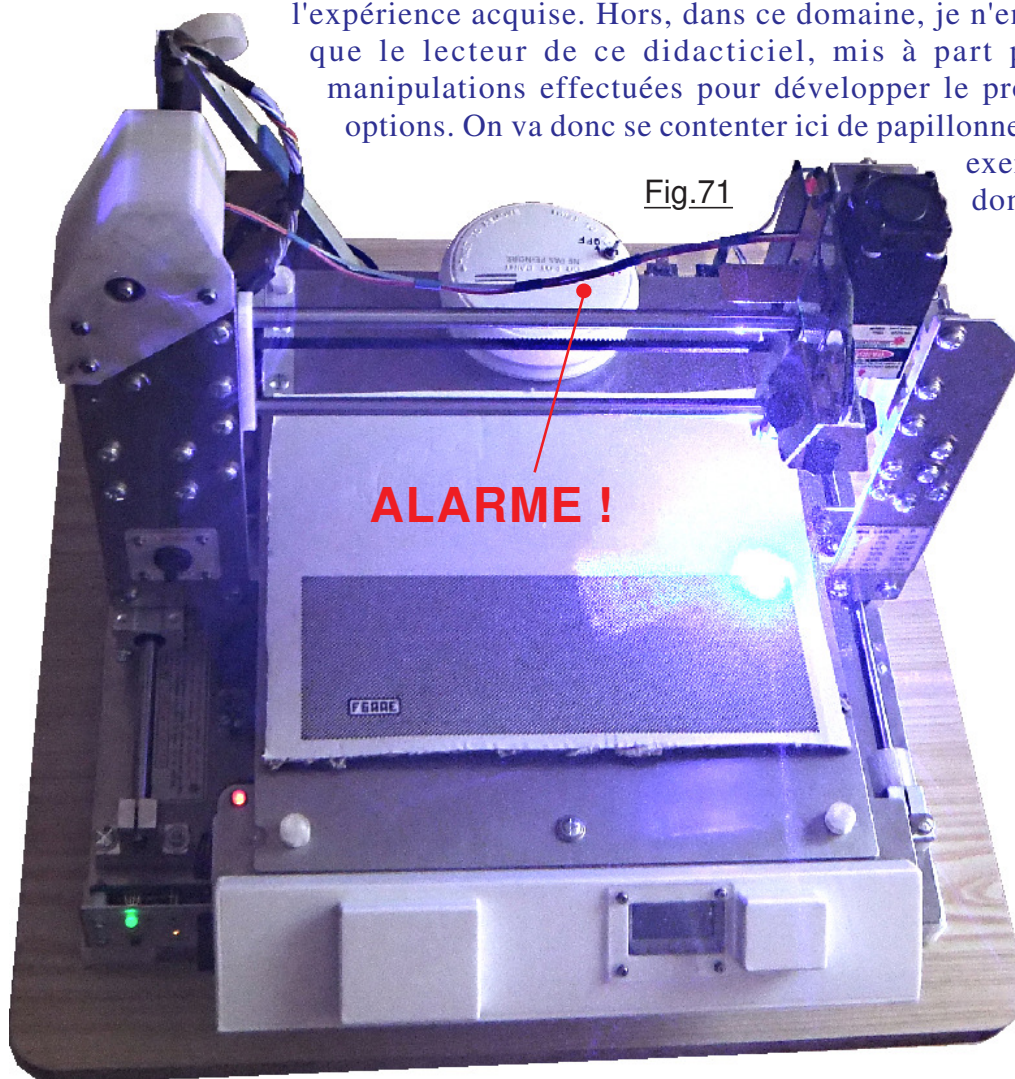


Utilisation de la petite PYROGRAVEUSE à LASER de puissance.

Par Nulentout : Mardi 14 Juillet 2020.


Illusoire serait une tentative d'expliciter l'intégralité des champs d'application qui s'offrent quand on possède une telle machine. Comme il est possible de lui soumettre une infinité de matériaux, sans compter les objets sur lesquels on désire imposer une empreinte, la combinatoire des possibilités confine à l'infini. On se doute que les résultats qui seront obtenus seront directement fonction de l'expérience acquise. Hors, dans ce domaine, je n'en dispose pas vraiment plus que le lecteur de ce didacticiel, mis à part peut être les nombreuses manipulations effectuées pour développer le projet et en valider certaines options. On va donc se contenter ici de papillonner un peu et balayer quelques exemples "séduisant" pour vous donner envie ... de continuer.

Fig.71



*Ce document
constitue la suite
de Réaliser la
pyrograveuse.pdf
raison pour laquelle
il y a continuité
dans la
numérotation des
figures et des
chapitres.*

**Zavez-vu ?
Elle est servie sur un
plateau la pyrotruc !**

Pour celles et ceux qui veulent
confier "une bouteille à la mer" : 

michel.droui@laposte.net

**Bonjour les Ami(e)s. Pour information, je suis une
malicieuse petite salamandre : L'avatar de Nulentout depuis qu'il
a dix ans, car à cette époque, il avait été émerveillé par ces magnifiques batraciens
lors d'un séjour dans les Landes. Depuis, ce petit LOGO est sa représentante, son
ambassadrice, sa signature. Aussi, en filigrane je me glisse insidieusement
un peu partout et principalement dans des "vilaines"
pages ne contenant que du texte ...**



☠ Que ce soit pour des raisons mécaniques, électronique ou informatique, l'arrêt des mouvements alors que le LASER est à pleine puissance n'est jamais totalement exclu. C'est la raison pour laquelle **ON NE LAISSE JAMAIS UNE PYROGRAVEUSE EN SERVICE SANS LA SURVEILLER**. Toute personne dans le local doit porter des lunettes de protection contre le faisceau du LASER qui équipe la machine. Si on va dans une pièce voisine, un détecteur d'incendie est **OBLIGATOIRE** ! ☠

36) Les premier pas avec notre nouvelle machine.

Exploiter un appareil quel qu'il soit suppose de son utilisateur un "savoir faire" minimal non seulement pour l'usage banal de son bien, mais également des compétences techniques particulières pour en tirer le meilleur parti. Dans un premier temps nous allons nous faire plaisir par des manipulations élémentaires. Puis on creusera un peu plus le sujet plus avant. On suppose ici que la machine est pleinement opérationnelle et que tous les tests de validation sont achevés.

On se remémore un peu les informations données dans l'encadré situé en haut de la page 36 du document [Réaliser la pyrograveuse.pdf](#), puis vous préparez une carte **SD** au formatage FAT32.

Dans le dossier **<Fichier de test machine>** il y a des images géométriques pour "calibrer" les déplacements, mais nous aborderons cet aspect plus avant, je crois que vous devez avoir envie de faire quelques dessins pour le plaisir. Aussi, dans le répertoire **<Quelques images>** se trouvent des fichiers que vous copiez sur la carte **SD**. Puis c'est parti pour faire fumer du bois et du carton ! Commençons sur du carton par exemple, avec **Img0**. C'est une image en trois dégradés de gris comme vous pouvez le vérifier avec **Img0.jpg** également rangée dans **<Quelques images>**.



Dans le menu **OPTIONS** imposez une puissance LASER de **40%** et laissez la temporisation à **0,01s**. Initialement le contraste était un peu plus élevé. Pour les paramètres précédents on a obtenu le résultat de la Fig.72 sur lequel les tâches du petit animal sont invisibles. L'image a donc été assombrie telle qu'elle vous est fournie. Bien que relativement sombre, comme on peut le constater sur la Fig.73, le gris pas vraiment clair du corps de la salamandre ne provoque aucune trace. Vous constaterez assez rapidement que le plus délicat en pyrogravure, c'est d'obtenir des dégradés de gris. Il faut jouer sur tous les paramètres disponibles. L'image originale doit rester globalement assez sombre. Puis dans le logiciel **LaserGRBL** on affinera les ajustements. Enfin, sur la machine il sera possible de modifier à convenance la temporisation et le pourcentage du LASER. On en déduit que la

combinatoire possible est vraiment riche, et l'on se doute qu'il faudra pas mal de temps pour acquérir suffisamment d'expérience et

Fig.73

Ben Môa môa, je sais que c'est interdit de fumer dans un local ou ya du public même si les gens ils zont des biglochtronic vertes !



tirer des conclusions. Vous pouvez préparer plein plein de cartons de toutes sortes, car tout changement de matériau impose de modifier les divers paramètres. Une fois de plus c'est la pratique qui conduira à l'efficacité ... rien de bien original en l'occurrence. On peut déjà affirmer que les surfaces qui n'absorbent pas la lumière bleue du LASER ou qui sont réfléchissantes, même à 100% ne sont pas "attaquées" en vitesse rapide. Par exemple du papier blanc surtout s'il est brillant impose beaucoup d'énergie.

Dans le menu **PYROGRAVURE** on indexe **Img0** et avec **Y- ↓** on vérifie que c'est la bonne image. Puis avec **Y+ ↑** on sort, on réitère la commande pour déclencher la gravure. Quand le LASER s'allume, on positionne la cible en carton et, après avoir chaussé les lunettes de protection on active le travail de la machine avec **Y+ ↑**. La magie opère et lentement le dessin se trace, ce qui prend au total 24min. Testons maintenant sur du bois qui absorbe facilement l'énergie. Pour ma part j'effectue mes essais préliminaires sur du matériau de récupération comme on en trouve facilement sur certaines cagettes commerciales maraichères. On en démonte les cotés et le fond et nous

sommes riches d'une quantité considérable d'échantillons pour nous faire la main. Pour notre deuxième expérience "bucolique" nous allons apprendre sur du bois. Dans le menu **OPTIONS** on indique **40%** et **0,01s**, puis dans l'écran de **PYROGRAVURE** on indexe **Img1**, ça devient de la routine. Enfin avec **Y- ↓** on vérifie que c'est la bonne image et on déclenche la pyrogravure comme précédemment. Sept minutes plus tard on obtient le résultat de la Fig.74 réalisée sur une plaque de bois un peu fendue. Dans le médaillon on constate une sorte de "granulométrie", le tracé n'est pas assez foncé.

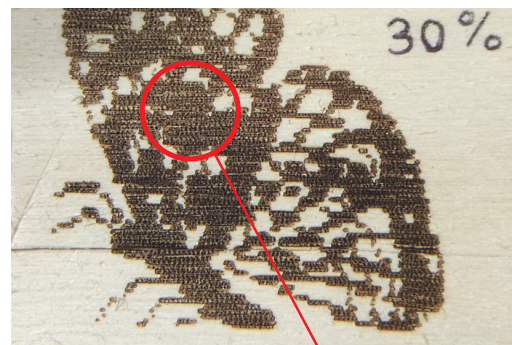


Fig.74

Aussi, pour effectuer une tentative sur une plaquette du commerce de 2mm d'épaisseur on augmente la puissance à **40%** et l'on relance le processus. Sur la photographie de la Fig.75 les deux échantillons ont été placés côte à côte et photographiés simultanément pour bénéficier d'un éclairage identique. On peut vérifier que 10% de plus en **A** peut engendrer une différence significative par rapport à l'essai en **B**. Encore qu'il faut relativiser, car les deux gravures ne sont pas effectuées sur un bois identique, avec pour corolaire : Il faudra forcément effectuer des essais, sauf si on approvisionne un lot de plaquettes toutes identiques, ce n'est plus

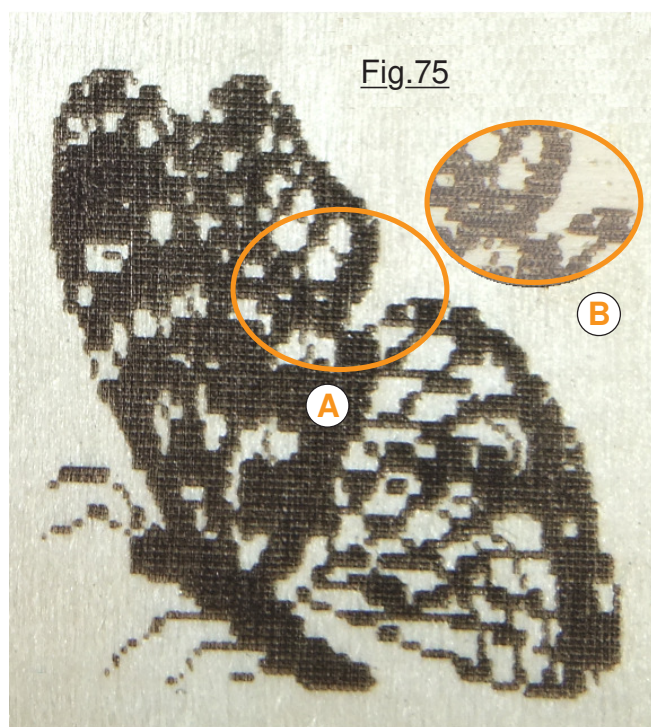


Fig.75

alors le même tarif. Notez au passage que le dessin du papillon est binaire, car constitué uniquement de PIXELs noirs et de blancs. Du coup, dans le fichier **gco** le pourcentage du LASER est soit zéro, soit 100% pour l'intégralité des déplacements.

Autre matériaux de récupération de choix, les petits disques en bois peu épais que l'on trouve pour rigidifier le dessous de denrées culinaires comme certains fromages par exemple. Ils sont idéaux pour faire des dessous de bouteille, des médailles pour une petite compétition sportive comme en Fig.76, et une foule d'autres applications toutes aussi conviviales. Il est également possible de tronçonner en faible épaisseur une branche d'arbre etc. On commence par réaliser un dessin circulaire dont le diamètre extérieur est un peu inférieur à celui de l'échantillon à graver. Puis, forts de notre expérience on amorce un processus de gravure. C'est là que l'on rencontre une réelle difficulté. En effet, sur l'image compilée par

LaserGRBL l'origine est toujours située en bas et à gauche d'un rectangle qui englobe le dessin. Du coup, le LASER se positionne hors de notre disque, et l'on a un mal fou à le positionner. C'est précisément pour cette raison qu'en Fig.50 de la page 19 du document **PLAN.pdf** on trouve une grille d'aide au centrage.

Utiliser cet accessoire devient élémentaire si l'origine image a été bien choisie lors de la compilation du fichier de type **gco**. *C'est à dire que pour positionner correctement la grille sur le plateau de la machine cette dernière ne déborde pas de la zone libre de tous passage des montants verticaux du chariot Y'Y.*

La technique est la suivante : On commence par mesurer le diamètre extérieur de la cible. Puis sur la grille de centrage on recherche en **2** (Voir la Fig.77) le cercle de diamètre identique ou immédiatement supérieur tel que **4**. **Sur le cercle associé au carré** on place la cible en **3** bien centrée. Sur l'écran OLED on indexe l'image désirée, on vérifie son identité et l'on

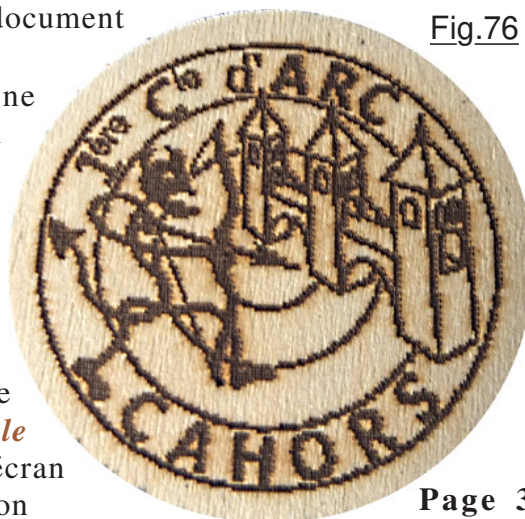


Fig.76

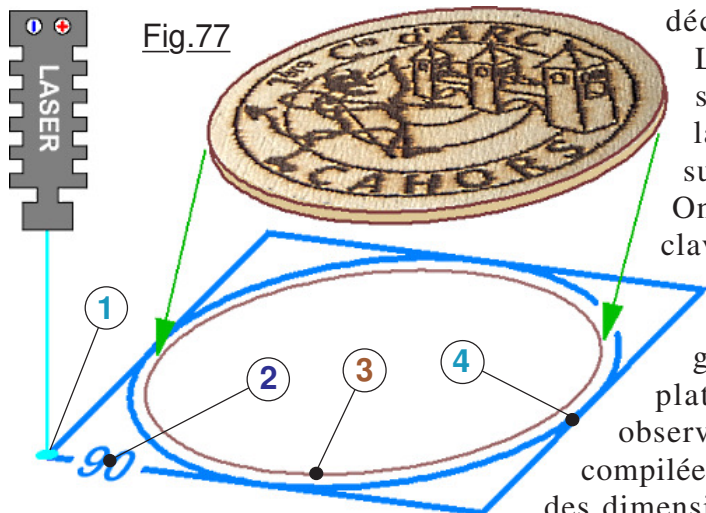


Fig.77

déclenche le processus de pyrogravure. Quand le LASER est en position d'attente pour focalisation sur l'*Origine Image*, on fait glisser la grille, donc la cible, pour placer correctement le faisceau en 1 sur l'angle inférieur gauche du carré de référence. On valide alors la gravure avec la touche **Y+ ↑** du clavier à cinq touches. La photographie [Image6.JPG](#) dans **<Pyrograver>** de la **<Galerie d'images>** illustre cette manipulation. Sur [Image7.JPG](#) la grille de centrage occupe la position idéale sur le plateau, en étant relativement bien "centrée". On observe facilement que dans ce cas l'Origine de l'Image compilée doit avoir des coordonnées spécifiques en fonction des dimensions du disque cible. (*Repérages violets.*) Aussi,

pour faciliter grandement les manipulations à effectuer par l'opérateur nous avons deux outils :

- Donné ci-contre un tableau de références des *Origines Image* à imposer au logiciel **LaserGRBL.exe** en fonction des dimensions de l'*Image*.
- Prévoir sur le plateau de la machine un jalon sous la forme de l'amorce d'un trou qui indique la position exacte du point de coordonnées 10mm sur l'axe transversal X'X et 10mm sur l'axe de "hauteur" Y'Y. ([Image9.JPG](#)) Sur [Image8.JPG](#) on peut évaluer la position du coin inférieur gauche de la grille, par rapport à l'Origine Image de la machine repérée en jaune.

➤ Deux jalons sur le plateau de la machine.

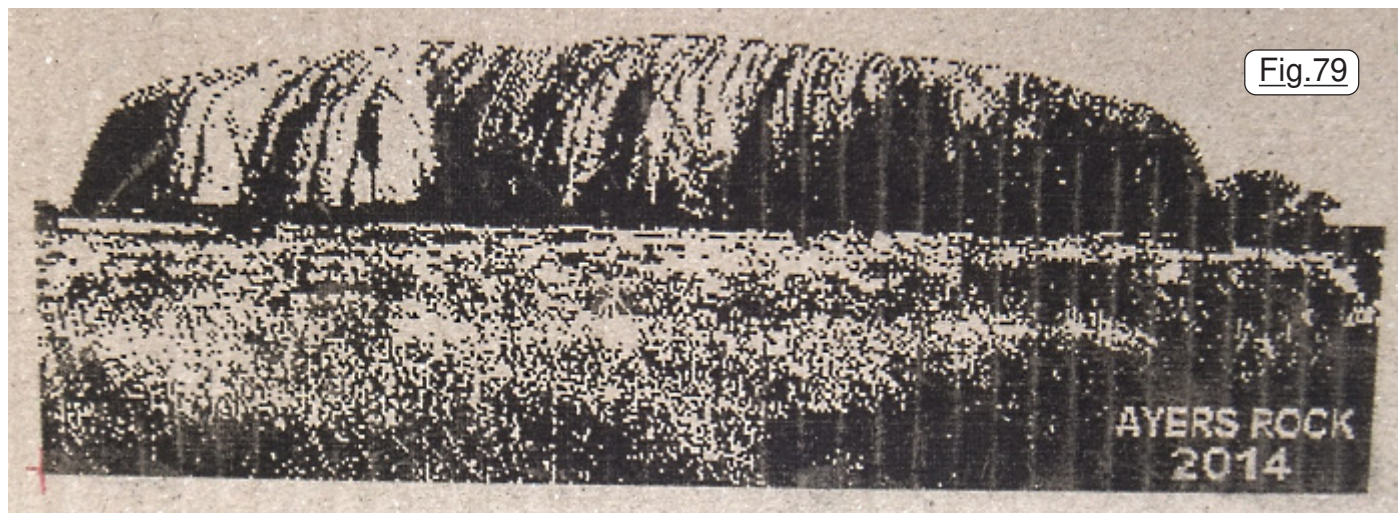
Marquant la surface du plateau de la machine par deux petites traces circulaires percées, l'une pour situer l'origine machine, l'autre pour définir la position de la grande grille facilitera considérablement les opérations de pyrogravure. Ce ne sont que des amorces de trou juste pour créer un repère visuel qui ne s'effacera pas. Pour le premier, celui pour la grille, je me suis contenté de percer directement sur la diagonale de la grille cette dernière étant immobilisée avec précision sur le plateau. ([Image7.JPG](#)) Puis j'ai tracé le repère de l'*Origines Image* de la machine et j'ai immobilisé la petite cible d'[Image10.JPG](#) en papier crépon sur laquelle en **Mode MANUEL** la position exacte a été "grillée". Le point recherché correspondant avec celui tracé manuellement, un deuxième perçage a été opéré en pointant directement sur la croisée des traits pyrogravés.

Références Origine		
φ Image	X	Y
200	10	10
190	15	15
180	20	20
170	25	25
160	30	30
150	35	35
140	40	40
130	45	45
120	50	50
110	55	55
100	60	60
90	65	65
80	70	70
70	75	75
60	80	80
50	85	85
40	90	90

Impossible de ne pas le trouver dans tous les catalogues des agences de voyage, AYERS ROCK reste un lieu absolument magique, et pouvoir aller l'admirer sur place est un privilège incontestable. Ayant bénéficié d'une telle opportunité, j'en ai ramené la photographie souvenir d'un



Fig.78



coucher de soleil sur ce beau rocher proposée en Fig.78 qui va nous servir pour générer une image un peu grande à soumettre à la pyrograveuse. Transposée en une image noir et blanc au format **bmp** cette photographie est compilée dans le fichier [Img3.gco](#) qui comporte 11766 lignes et va demander 1H 42min pour être pyrogravée. Le résultat sur la Fig.79 est à comparer avec la photographie initiale en couleur. Avouez que pour une œuvre d'art réalisée sur du vulgaire carton cellulaire, le résultat n'est pas si mal que ça. Sur la photographie du résultat obtenu, vous pouvez observer des traces verticales plus claires. Rien à voir avec un défaut de gravure, l'intégralité des PIXELs foncés était bien noire. Il faut savoir que si la cible est en bois, la pyrogravure "évapore" dans l'air ambiant de minuscules particules qui se déposent dans l'environnement immédiat de la machine, il faudra des balayer régulièrement ! *Sur du carton*, La surface est constituée d'une couche extrêmement fine de suie. En passant le doigt on l'étale, un peu comme une peinture qui ne serait pas sèche. Assi, si vous désirez conserver des gravures sur carton, *il faudra* les *pérenniser avec un fixateur* quelconque que l'on trouvera dans une boutique de loisir d'encadrement de tableaux par exemple.



Fig.80

➤ De la couleur vers le noir et blanc.

Avec l'expérimentation de ce chapitre, nous allons adopter la "force brute", c'est à dire passer de la belle image couleur **A** de la Fig.80 à la métamorphose binaire de la version **B**. Pour graver dans ces conditions on va devoir effectuer toutes les étapes qui à partir d'une image initiale polychrome permettent d'arriver à un fichier compilé qui sera ensuite soumis à la machine. Dans le dossier *<Quelques images>* se trouve [Img4.bmp](#) en couleur prévu pour effectuer ces manipulations. Cette photographie n'est pas vraiment fabuleuse, et j'avoue que la paresse m'interdit de pousser plus avant mes recherches pour en sélectionner une autre. Étant "propriétaire" de cette photographie, il m'est possible d'en user librement sur Internet, d'où ce choix. La première manipulation consiste à transposer le dessin en un fichier BMP de type NOIR et BLANC. Pour ma part, l'un des outils les plus simple que j'utilise dans ce but et qui se trouve sur tous les ordinateurs est **PAINT.exe** qui est assez poussiéreux mais largement suffisant pour ça. On active cet exécutable et l'on charge l'image couleur. On déclenche alors la commande **Fichier > Enregistrer sous ...** et on donne un nouveau nom au dessin, par exemple [Img4NB.bmp](#) et

surtout, dans **Type** on précise que le format sera **Bitmap monochrome**. Quand on clique sur **Enregistrer**, le logiciel nous avertit que l'on va perdre des informations de couleur ... on s'en doutait un tantinet. On accepte en cliquant sur le bouton **OUI** et immédiatement l'image visualisée est transformée. Éventuellement on "surcharge" les aussières qui sont devenues invisibles et l'on quitte en sauvegardant. Si vous le désirez, vous disposez dans le dossier **<Quelques images>** la correction de cet exercice élémentaire. Maintenant que l'image a été transformée en PIXELs binaires, il nous reste à la transformer en une liste de déplacements coordonnés avec **Pourcentage** 100% ou **LASER** éteint, donc un fichier de type **gco**. Dans ce but nous invoquons **LaserGRBL** que j'utilise dans ce but. Bien entendu il existe bien d'autres logiciels, et si vous les connaissez c'est que vous savez faire. Dans ce cas ne perdez pas votre temps et sautez au chapitre suivant. On commence tout naturellement par charger **Img4NB.bmp** avec la commande idoine. J'imagine que vous avez en main les deux fiches nommées **Utiliser LASER GRBL v3.0.4**, ça ne peut pas faire de mal !

Cochons la case **NB**, luminosité et contraste à 100 comme indiqué sur la fiche, puis **Suivant**. Pour cette essai nous conservons l'origine image en zéro sur X'X et zéro sur Y'Y. Le logiciel annonce une image de 84mm par 63mm ce qui correspond aux indications trouvées dans **PAINT**. On clique sur **Créer** et l'on obtient à l'écran un aperçu du balayage. Nous enregistrons ce résultat avec **Fichier > Sauver le programme**, on précise le nom du fichier **Img4 sans indiquer le type** et on clique sur **Enregistrer**. Dans l'explorateur on renomme **Img4.nc** en **Img4.gco** et avec le petit logiciel **Bloc notes.exe** on ajoute les deux premières lignes de commentaire :



; Img4 HERMIONE.
; 3473 lignes.

Pour savoir quelle est la **taille** du fichier, dans **Affichage** on coche **Barre d'état**. On indexe la dernière ligne tout en bas et la valeur est indiquée dans **Ln 3473, Col 1**.

On recopie enfin **Img4.gco** sur une carte **SD** correctement formatée et l'on réanime la machine. Considérons **Image12.JPG** qui est rangée dans **<Pyrograver>** de **<Galerie d'images>**. L'échantillon placé sur le plateau de la machine est un vulgaire carton d'emballage peint en blanc. Une première tentative à 30% s'est avérée totalement inutile, car le blanc n'absorbe pas la lumière, aucune ligne n'était tracée. Qu'à cela ne tienne, essai suivant à 80% toujours en vitesse rapide avec **Délai 0.01s** : **Pulvérisé le carton** ! On constate sur **Image13.JPG** que les zones noires ont carrément creusé la surface. La dernière couche n'a pas été attaquée, il s'en fallait de peu. Aussi, **quand la cible est blanche, des essais seront indispensables pour déterminer les bons paramètres**.

➤ De la couleur vers les dégradés de gris.

Nettement plus beaux que les pyrogravures binaires, les travaux en dégradés de gris sont également de loin plus délicats à paramétrer. C'est tout à fait possible, comme vous pouvez le voir avec **Img9.JPG**, (*Que l'on traitera en dernier à titre d'expérimentation supplémentaire.*) mais également bien plus technique. Seule une bonne expérience nous permettra d'aboutir avec certitude. Aussi, il me semble judicieux de vous conseiller lorsque vous manipulez, de toujours noter l'intégralité des paramètres utilisés quand un travail est réussi : **Pourcentage** sur le **LASER**, valeur de **Délai**, paramètre sur **LaserGRBL.exe** type de matériau de la cible etc. Pour aborder les manipulations à effectuer, et pouvoir comparer avec l'expérimentation précédente, nous allons partir



Fig.81

de la même image, celle de la Fig.80 en **A** qu'il convient de transposer en niveaux de gris comme c'est le cas sur la Fig.81 dont vous pouvez visionner le fichier **Img4grise.JPG** dans le dossier **<Quelques images>**. Pour passer d'une image en couleur à une épreuve en niveaux de gris j'utilise **Paint.NET v3.5.11** une merveille que l'on trouve gratuitement sur la toile pour une libre utilisation. C'est un outil fabuleux qui apporte une foule de possibilités toutes aussi séduisantes les unes que les autres. Ayant réalisé l'image en tons de gris, et modifier un peu son contraste et sa luminosité, nous obtenons la source que l'on va

compiler en fichier **gco** comme actuellement nous savons le faire.

Pour cet exemple on ne détaillera pas la procédure de transposition,



nous réservons cette facette pour le dernier exemple que l'on abordera avec **Img9.JPG** car

ici on va s'appesantir sur l'encadrement. Sans avoir spécialement peaufiné les ajustements sur la machine, en s'étant contenté du **30%** et **0,01s** initialisés sur RESET on obtient le résultat que l'on peut observer sur **Image14.JPG** dans **<Pyrograver>**. Les dégradés de "gris" sont relativement peu marqués. Difficile de lire le nom du navire sur son tableau arrière, c'est parfaitement normal. Il faut bien se dire qu'avec une image d'aussi faible définition on obtient forcément un résultat grossier, et ce d'autant plus que la machine n'a qu'une précision de 0,5mm. On peut aussi regretter que cette image ne soit pas encadrée alors que c'est très facile à faire ... tant que l'éprouvette n'a pas été déplacée sur le plateau. *(Et encore, il suffit de la replacer exactement en position initiale.)*

Ben Môamôa Duchemole je ne peux pas l'encadrer !

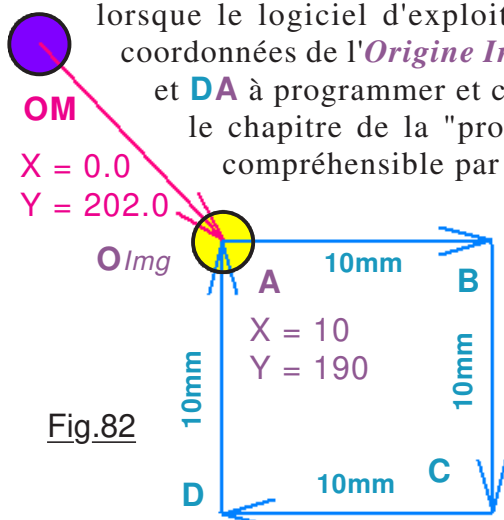


➤ Encadrer une image manuellement.

Avec le **Mode MANUEL** il est possible d'intervenir à tout moment sur la machine. Dans le principe la manipulation reste élémentaire et **Image15.JPG** illustre le propos. On focalise le LASER, encore qu'en principe s'est déjà fait, puis on déplace la position jusqu'à ce que les coordonnées affichées correspondent à celles de l'**Origine** de l'**Image**. Pour déplacer rapidement on débute avec des pas de 10mm, puis arrivé sur zone avec le codeur rotatif  on affine par des déplacements de 0,5mm. Quand la position du LASER correspond à l'origine de l'image on revient à des pas de 10mm puis avec la touche noire on valide le LASER. Lunettes spéciales sur le NEZ, par des déplacements de 10mm successifs on va vers l'arrière de la machine. Puis, quand un pas de plus engendrerait un dépassement sur l'image, on coupe le LASER avec la touche noire et on revient en 0,5mm pour terminer le coté "vertical" gauche. On valide à nouveau le LASER et on encadre jusqu'à l'angle de l'image. Puis, pour faire le coté "horizontal" on doit repasser en déplacements important ce qui oblige à jongler en permanence avec le clavier et le codeur rotatif  . Débutant l'encadrement au point repéré en vert par surcharge sur **Image15.JPG** on effectue ainsi tout le tour par le cheminement symbolisé par les flèches jaunes. Petit détail scabreux : Arrivé à l'angle inférieur droit il n'y a pas d'image tracée pour se repérer. Résultat : Le virage a été effectué 0,5mm trop tôt, c'est un loupé ! Si j'avais été plus attentif sur l'affichage des coordonnées sur OLED l'erreur n'aurait certainement pas été commise, encore qu'après coup c'est facile à dire. Bref, on peut faire mieux ... objet du chapitre qui suit.

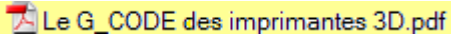
37) Créer des images directement en gcode.

Vous avez bien lu, mais pas de panique, vous allez constater que si l'on veut programmer des gravures simples, l'opération n'a strictement rien de sorcier, c'est encore plus élémentaire que de programmer un GPS. On reste RELAX et on passe à l'action en choisissant comme super projet le petit pavé de la Fig.82 qui consiste à tracer un carré de 10mm x 10mm pas trop décalé de l'Origine machine pour que la gravure soit rapide. Il est clair que dans ce type de programmation nous allons utiliser les déplacements vectoriels, ils sont prévus dans ce but. Sur le petit dessin, **OM** signifie **O**rigine **M**achine, et **Oimg** est relatif à **O**rigine **I**mage. Inutile d'indiquer à la machine les coordonnées du point **OM**, dès que le processus de gravure est engagé, la première action sera précisément d'y placer le LASER. Puis, le déplacement jusqu'à **Oimg** va s'enchaîner automatiquement lorsque le logiciel d'exploitation de la pyrogravure aura trouvé dans le fichier **gco** les coordonnées de l'**Origine Image**. Il n'y aura donc que les quatre déplacements **AB**, **BC**, **CD** et **DA** à programmer et ce sera assurément du gâteau. Toutefois, puisque nous abordons le chapitre de la "programmation machine", c'est à dire le plus proche du langage compréhensible par le matériel, je vous propose une petite leçon sur le **pilotage en**



langage gco, après cet exercice il deviendra "insipide" pour vous de compléter le fichier de l'HERMIONE pour y ajouter un encadrement précis. Piloter la machine en manuel depuis le clavier de l'ordinateur impose d'établir un dialogue entre Arduino et le **Moniteur** de l'**IDE**. Comme la place disponible dans la mémoire de programme d'Arduino n'était pas suffisante pour ajouter cette fonction au **Menu de base**, un croquis spécial a été réalisé. Il faut donc le téléverser sur la carte Arduino NANO pour bénéficier de cet apprentissage.

► Piloter la machine en langage gco depuis l'ordinateur.

R apidos nous faisons une première révision par la lecture "en diagonale" du petit livret  ce qui suppose qu'il soit imprimé. Naturellement ce n'est pas obligatoire, mais comme il n'impose d'imprimer que trois feuilles Recto/Verso, franchement ce n'est pas le bout du monde. La pyrograveuse est plus simple qu'une imprimante 3D car il n'y a pas de déplacement vertical, du coup la codification sera plus simple, bien qu'elle s'apparente totalement à ce type de programmation. Commençons par réaliser la fiche de *Pilotage manuel par la ligne USB du moniteur* si ce n'est pas encore fait, ainsi que sa complice *Résumé des contraintes pour les fichiers gco*. (Les miennes sont plastifiées ...) On téléverse *P30_pilotage_par_USB.ino* sachant que dans cet exercice *on va se contenter dans un premier temps* de n'alimenter la machine qu'avec sa mini prise sans brancher le bloc secteur 12V. Au dos de la deuxième fiche on trouve les *Instructions gcode étendues* et vous demander de quoi il retourne est parfaitement légitime.

F ondatementalement, le *gcode* implique quelques instructions de base dont le petit livret à douze pages nous permet d'en situer globalement la philosophie. Chaque type de machine outil a ensuite développé des instructions spécifiques à ses particularités fonctionnelles. Par exemple, pour une fraiseuse, des instructions de température de tête d'extrusion ne seraient pas vraiment d'actualité. Nous considérerons que les instructions "standard" pour notre pyrograveuses seront celles qui sont générées par *LaserGRBL.exe* quand on compile une image en respectant les critères de la fiche nommée *Résumé des contraintes pour les fichiers gco* et qui sont résumées au bas de cette dernière.

C oder dans un langage quelconque, c'est avant tout bien assimiler ce que font chaque instructions de ce dernier, pour ensuite en faire une liste cohérente que nous nommons PROGRAMME. Dans tous les logiciels d'application on rencontre des incontournables, ce que l'on traduit par noyau. Dans notre cas, l'invariant à été repéré en rouge sur la Fig.83 qui présente une copie d'écran d'un exercice d'apprentissage typique. Les textes en bleu clair encadrent un programme, à condition de respecter la présence et la position des instructions obligatoires. *Les instructions de type M et repérées en vert sont des codes étendus spécifiques à notre machine* qui augmentent la souplesse d'utilisation. *En couleur jaune sont repérées les instructions "fortes", c'est à dire celles qui ont un effet direct sur la gravure* alors que **M0**, **M1** et **M2** ne sont que des commodités. Par exemple allumer l'écran automatiquement puis l'éteindre informe l'utilisateur de l'évolution du travail. On peut sur une gravure très longue y placer ainsi des jalons visuels d'avancement du travail. La PAUSE peut s'avérer utile dans certains cas. Par exemple une image est deux fois plus "haute" que les capacités de la machine. À moitié image vous ajoutez un déplacement à l'Origine Image dans le fichier, puis une pose. Vous remplacez la cible sur le plateau et relancez le processus. En fonctionnement normal, on doit préciser avec le mode **OPTIONS** les valeurs **Pourcentage** et **Délai** qui conviennent à l'image que l'on va graver. Si l'on envisage du travail répétitif, par exemple on doit assez régulièrement

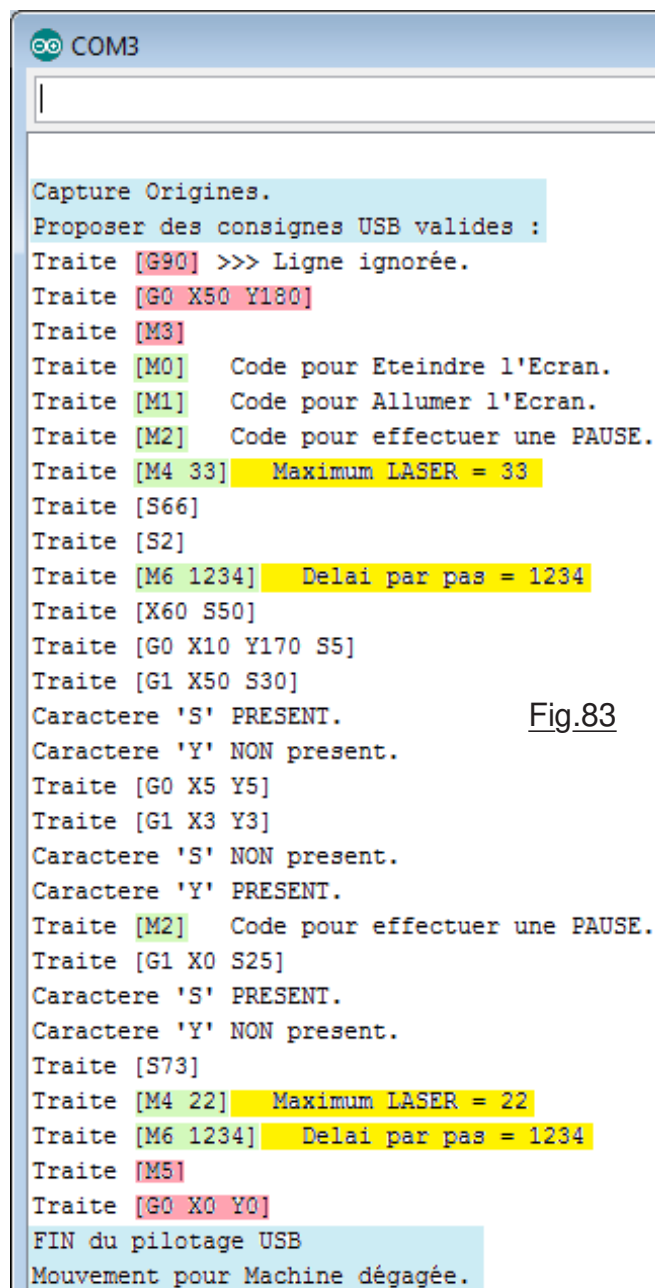


Fig.83

pyrograver des petites étiquettes d'indication ou de placement à la table d'une réunion de famille, et que ces dernières sont tracées sur des plaquettes de bois identiques du commerce. Ne pas avoir à définir les deux paramètres à chaque fois sera une commodité appréciable. Les instructions **M4** et **M6** sont prioritaires sur les paramètres par défaut du programme d'exploitation, et placées en tête du programme image conditionnent l'activité de la machine sans plus avoir à s'en soucier.

➤ On apprend à programmer la pyrograveuse en gcode.

Vous avez parfaitement compris que le **gcode** est un langage "universel" mais que chaque machine parle son patois local. L'aspect "universel" réside dans la structure tellement élémentaire, que globalement on ne rencontrera que :

- Une ligne qui commence par ';' ignorée par la machine. (*Commentaire pour le programmeur.*)
- Une ligne vide sans effet. (*Créer des séparations visuelles dans le listage pour le programmeur.*)
- Une ligne qui commence par 'G' engendrant des déplacements. (*Suivie de paramètres.*)
- Une ligne qui commence par 'M' sans action directe, mais donne des consignes à la machine.


C'est tout, il ne reste plus qu'à faire la différence entre **G0** et **G1** et assimiler les diverses "options" pouvant accompagner ces deux lettres génériques. Action :

- 1) Débranchez la machine du secteur,
- 2) Reliez la mini prise de la carte Arduino NANO à une prise USB de l'ordinateur,
- 3) Démarrer l'éditeur de l'**IDE** et chargez **P30_pilotage_par_USB.ino** dans ce dernier,
- 4) Téléversez ce croquis sur l'ATmega328 et en haut à gauche activez le **Moniteur série** avec pour effet immédiat un écran sur l'afficheur OLED qui dans le menu de base pointe > **Moniteur USB**,
- 5) Vérifiez que dans la fenêtre contextuelle du Moniteur il y a bien la valeur de **115200 baud**,
- 6) Déclencher le dialogue avec le B.P. central du **C.I.** qui engage sur la machine une capture d'origine. Faire croire que les chariots sont correctement déplacés : La machine étant en configuration dégagée, masquer un court instant le capteur X'X avec un morceau de carton opaque puis faire de même sur Y'Y. L'écran OLED précise les coordonnées de l'**Origine Machine**, **X = 0.0** et **Y = 202.0** et le Moniteur demande de **Proposer des consignes USB valides**,
- 7) Imposez dans l'ordre et avec rigueur les instructions de la Fig.84 qui correspondent à la structure donnée en exemple en bas de la fiche **Résumé des contraintes pour les fichiers gco**, toutefois avec des valeurs numériques plausibles pour les coordonnées de déplacement.

Le but de l'exercice consiste à tester les diverses commandes pour s'imprégner de leur actions. Fiches concernées en main proposez à la machine des codes valides et observez le comportement de la machine.

Lorsque "globalement vous saurez programmer", brancher l'alimentation secteur, passez l'inverseur **LASER** sur Coupé et testez à nouveau avec la motorisation active. Ensuite il sera intéressant de remettre le **LASER** en énergie, de placer une cible sur le plateau, et les lunette de protection sur le visage, puis de tenter de tracer quelques figures élémentaires.

G90
G0 X25 Y190
M3
S0 Fig.84
F1000
X20.5 S30
G0 X30.5 Y185.5
S0
G1 X40 S20
M5
G0 X0 Y0

 **ATTENTION** : L'analyseur syntaxique ne vérifie pas la cohérence d'une ligne de code, mais uniquement la validité du premier caractère et les valeurs des coordonnées. Tout paramètre incorrect comme une lettre frappée en minuscule pourra bloquer la machine et obliger à effectuer un RESET. Aussi commencez par **verrouiller le clavier de l'ordinateur en mode MAJuscules**, ce qui évitera d'avoir à "shifter" et surtout évitera bien des erreurs.

➤ On conçoit notre premier programme.

Prétexte expérimental, le méga projet de la Fig.82 va devenir une réalité tangible. Dans ce tracé la position du point **OM** est définie par les caractéristiques de la machine. Comme on veut éviter de consommer trop de temps pour le déplacement initial et le retour en configuration dégagée, arbitrairement on choisit le point **A** qui correspondra à **OImg** aux coordonnées indiquées sur le dessin. Vu que l'on désire tracer un carré, on choisit sans critère objectif de tourner dans le sens horaire. Les coordonnées des points qui en résultent sont consignées dans le petit tableau situé en haut de la page 9 de ce document. Nous avons tous les éléments en main pour

rédigé notre tout premier programme. On va se contenter du strict minimum :

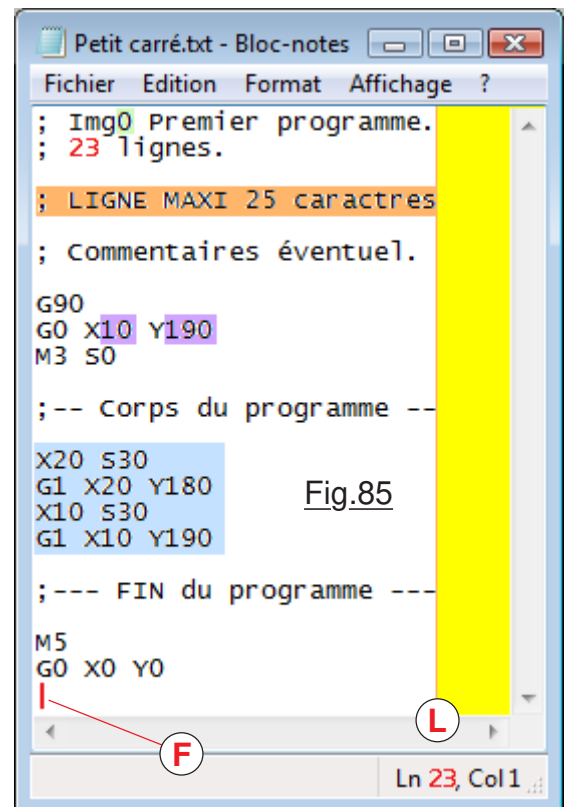
Pt	X	Y
A	10	190
B	20	190
C	20	180
D	10	180

- G90** (Instruction obligatoire pour l'analyser syntaxique.)
- G0 X10 Y190** (Instruction obligatoire pour l'Origine de l'Image.)
- M3** (Instruction obligatoire pour l'analyser syntaxique.)
- ① **X20 S30** (Comme **Y** ne change pas pour **B** on peut utiliser Xnn Snn.)
- ② **G1 X20 Y180** (Code étendu pour **C** car on veut changer **Y**.) (1)
- ③ **X10 S30** (Comme **Y** ne change pas pour **D** on peut utiliser Xnn Snn.)
- ④ **G1 X10 Y190** (Code étendu pour **A** car on veut changer **Y**.) (1)
- M5**
- G0 X0 Y0** (1) : Comme le pourcentage ne change pas inutile d'ajouter le paramètre S30.

Dans ce programme, la ligne ① fait passer au point **B** avec le LASER à 30%. Puis avec la ligne ② on trace le coté **BC**, suivi en ③ du bas **CD** et enfin en ④ retour en pyrogravant au point **A**. Ensuite, la fin du programme est détectée grâce aux deux dernières instructions **M5** et **G0**, la machine se replacera automatiquement en configuration "plateau dégagé". Pour pouvoir faire appel à **PYROGRAVURE** du **Menu de base**. Il faut restituer à la machine son programme d'exploitation. Aussi, exercez-vous un maximum avec le pilotage à partir du P.C. avant de quitter et de téléverser **P20_Programme_exploitation.ino** pour redonner à la petite machine son comportement normal.

➤ On rédige notre premier programme.

C oncevoir est une action purement virtuelle qui n'a d'existence que dans les interactions électriques des synapses de notre cerveau. Hors, nous devons soumettre à la machine une concrétisation matérielle de notre pensée sous la forme d'un fichier texte informatique dont l'attribut sera **gco**. N'importe quel traitement de texte fournissant des fichiers de type **txt** conviendra, et tout particulièrement ce vénérable **Bloc notes.exe** si simple d'usage. Aussi, pour ne pas avoir à toujours saisir au clavier des lignes et des lignes rabâchées, ouvrez le petit fichier utilitaire **Image NOYAU.txt** qui se trouve dans le dossier **<Fichier pour la carte SD>**. Il n'y a plus qu'à compléter le corps du programme ce qui donne la copie d'écran Fig.85 sur laquelle certaines informations sont mises en évidence par du coloriage. Les seules informations que vous aurez à ajouter sont celles situées entre les deux lignes de remarque définissant le corps du programme, c'est à dire les codes relatifs à l'image. Puis, en violet préciser la position du point de départ **OImg** des tracés dans la ligne **G0**. Si dans **Affichage** vous avez coché la case ☒ **Barre d'état** alors en plaçant le curseur à la fin du listage en **F** vous obtenez en **L** le nombre de lignes du fichier. Il suffit alors de reporter cette information **23** dans la deuxième ligne de remarque. Enfin, vous sauvegarderez par exemple directement sous un nom valide comme **Img0.gco**. (Fichier fourni.) Avant de sauvegarder vous précisez dans la première remarque en vert la référence. Programme sauvegardé, il ne reste plus qu'à le recopier sur une carte **SD** et le proposer à la machine. Dans le modèle, la ligne de remarque indiquée



; LIGNE MAXI 25 caractres (Dernier mot incomplet !) fait exactement 25 caractères pour avertir le programmeur qu'il ne faut jamais dépasser cette longueur pour les lignes de code. Du coup la verticale du dernier caractère **s** correspond à la limite à ne jamais franchir. La zone interdite est coloriée en jaune sur la copie d'écran. Notez que pour servir de "calibre", les deux lignes de remarques qui encadrent le **Corps du programme** font également 25 caractères de large. Cette limite est précisée dans l'encadré jaune de la fiche **Résumé des contraintes pour les fichiers gco** en précisant la sanction si vous dépassez cette valeur résulte de la façon dont sont traités les fichiers **gco** par le logiciel d'exploitation. Enfin notez aussi que **LOGICIEL.pdf** existe pour tout comprendre ...

➤ On encadre l'HERMIONE.

Arrivés à ce stade, le programme **P20_Programme_exploitation.ino** a été restitué sur la carte Arduino NANO, le langage **gco** pratiqué par notre pyrograveuse n'a plus de secret pour vous. Aussi, forts de toutes ces expérimentations nous allons modifier le fichier fourni par **LaserGRBL.exe** pour terminer la gravure par un encadrement extérieur de l'image. Du reste, si vous avez compris que les deux premières lignes de remarque servent à **P20** pour nous indiquer la nature de l'image et son temps d'analyse ou de gravage quand on utilise la touche **Y- ↓** dans le menu **FICHIERS** ou le menu **PYROGRAVURE**, et bien que ces informations soient purement formelles et strictement non obligatoires, *nous aurons toujours avantage à ajouter ces deux lignes sur un fichier fourni par LaserGRBL*. La première action à mener pour créer un encadrement consiste à déterminer les coordonnées des angles du rectangle à tracer. C'est enfantin car la compilation, quand on clique sur **Créer**, présente le balayage effectué comme montré sur la



Pt	X	Y
A	0	62
B	84	62
C	84	0
D	0	0

Fig.86 en délimitant le contour de ce dernier et en précisant les coordonnées de l'origine image et des limites sur 0X et sur 0Y. Le plus court chemin consiste à tracer le rectangle **ABCD** dont le petit tableau donne les coordonnées des divers points. La fin du fichier **Image5.gco** se terminera par :

C'est pourquoi que le cadre d'un vélopiède il n'est pas rectangulaire ?

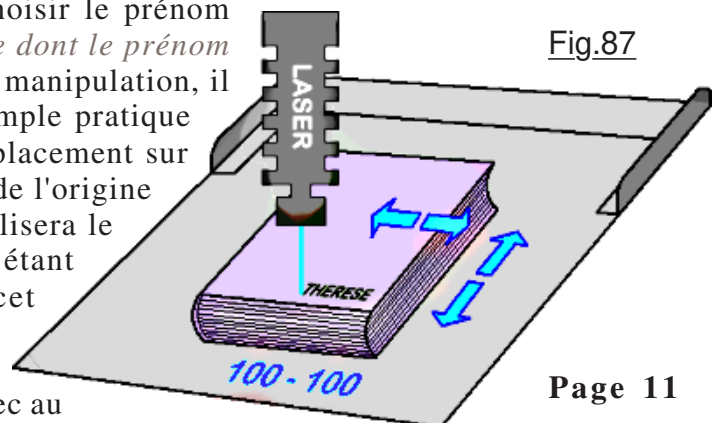


```
G0 X0 Y62 (Retour sans tracer au point A.)
X84 S30 (Tracé du côté AB.)
G1 X84 Y0 (Tracé du côté BC.)
X0 S30 (Tracé du côté CD.)
G1 X0 Y62 (Tracé du côté DA.)
M5
G0 X0 Y0
```

Pour faciliter ce type d'opérations, j'ai ajouté aux préférences de **Bloc notes.exe** la possibilité de charger des fichiers de type **gco** quand on clique sur leur nom. Vous ajoutez les cinq lignes pour l'encadrement, vous copiez le fichier sur une carte **SD**, et cette fois, la gravure sera correctement encadrée. Avouez que titiller un peu de **gcode** ouvre de vastes horizons, tel que celui de l'expérimentation effectuée dans le chapitre qui suit entre autres :

➤ On marque les pages d'un livre.

Autre facette de la pyrogravure, signer plusieurs pages d'un dossier. Ce peut être une référence sur un contrat quelconque, une convention typée, ou tout simplement inscrire sur un roman que l'on prête à tout va le nom ou le prénom du propriétaire. Dans cette expérimentation on va pyrograver plusieurs pages, on peut aussi graver l'information directement sur la couverture du livre. Bref, les variantes sont légion. Sur le plan pratique, la manipulation consiste à créer un programme image constitué de déplacements vectoriels, exactement analogue à celui de l'encadrement. Comme exemple nous allons choisir le prénom **TERESE**. (Toute ressemblance avec une lectrice dont le prénom serait Thérèse serait fortuite !) Dans ce type de manipulation, il faut pouvoir placer la cible sur le plateau, exemple pratique présenté sur la Fig.87, et ayant déterminé l'emplacement sur le livre de la gravure, décider des coordonnées de l'origine image. Puis, au moment de pyrograver, on focalisera le **LASER** sur la page du dessus, la couverture étant dégagée et l'ouvrage tenu à la main. Dans cet exemple disponible avec **Img6.gco** l'**Origine Image** est en 100 sur X'X et en 100 sur Y'Y. La première étape consiste à créer le fichier **gco**, avec au



préalable l'analyse sur papier des déplacements à effectuer. L'[Image16.JPG](#) du dossier <Pyrograver> est représentative de la technique utilisée pour optimiser les déplacements rapides, et déterminer les coordonnées des divers points des tracés à effectuer. Sur une page quadrillée, on dessine en grand les divers caractères du texte à traiter. Puis, on détermine par un gros point rouge certaines origines de départ pour graver la lettre. Avec des flèches rouges certains déplacements rapides sont repérés. Quand le modèle est représenté et les coordonnées précisées, il ne reste plus qu'à traduire tous ces mouvements en langage **gco**, étape maintenant assimilée. Au début c'est un peu laborieux, puis, avec l'expérience quand nous avons bien à l'esprit les trois ou quatre instructions les plus utilisées, le codage devient rapide. Du reste, toutes les images géométriques du dossier <Fichier de test machine> ont été programmées manuellement par ces techniques.

Pyrograver plusieurs pages simultanément engendre un effet artistique particulier, puisque toutes, à part la dernière éventuellement, sont transpercées par le tracé noir. Pour ne traiter que le nombre voulu, sous la dernière on place un déflecteur constitué d'un banal morceau de carton découpé dans un emballage culinaire dont le plateau est recouvert d'une fine pellicule métallique. [Image17.JPG](#) et [Image18.JPG](#) illustrent ce propos. Pour graver toutes les pages en une seule passe, le LASER sera probablement à 100%, et comme elles sont blanches, il faudra éventuellement augmenter la valeur de **Délai**. On expérimente sur des "martyrs", et lorsque les réglages les meilleurs sont déterminés, on procède à la gravure sur le livre. Comme le faisceau traverse les pages puis remonte en achevant de brûler le papier, le carton de séparation conserve une trace que montre [Image19.JPG](#) et qui ne sont en réalité que des souillures. Bien que ce ne soit pas du tout indispensable, on peut les éliminer totalement avec un petit chiffon imbibé d'alcool ménager. (*Ben oui, employer du Champagne pour ça ne serait pas très malin !*) Dans la pratique les surfaces métalliques, y compris en très faible épaisseur ne se laissent pas marquer car la diffusion thermique est trop importante, et la puissance instantanée de 5,5W insuffisante. Il ne sera donc pas possible de graver la lame de l'Opinel que l'on trimbale dans toutes nos randonnées ... désolé !

➤ Cumuler toutes les difficultés !

Impossible à notre niveau d'expérience d'imaginer toutes les difficultés qui seront rencontrées au cours de nos activités de pyrogravure. L'exercice qui va suivre en est un exemple, le titre de ce chapitre est mensonger, car n' imaginez-pas qu'avec ces manipulations nous aurons définitivement fait le tour de toutes les chausse trappes qui se présenteront à l'avenir. Oublions que ce titre est de mauvais augures, et la fleur au fusil nous allons de manière routinière transformer l'image de la Fig.88 en son équivalent noir et blanc de la Fig.89, puis la pyrograver et enfin encadrer notre belle œuvre d'art pour l'installer dans le salon. (*On n'est pas obligé ... car le public sera un peu déçu quand il la verra, car, comme pour la Joconde ... cette œuvre est toute petite !*)



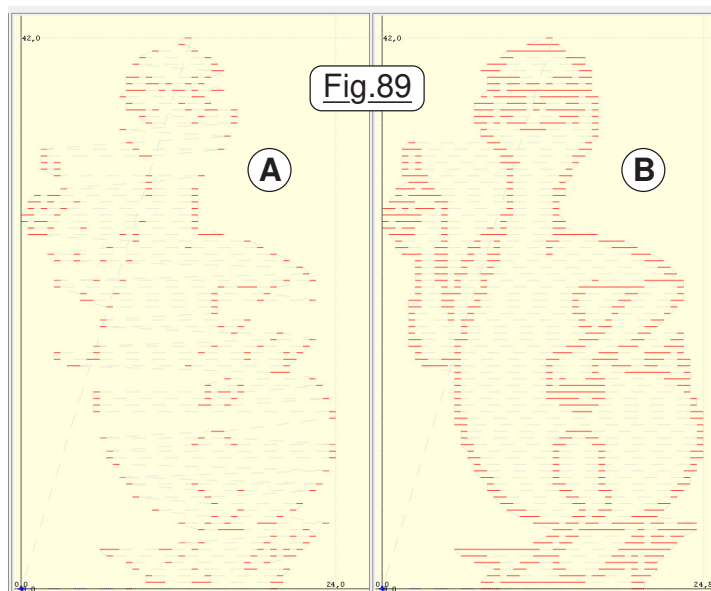
Fig.89

Effectuons les étapes devenues banales qui à partir d'une image initiale en couleur [Img7.bmp](#) du dossier <Quelques images> permettent d'arriver au fichier compilé à placer sur la carte **SD**. À l'instar de la Fig.88 ce document ne sera pas traité sur le gril !

En premier nous transposons le dessin en un fichier de type BMP monochrome avec l'utilitaire **PAINT.exe**, dont le résultat montré en Fig.89 est immédiatement sauvegardé sous le nom très original [Img7NB.bmp](#) en acceptant la perte des couleurs. (*De la routine jvous dis !*) Puis nous invoquons **LaserGRBL** dans le but de générer du **gcode** qu'avec précipitation on va graver sur un beau tableau en rosier brun importé de Truclandmachin.



Fig.88



Cette image est assez petite puisqu'elle mesure à peine 24mm de large sur 42 mm de hauteur. Aussi, quand on la compile on obtient le résultat présenté sur la Fig.89 en A, et le dessin est méconnaissable. Pour s'en rendre compte il suffit de s'éloigner un peu du moniteur vidéo de l'ordinateur. Cette déconvenue résulte des traits de contours qui sur cette petite image sont trop fins. Avec un logiciel quelconque il faut impérativement les épaissir pour arriver à un tracé tel que celui visible en B. Ne cherchez pas, pour ma part c'est ce merveilleux outil de dessin universel **Paint.NET v3.5.11** que j'utilise chaque fois que je dois effectuer des modifications sur une image. Je ne saurais plus m'en priver.

Pour passer de la Fig.90 A à au dessin plus empâté B on charge **Img7NB.bmp** puis l'on active l'option **Effets > Styliser > Contour ...** avec **Intensité** à 100 et **Épaisseur** légèrement augmenté à 2. Avec ces paramètres le contour est bien tracé, avec toutefois les yeux tout noirs, les cils "collés" et les doigts de la main gauche peu discernables. Donc, avant de sauvegarder cette épreuve avec le nom de fichier **Img7bisNB.bmp** le dessin a été retouché manuellement avec **Paint.exe** dans les deux zones X et Y. Dans le dossier **<Quelques images>** vous disposez de tous les fichiers pour pouvoir expérimenter en autonomie et comparer les résultats que vous obtenez. Le dessin bien marqué **Img7bisNB.bmp** est alors soumis à **LaserGRBL** avec les paramètres qui sont reportés sur la Fig.92 clonant une copie d'écran lors de la transposition.

PROBLÈME : Il arrive souvent, lorsque l'on valide une compilation avec la commande **Créer** de **LaserGRBL**, que la fenêtre qui doit montrer le balayage soit désespérément vide. Pourtant, si on sauvegarde le fichier de type **nc** est correctement réalisé. Ce n'est qu'un petit problème d'affichage quand le logiciel est en mode fenêtré. Donc, *si la zone jaune est vierge, passer en plein écran pour visualiser le balayage*, et le résultat sera correct quelles que soient les coordonnées de l'*Origine de l'Image*.



REMARQUE IMPORTANTE : Les photographies et les dessins montrés sur l'écran de l'ordinateur sont agrandis de façon considérable avec un effet de loupe particulièrement trompeur. Dans cet exercice, afin de cumuler certains problèmes, en 8 de la Fig.92 la largeur de l'épreuve à volontairement été réduite à 24mm précisément pour obtenir une petite image. Du reste, tracée avec précision sur le format A4 du document, dans le but de respecter les dimensions de ce qui sera pyrogravé, la Fig.91 est exactement étalée à l'échelle un. Le résultat, surchargé par l'échelle graduée en millimètres, concrétisé ici sur du carton, ressemble à s'y méprendre à un timbre poste. Si on observe bien cette photographie, dans le petit cercle jaune a été ajouté un carré de 0,5mm x 0,5mm de couleur rouge. Il correspond au plus petit PIXEL que peut "griller" la pyrograveuse dont la définition des déplacements est de 0,5mm. Dans la pratique ce n'est pas une imprimante, et les pixels ou les tracés auront des épaisseurs qui seront directement fonction de l'énergie lumineuse reçue par la surface en cours de gravure. Le tracé peut présenter une faible épaisseur ou "baver un maximum".



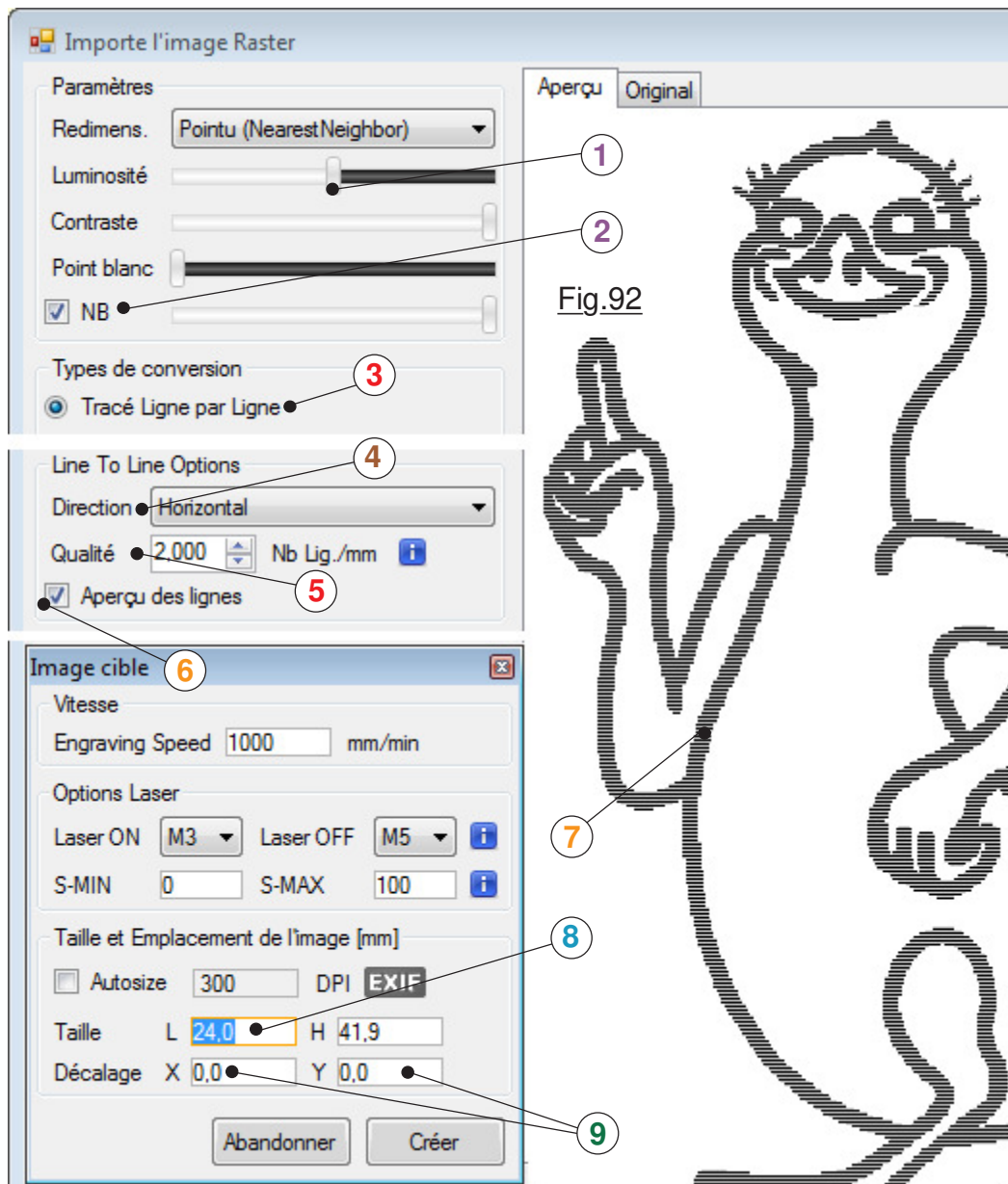


Fig.92

Rappelons au passage que **deux paramètres doivent impérativement être respectés** dans LaserGRBL pour aboutir à un fichier **nc** légal, c'est à dire ne comportant que des commandes qui seront acceptées par l'analyseur syntaxique du programme d'Arduino. Ils sont repérés en rouge sur la Fig.92 dont la source est une image binaire. Quand c'est le cas, il semble préférable de cocher la case en 2. En 3 il faut surtout éviter l'option **Vectorise** qui conduit généralement à des fichiers énormes et des temps de gravure prohibitifs. En 5 la **Qualité 2,000** est impérative pour générer des déplacements dont la partie décimale sera

zéro ou 0,5mm. Choisir en 4 des lignes horizontales n'est pas obligatoire. Nous avons vu qu'elles minimisent les sauts sur Y'Y qui engendrent le maximum de vibrations. Si en compilant en optant pour la direction verticale et que le fichier compilé comporte beaucoup moins de déplacements, on pourra persister dans ce choix. En 9 conserver des coordonnées nulles n'est pas idéal car il impose un déplacement initial important. Aussi, une bonne pratique consiste à garder une valeur faible sur X, mais sur Y une valeur qui ressemble à 200 moins la hauteur de l'image. Pour une image binaire, le maximum pour **Contraste** et une valeur de 100 en 1 pour **Luminosité** semblent parfaits. Surtout pensez à tester en 6 l'**Aperçu des lignes** qui se traduit en 7 par une visualisation bien plus nette des déplacements qui se font avec LASER à 100%. C'est une option très visuelle à ne pas négliger.

➤ Le perçage au LASER.

Activité moins tournée vers des travaux artistiques comme la pyrogravure, le perçage à l'aide du petit LASER de 5,5W peut s'avérer commode pour certaines applications. Ce chapitre précède celui du découpage qui s'apparente à un perçage continu avec déplacement. Par les manipulations qui suivent nous allons constater que percer n'est pas jouer, et s'accompagne de difficultés particulières. Avec l'option **Mode LASER continu** du menu **SYSTEME** sur certains matériaux, comme du papier, du carton, du tissu et bien d'autre s'avère pratiquement immédiat. On ajuste le LASER à 100%, et on attend que le faisceau ressorte sous la pièce ce qui suppose comme visible sur **Image20.JPG** du dossier <Pyrograver> que cette dernière soit surélevée sur le plateau de la machine. Pour ne pas encrasser ce dernier comme c'était le cas pour le séparateur en carton sur l'**Image19.JPG**, il sera recommandé de glisser sous la cible une quelconque protection.

Par exemple une feuille de papier épaisse et bien blanche sur laquelle le spot sera bien visible. Première expérience : Nous allons tester avec [Image21.JPG](#) sur une pièce en bois homogène, compact, d'épaisseur 18mm. Le faisceau à 100% commence par percer rapidement en surface. Puis, en arrivant à progresser vers le centre le cratère en surface s'élargit. Arrivé à environ 100mm de profondeur le processus se fige, il ne se passe plus rien. La cavité percée noire absorbe bien la chaleur apportée par le faisceau, mais cette dernière se disperse dans la masse de la pièce en bois, et la température locale n'est plus suffisante pour continuer "la gravure". Comme au bout de cinq minutes le faisceau n'avait toujours pas traversé, l'expérience a été interrompue.

CONCLUSION : Percer un matériau compact du type bois en épaisseur notable semble illusoire. Sur [Image22.JPG](#) on peut voir que pousser à 100% la puissance du LASER ne sera certainement pas idéal. (*Dans cette manipulation il a fallu 14s pour traverser les 2mm de la plaquette.*) Aussi, avant de procéder au perçage de la pièce qui sera la vraie cible, il sera nécessaire d'effectuer divers essais. Comme on peut le constater avec [Image23.JPG](#) sur une plaquette de cagette de récupération genre lamellé-collé en bois tendre, l'orifice sera facilement trop calciné. Sur [Image24.JPG](#) on a écarté les deux plaquettes d'[Image20.JPG](#) (101 secondes pour traverser les 7mm.) pour observer ce qui c'est passé entre les deux épreuves superposées. Comme entre les deux surface se trouve un peu d'air, car elles ne portaient pas totalement l'une sur l'autre, la chaleur s'est propagée sur le cotés. La pièce située dessous est bien brûlée. Ce phénomène se retrouvera quand sur un produit de type lamellé-collé de qualité médiocre se trouveront des zone creuses.

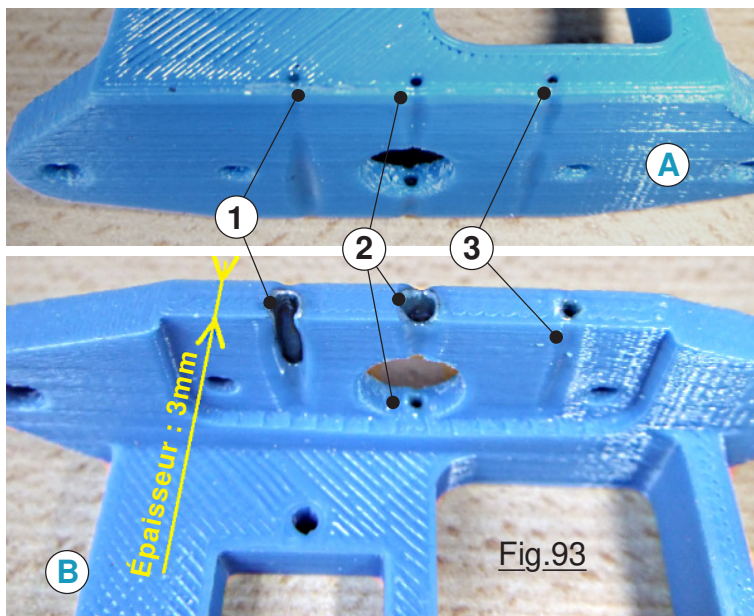
➤ Le perçage sur matériaux synthétiques.

Autant percer du bois avec le LASER semble délicat et impose de l'expérimentation, autant traverser des pièces en thermoplastiques ou en PLA s'est rapidement avéré payant. L'exemple typique est visualisé sur [Image25.JPG](#) dont le trou présentant un diamètre inférieur au millimètre est relativement propre alors que l'ajustement du pourcentage n'a absolument pas été travaillé. (*Le PLA est un matériau utilisé sur les imprimantes 3D qui se présente comme un bio-thermoplastique, issu d'amidon de maïs, de cannes à sucre voir de betterave... Il est entièrement biodégradable en conditions industrielles.*) En sortie il sera facile de réaléser l'orifice avec un foret de bon diamètre pour avoir un trou très présentable. Également en PLA la pièce bleu clair de la Fig.93 a été percée sur une hauteur de 20mm. En **A** on peut observer que les trois trous dont l'entrée est en **B** sortent "aussi propres" les uns que les autres. L'entrée pour l'orifice **1** est entièrement fondue car le pourcentage du LASER était bien trop fort. En **2** l'orifice percé passe à travers le gros trou central. On voit que le trou du bas est moins fondu que celui de l'entrée. Enfin, le dernier essai est presque le bon. Entrée et sortie sont propres et les flancs de la paroi ont à peine fondu. Il resterait à peaufiner le pourcentage. Reste que percer un tel trou avec les techniques habituelles serait bien plus délicat, ne serait-ce que de trouver un foret assez long. Sur l'expérimentation présentée en [Image26.JPG](#) les deux gros trous non commentés sont réalisés au moulage 3D puis réalisés par usinage. On peut constater sur cette photographie qu'un perçage à puissance maximale peut provoquer un "gros trou"

de diamètre 2mm, et à faible % engendrer le minuscule alésage d'environ ϕ 0,3mm. Un orifice si fin sur 10mm, percé bien vertical en un rien de temps est assez évocateur des possibilités qui s'offrent à nous.

➤ Sceller par soudage.

Techniquement on peut procéder de plusieurs façons, à chacun de tester diverses méthodes et d'en choisir une qui serait plus adaptée au matériau utilisé et surtout à son épaisseur. Souvent, on rencontrera deux difficultés typiques. La première résulte du fait que le sachet doit avoir les deux faces de l'ouverture à obturer en contact l'une de l'autre de façon à ce que les deux se soudent en fondant. **Page 15**



Par exemple sur [Image27.JPG](#) on plaque les deux faces de l'ouverture à l'aide de deux morceaux de ruban adhésifs qui immobilisent l'ensemble sur le plateau de la machine. En effet, pour souder proprement bien en ligne droite on va se servir du **Mode MANUEL** parfaitement adapté à ce type d'opération. On positionne la ligne à souder bien orientée par exemple sur **Y'Y**, puis on approche le faisceau, on active le LASER et par une succession de déplacements de 10mm on effectue la soudure. Du reste, sans changer vraiment de méthode, juste en déplaçant à la main la pièce sous le faisceau on peut sceller un sachet en matière plastique très facilement.

Deuxième difficulté, et pas des moindres, c'est que le plus souvent le sachet de plastique que l'on désire fermer par soudage est transparent ... donc il n'absorbe pas la chaleur. Aussi, il faut trouver un moyen de provoquer la montée en température. Sur la manipulation montrée en [Image27.JPG](#) la difficulté a été contournée par l'usage d'un martyr, c'est à dire dans notre cas d'un morceau de carton qui sous l'influence du LASER prend immédiatement feu. Par contact il communique sa chaleur au sachet qui, s'il est constitué d'un film de faible épaisseur arrive à fondre sur les deux surfaces. Une autre technique consiste à placer sur le plateau une feuille de papier ou du carton blanc pour isoler le sachet thermiquement et éviter la déperdition de chaleur. Puis, avec un gros feutre noir facile ensuite à effacer, on teinte en noir l'un, ou les deux cotés de la ligne à thermo-souder. Ce n'est plus qu'une question d'expérimentation, car le résultat sera directement impactés par le pourcentage LASER, la valeur de **Délai** et les caractéristiques du sachet à fermer. Sur [Image28.JPG](#) nous avons la soudure obtenue par l'expérience simple montrée en [Image27.JPG](#).

➤ Le découpage au LASER.

A l'instar de Monsieur Jourdain, vous allez faire du découpage sans le savoir, chaque fois que la puissance ajustée sera trop importante par rapport au pouvoir d'absorption de la cible. Pour s'en convaincre il suffit de revenir vers [Image26.JPG](#) du dossier **<Pyrograver>**. Découper du papier, du carton, du tissu s'avère pratiquement immédiat. On ajuste le LASER à 100%, éventuellement on augmente **Délai** et le tour est joué. Le profil (*Certainement programmé en vectoriel.*) suivi par le faisceau tracera un sillon qui traverse la cible. Pour ne pas encrasser le plateau comme c'était le cas pour le séparateur en carton sur l'[Image19.JPG](#), il sera recommandé de glisser sous la cible une quelconque protection. Par exemple une feuille de papier épaisse et bien blanche. Dans ce chapitre nous allons aborder le découpage sur du bois ... de faible épaisseur, car notre machine n'est pas à proprement parler une tronçonneuse !

Découper un périmètre extérieur ou réaliser un trou de forme particulière revient strictement au même. Aussi, comme exemple nous allons prendre la réalisation d'un petit trou en forme de cœur qui prendra très peu de temps en réalisation, particulièrement propice pour effectuer plusieurs expérimentations. Sur la Fig.94 la découpe à enlever pour réaliser le trou est coloriée en marron avec une **Origine Image** correspondant à la base du cœur. Le sens arbitraire de la découpe qui forme une boucle complète, puisque l'on désire voir la forme se détacher de la plaquette en bois, sera dans notre cas parcourue dans le sens horaire.

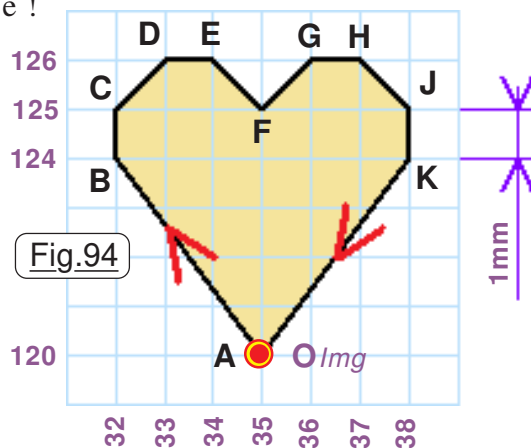


Fig.94

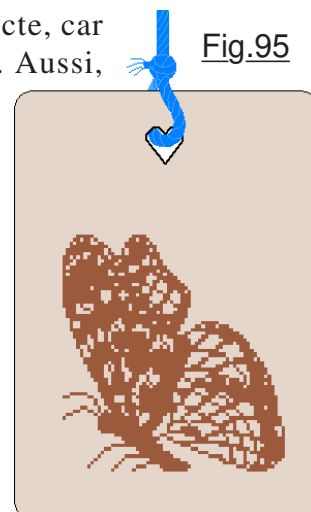
G0 X35 Y120 : Prise d'origine à 0%.
G1 X32 Y124 S100 : Trace **AB** à 100%
G1 X32 Y125 S100 : Trace **BC** à 100%
G1 X33 Y126 S100 : Trace **CD** à 100%
G1 X34 Y126 S100 : Trace **DE** à 100%
G1 X35 Y125 S100 : Trace **EF** à 100%
G1 X36 Y126 S100 : Trace **FG** à 100%
G1 X37 Y126 S100 : Trace **GH** à 100%
G1 X38 Y125 S100 : Trace **HJ** à 100%
G1 X38 Y124 S100 : Trace **JK** à 100%
G1 X35 Y120 S100 : Retour à l'origine.

Écrire le petit programme image qui commande les déplacements vectoriels pour effectuer cette boucle fermée relève d'une évidence lorsque les divers points de passage ont été définis en coordonnées machine. Noter au passage que l'**Origine Image** est choisie pour positionner facilement la plaquette du type de celle de la Fig.25 sur le plateau de la machine tout en ayant une prise d'origine relativement rapide. Le programme proposé en Fig.95 correspond à ce que l'on désire faire ... mais pas tout à fait. En effet, nous

Fig.94

d'une éprouve en bois sur une épaisseur de 2mm la découpe ne sera pas correcte, car le dessus va s'élargir et se montrer plus noir que l'orifice à la sortie du trou. Aussi, pour résoudre cette difficulté nous allons réduire la puissance du LASER. Du coup seule la surface sera gravée. L'idée consiste alors à effectuer plusieurs passages jusqu'à ce que toute l'épaisseur soit pyrogravée, le "bouchon" pouvant alors se détacher. Expérimentalement nous devons trouver les meilleurs paramètres pour aboutir à une découpe qui soit propre, la combinaison devant optimiser le nombre de passages qui augmente proportionnellement la durée de l'opération. Ceci dit, la consommation de la machine reste dérisoire, et il n'y a pas "le feu au lac". (*C'est le feu de la plaquette qu'il faut surtout éviter !*) Pour effectuer cet exercice, comme vous pouvez le constater sur le fichier [lmg8.gco](#) du dossier <Quelques images> le programme prévoit huit boucles qui ont donné lieu aux divers essais dont le résultat est proposé sur [Image29.JPG](#) et pour l'autre face de la plaquette sur [Image30.JPG](#) qui sont préservées dans <Pyrograver>. Lors de cette expérimentation les essais ont été effectués des deux cotés du brouillon, et tous n'ont pas traversé. Il suffit comme en 4 que le faisceau marque la sortie pour que la pièce puisse se détacher, ce qui était le cas en 2 qui pour ces diverses tentatives s'avère la meilleure combinaison. Notez au passage que les boucles n°9 et n°10 dans [lmg8.gco](#) ont été vidées, il est évident que de simples Copier/Coller peuvent facilement les "remplir", voir en augmenter le nombre de passages pour le cas d'un bois plus résistant.

Fig.95



Un conseil gratuit : *Si vous désirez réaliser un médaillon percé d'un orifice pour y passer un quelconque lien souple, commencez par percer l'orifice, et enlevez "le bouchon". Ainsi vous pouvez choisir ensuite le coté le plus correct pour y effectuer la pyrogravure artistique.*

➤ Le plus délicat à maîtriser : Les dégradés de gris.

Avec cet exercice, nous allons aborder l'une des facettes qui exige le plus d'expérience pour arriver à graver une surface en faisant apparaître nettement des "teintes échelonnées". Autant sur du carton on arrive assez rapidement à trouver les paramètres qui conviennent, autant sur du bois j'ai rencontré pas mal de difficultés. En Fig.81 nous avons à peine évoqué le sujet, dans ce chapitre nous allons aborder certains aspects "critiques". Réussir un "dégradé de gris" sur du carton reste relativement facile, et l'on arrive assez rapidement à des résultats encourageants. Sur du bois, c'est également possible comme le montre [Image31.JPG](#) qui correspond à l'une de mes premières tentatives. Oui, je sais que se prendre en exemple relève de la mégalomanie. Il se trouve que cette image était facilement disponible et je ne pensais pas la publier. Comme elle ne présente aucun problème de propriété intellectuelle, je donne ici dans la facilité ... mea-culpa !

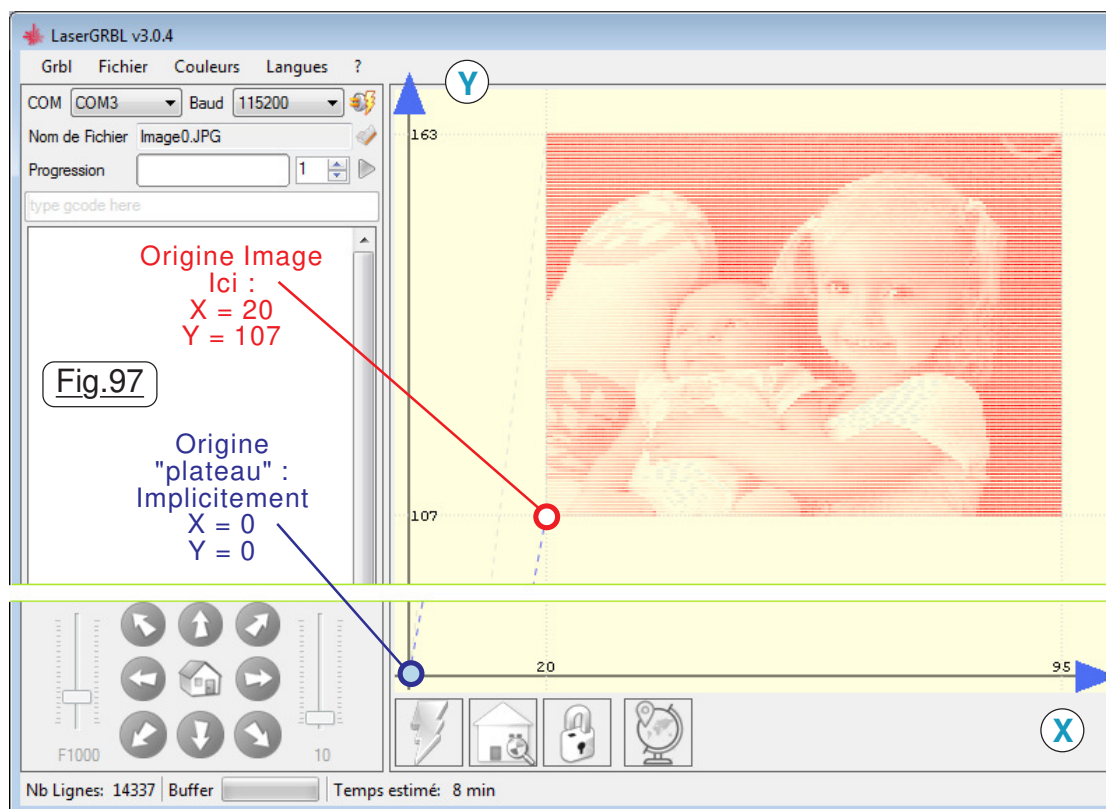
Reste que si ce tout premier essai semblait s'accompagner d'une grande facilité pour réaliser des dégradés de gris, y compris sur du bois, les expériences qui ont suivi ont démontré le contraire, tout au moins si la cible est en bois. Il faut brûler ce dernier suffisamment pour que ce soit foncé, et par endroits marquer à la limite, sans pour autant perdre de l'image car le faisceau LASER manque de puissance pour laisser une trace.



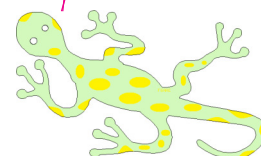
Fig.96

Toute petite image recadrée de 75mm par 56mm.

Partant de la photographie couleur **A** sur la Fig.96 la première manipulation consiste à en extraire la partie désirée. Puis, lorsque le cadrage désiré est obtenu par extraction de la zone convoitée, dans **Paint.NET v3.5.11** on transforme l'impression couleur en une image monochrome montrée en **B**. Puis, toujours dans **Paint.NET v3.5.11** les paramètres suivants ont été ajustés : **Luminosité** 10, **Contraste** -30 et dans **Effets > Photo > Améliorer la netteté ...** la valeur maximale de 20 a été choisie. À partir de cette image en dégradés de gris, dans **LaserGRBL** la case **NB** étant **NON cochée**, **Luminosité** est passée à 74 et **Contraste** à 118.



Un aimant en bois, c'est du n'importe quoi, une pure arnaque, car ça n'est pas aimanté le bois !



Enfin, au moment de générer le fichier **gco** on impose la largeur désirée de 75mm. (On ajuste au choix la largeur ou la hauteur, l'autre dimension étant immédiatement recalculée pour respecter le ratio.) Dans la pratique, nous allons découvrir qu'en fonction du matériau de la cible, et tout particulièrement si c'est du bois, soit le contraste est trop élevé et l'image devient une caricature, soit insuffisant et le résultat devient binaire. D'une façon générale :

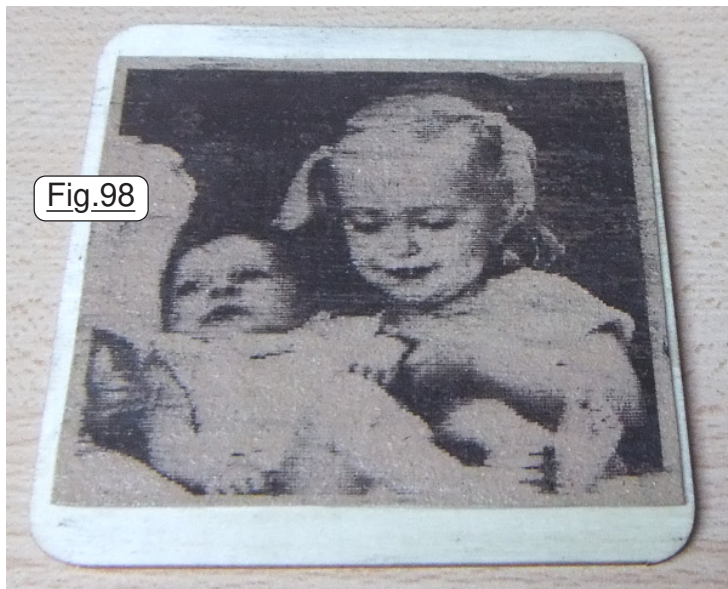
- Générer une image grise globalement foncée pour que le matériau soit "marqué partout".
- Ne pas choisir un contraste trop élevé car l'image va devenir "binaire".

Méthode possible pour déterminer les paramètres à adopter :

Sur un échantillon de nature identique, en **Mode MANUEL** réaliser à vitesse maximale quelques traits de 10mm de façon à trouver le pourcentage pour une trace très noire, et un segment encore visible mais limite. N'augmenter **Délai** que si la "dureté" de la cible l'exige. Quand le pourcentage mini et la puissance **MAXI** sont déterminés, par essais successifs dans **LaserGRBL** ajuster **Luminosité** et **Contraste** pour que globalement les valeurs de **S** trouvées dans le fichier **gco** respectent ces limites. La procédure peut s'avérer un peu laborieuse, toutefois, si la plaquette gravée relève d'un coût non négligeable, le temps investi sera largement récompensé.

➤ Loupé le magnet !

Créer un "magnet" totalement personnalisée pour la petite copine Totochette qui a invité Riri à son anniversaire reste d'une simplicité totale. Il suffit de trouver un petit aimant. Sur Internet on en trouve à profusion par paquets de "beaucoup". Avec un pistolet à colle thermique qui sert aux électriciens à immobiliser des lignes électriques sur les murs, on dépose un peu de cette glue fondue sur le bois, on plaque rapidement l'aimant sur la colle et c'est fait. Le magnet est terminé, il ne reste plus qu'à récupérer le portrait de Totochette sur l'Iphone et de le graver en dégradés de gris. "Il ne reste plus qu'à ..." relève de la théorie, mais ... PAFFFFffffff, complètement loupée la **Page 18**



pyrogravure. Pourtant un test sur du carton était parfait. sauf que sur la plaquette en bois, alors que le pourcentage a été augmenté de 10%, ce n'est pas bon du tout, presque pas imprimée Totochette. *C'est la cata car il n'y a plus de plaquette disponible, et la fête c'est dans deux jours !*

Plan B : Une solution de secours qui peut donner de bons résultats existe. Montrée sur la Fig.98 elle consiste à découper proprement l'épreuve réussie sur le morceau de carton. Pui avec un tube de colle "U" on plaque définitivement, bien centrée, le rectangle de carton sur le magnet en bois. **ATTENTION, n'oubliez pas que la "suie" de surface risque d'entacher la belle gravure, donc protégez**

la photographie carton avec une serviette en papier bien propre. Quand la colle est sèche, recouvrir le bois et l'épreuve gravée par un vernis incolore. Pour le magnet de la Fig.98 un petit pinceau classique a été utilisé. Dans ce cas il faut faire particulièrement attention à frotter le moins possible sur "la suie". L'idéal pour fixer des épreuves pyrogravée, ce sont les bombes de vernis aérosol. *(Oui, je sais bien que ce n'est pas idéal pour l'ozone. D'un autre coté si vous devez recommencer trois fois votre réalisation, ce ne sera pas génial non plus ...)*

➤ **Ça n'en finit plus !**

Terminons ces quelques exemples d'application par une course de fond, un Marathon qui va exiger de notre pyrograveuse pas mal d'endurance. Ce dernier chapitre relève plus de la validation du matériel que d'une quelconque tentative artistique. Composée de 92066 lignes, lancer une analyse avec le menu **FICHIERS** exige déjà 51 minutes. Composé d'un damier de 202 x 228mm dont les carrés font 1mm de coté, cette grande grille va soumettre la machine à 7H 18min de travail. *(Voir la Fig.99)* Elle constitue un test fiable, tant géométrique qu'électronique. Durant tout ce temps, aucune perturbation électromagnétique ne doit impacter le déroulement du programme. *Cette image constitue une vérification fiable de l'immunité aux parasites.* Notez au passage que sur une aussi longue période de travail, vous allez forcément quitter le local, ne serait-ce que pour prendre

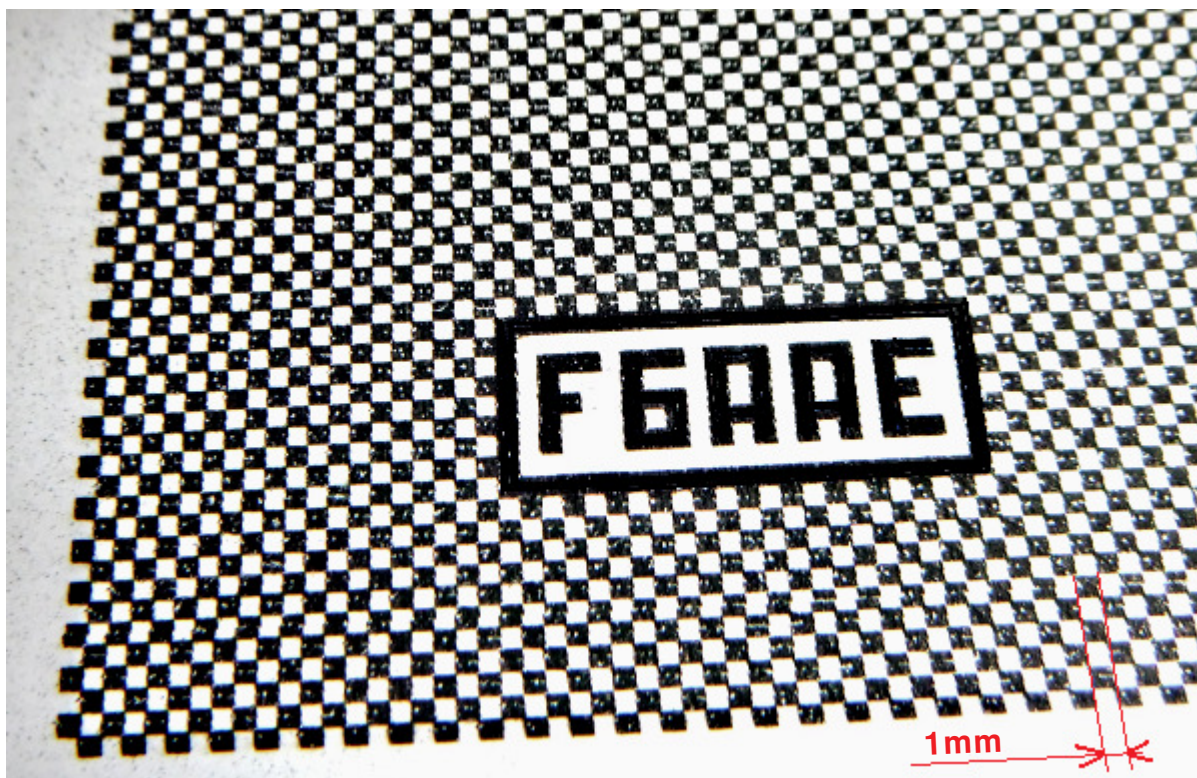
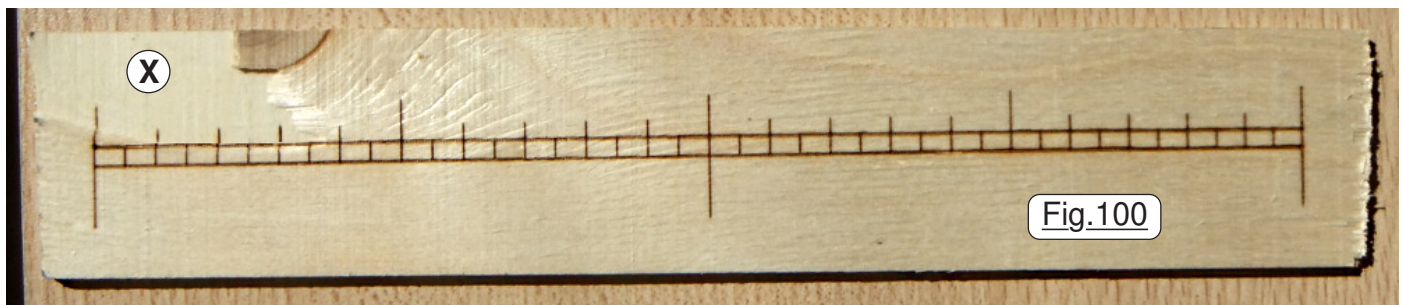


Fig.99



























un repas. Aussi, comme vous pouvez le vérifier sur la Fig.71 un détecteur de fumée était placé sur le plateau de la machine. À un ajustement de 30% la puissance consommée est de 15W, c'est à dire moins que deux lampes dites basses consommations, donc pas d'effolement pour l'énergie engloutie. Il sera rare de pyrograver des images aussi grandes et avec un tel nombre de déplacements. L'[Image32.JPG](#) dans [<Galerie d'images>](#) a été saisie en biais durant la pyrogravure avec une luminosité importante dans le local alors qu'[Image33.JPG](#) a été réalisée en vue de dessus. Du coup, l'irradiation qui repart vers le haut met parfaitement en évidence la disvergence due à la diode MASER. Ces "débordements" ne sont pas dangereux, sauf si vous les observez sans protection. Notez que si l'on regarde la machine comme sur [Image32.JPG](#) sans lunettes appropriées, l'éblouissement est considérable et l'on ne peut pas vraiment observer ce qui se passe. Au contraire, la photographie d'[Image34.JPG](#) a été prise à travers le filtre vert des lunettes spéciales. On constate bien que ces dernières, outre la sauvegarde de notre vue, procurent un confort d'observation indéniable. Au point de vue géométrique, l'intégralité de la grille est composée d'éléments relativement carrés. Les deux axes sont parfaitement perpendiculaires confirmant une structure globale précise. Enfin, la largeur qui en théorie doit mesurer 228mm en présente exactement 227,6mm soit une précision dimensionnelle remarquable.

38) Maintenance, validation des systèmes.

Toutes ces activités techniques ont été abordées lors de la réalisation de la machine et de sa présentation technique. Le document [FICHES.pdf](#) fournit l'intégralité des protocoles dont on peut avoir besoin. Reste que divers programmes [gco](#) fournis dans de dossier [<Fichier de test machine>](#) du répertoire [<Fichier pour la carte SD>](#) ont été réalisés lors du développement de ce petit projet. Ils ont été écrits manuellement et utilisent des déplacements vectoriels, permettant à la fois de tester le comportement du programme d'exploitation, et surtout de vérifier la géométrie globale de la structure mécanique de la machine. En particulier [lmg0.gco](#) trace le plus grand quadrilatère possible avec deux diagonales et [lmg1.gco](#) grave un quadrillage de 10mm x 10mm. Ce sont ces deux programmes qui ont fournis d'[Image1.JPG](#) à [Image5.JPG](#) de [<Galerie d'images>](#). Le fichier [lmg2.gco](#) contient le tracé de l'échelle graduée de la Fig.100 qui a été gravée sur "du bois de chauffage". À gauche les décalages observables résultent de l'arrachement d'une couche de bois superficielle dans la zone **X** où se trouve le nœud dans la planchette de récupération. Les variations



d'épaisseur du tracé résultent de la médiocrité du matériau utilisé relativement peu homogène. Toutefois, le résultat reste très acceptable si l'on tient compte du fait qu'il s'agissait des toutes premières expérimentations sans aucun recul technique. Le tableau proposé en Fig.101 résume le contenu des trois dossiers regroupés dans le répertoire [<Fichier pour la carte SD>](#). On notera au passage, que pour diverses facilités durant les manipulations, le plus grand fichier [lmg9.gco](#) a été copié sur les trois cartes **SD**. Dans le dossier [<Fichier de test machine>](#) ont été ajoutés tardivement les deux fichiers de code graphique [lmg4.gco](#) et [lmg5.gco](#) qui ne servent pas directement à vérifier le bon fonctionnement de la pyrograveuse. Leur but consiste à analyser le comportement du programme d'exploitation **P20** quand il rencontre les instructions complémentaires qui sont venus s'ajouter à celles de base. Aussi, lors de l'utilisation de ces deux "images" ne pas valider la puissance 12Vcc. Enfin, dans [<Fichier de test logiciel>](#) l'image [lmg1.cgo](#) est réputée représenter un **LOGO gris**. Ne cherchez pas à retrouver le symbole de **LaserGRBL**, car le petit dessin a été tellement réduit qu'il est méconnaissable. Le but visé consistait à étudier le comportement de la transposition en code [gco](#) et la réaction de l'analyseur syntaxique. Ce long cheminement arrive à son terme, j'espère qu'il vous aura séduit et apporté d'agréables heures de lecture ...

	Fichier	Contenu.
Fichier de test machine	      	25 Lignes : Carré de 228mm x 202mm avec diagonales. 58 Lignes : Quadrillage de 10mm par 10mm. 103 Lignes : Échelle graduée horizontale. 93 Lignes : Tracés vectoriel de type "SOLEIL". 24 Lignes : Test pour M2 , M4 et M6 . 53 Lignes : Test pour M0 et M1 . 92066 Lignes : Fichier de taille maximale. <div style="text-align: right;">Fig.101</div>
Fichier de test logiciel	        	354 Lignes : Test rapide avec % qui augmente par pas. 58 Lignes : LOGO gris. 5101 Lignes : Format A4 "réduit". 29 Lignes : X > 228.0mm provoquant un débordement. 30 Lignes : Y > 202.0mm provoquant un débordement. 29 Lignes : Listage avec Y négatifs. 33 Lignes : Image avec X négatifs. 37 Lignes : Image avec erreur de syntaxe. 92066 Lignes : Fichier de taille maximale.
Quelques images	         	4818 Lignes : SALAMANDRE. 1090 Lignes : PAPILLON. 3524 Lignes : LOGO de diamètre 75mm. 11766 Lignes : AYERS ROCK. 2473 Lignes : HERMIONE binaire. 15152 Lignes : HERMIONE en dégradés de gris. 77 Lignes : Texte vectoriel THERESE. 1521 Lignes : Oie verte. 57 Lignes : Percer un cœur en 8 passes. 92066 Lignes : Fichier de taille maximale.

Adapter les valeurs à votre réalisation.

Globalement, l'intégralité des valeurs proposées sur les schémas électroniques conviennent. Il reste toutefois quelques éléments dont on devra éventuellement adapter les valeurs. Par exemple sur la nomenclature des composants en Fig.51 les valeurs des trois condensateurs ne sont pas précisées. Il s'agit d'ajouter des condensateurs de découplage sur l'énergie d'alimentation. Ces derniers ne sont pas obligatoires. J'en place toutefois systématiquement, par raison de discipline technique et par sécurité. Leurs valeurs ne sont absolument pas critiques. Ce n'est que pour illustrer le dessin du circuit imprimé que les valeurs de ceux qui y figurent sont indiquées. Prenez toutefois la précaution pour le condensateur polarisé de vérifier sa tension de service qui doit supporter au moins 30v.

L'autre adaptation probable consiste à sélectionner les résistances qui limitent le courant dans les diodes électroluminescentes du composant triple. Le rendement du composant que vous allez insérer ne sera pas forcément identique à celui de mon prototype. Donc, je vous suggère de tester différentes valeurs de résistance pour obtenir avec chaque couleur une luminosité qui convient parfaitement à vos désirs. Ceci étant précisé, les valeurs de mon schéma devraient convenir.

Comme j'ai plaisir à le répéter dans chacun de mes tutoriels, l'important n'est pas le but atteint, mais le cheminement qui nous y a conduits. Je vous souhaite à toutes et à tous, de trouver du vrai plaisir à vous égarer dans ces pages, avec comme faux prétexte la réalisation d'une petite machine ludique, et comme finalité non avouée ... vous faire rêver.

Amicalement : Nulentout.