



LA GRAVEUSE
LASER, LE
VÉRITABLE
COUTEAU SUISSE
DU MODÉLISTE.

LA GRAVURE LASER

à la portée de tous

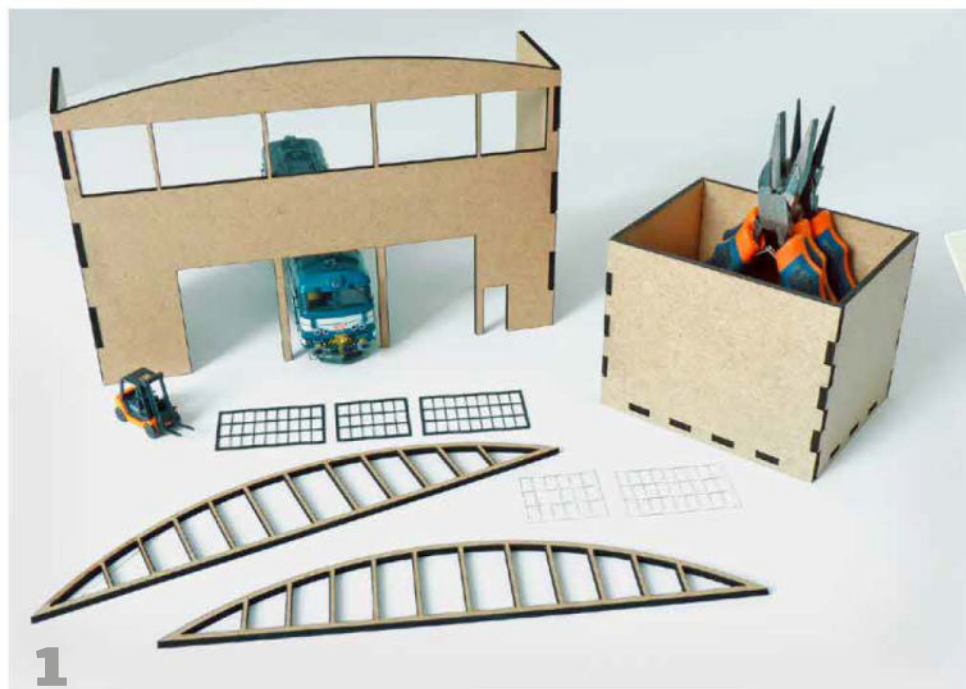
*Six machines
accessibles*

On parle de plus en plus de gravure laser dans le modélisme ferroviaire. D'abord apparue chez les artisans, cette technologie se démocratise. Voyons ensemble les grands principes, les usages, les critères de choix, et explorons le marché des machines accessibles et adaptées à notre hobby.

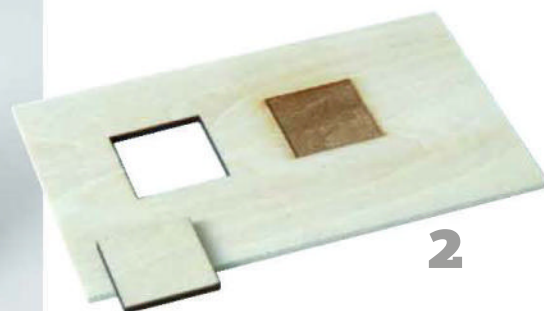
Texte et photos: Thomas Gallé
(sauf mention contraire)

Une graveuse laser, mais pour quoi faire? À l'instar des imprimantes 3D, la chute des prix des machines de gravure et découpe laser fait peu à peu entrer cet équipement dans les ateliers de modélistes. La gravure laser permet au modéliste de réaliser des pièces fines et complexes sans outillage mécanique traditionnel, bien plus précisément et rapidement qu'avec une règle et un cutter. Pour le modéliste, la gravure laser accélère la production, améliore considérablement la précision et la répétabilité, ouvrant des possibilités de réalisation impossibles avec un outillage traditionnel. L'usage qui peut en être fait est principalement axé sur

la construction de bâtiments et d'ouvrages d'art, de la découpe des murs et charpentes à la gravure de parements et murs en passant par la fabrication d' huisseries. C'est un excellent complément à l'impression 3D pour qui souhaite concevoir et construire soi-même les éléments de décor de son réseau. On pourra aussi utiliser une graveuse laser pour découper des pochoirs bien utiles dans la décoration de nos maquettes ou pour réaliser des gabarits d'assemblage. On y trouvera également un usage fort intéressant pour organiser efficacement et à peu de frais son atelier en fabriquant toutes sortes de boîtes de rangement sur mesure pour son trousseau de modéliste.



1

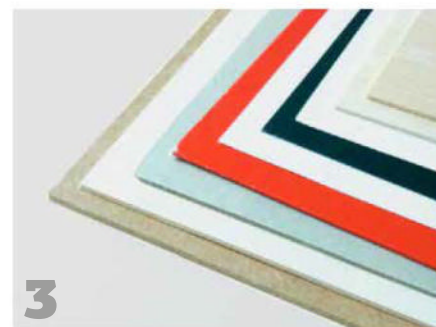


2

1: Échantillon des possibilités offertes par la gravure laser, la production en petite série de pièces comme les huisseries ou les charpentes industrielles est très simple, très rapide et d'une qualité époustouflante.

2: Dans du contre-plaqué de 2 mm, à gauche une découpe, à droite une gravure de quelques dixièmes de mm de profondeur.

3: Tous les dérivés du bois sont les matériaux de prédilection du maquettiste et de la graveuse laser, quelle heureuse coïncidence ? Le MDF (médium), le contre-plaqué, le carton bois, le carton gris, les différents papiers, tous se découpent à merveille avec une graveuse laser. Ne jetez plus vos vieux calendriers, ils trouveront ici une seconde vie.



3

LES RISQUES À CONNAÎTRE ET DÉJOUER

Une graveuse laser n'est pas un jouet. Cette technologie demande un certain nombre de précautions indispensables à son usage en sécurité.

Incendie: La découpe du bois et de ses dérivés est réalisée par combustion maîtrisée. Même si la plupart des machines sont équipées de capteur de flamme stoppant immédiatement la gravure, il est fondamental de ne pas laisser une graveuse travailler sans surveillance.

Risque oculaire: Le laser produit une source lumineuse de forte intensité qui peut provoquer de graves brûlures de la rétine, il ne faut donc pas regarder directement le laser sans protection adaptée. Sur chaque machine, la tête laser est protégée par un écran de protection filtrant. Cela ne dispense pas de

doubler la protection en portant une paire de lunettes de protection. Une paire est fournie avec chaque machine, c'est une obligation.

L'intoxication: La brûlure de la matière produit des fumées qui peuvent être toxiques en fonction du matériau choisi, c'est notamment le cas des contre-plaqués et des médiums qui contiennent de la colle. Une graveuse laser doit donc être utilisée dans un environnement bien aéré ou à l'inverse parfaitement isolé avec un système d'extraction ou de filtration des fumées. Ces risques ne doivent pas vous rebuter, il existe des solutions comme des machines fermées ou des enceintes de protection avec extractions d'air extérieures, protégeant simultanément vos poumons et vos yeux grâce aux vitres filtrant les rayons UV.

Graveuse ou découpeuse laser ?

Dans l'article qui va suivre, j'emploierai volontairement le terme générique de graveuse laser, c'est le nom employé par les constructeurs et revendeurs de ce type de machine. On parle pourtant aussi de découpeuse laser, alors quelles différences ? C'est simple, il n'y en a pas. Ce sont strictement les mêmes machines. Les premières, de très faible puissance, disponibles il y a quelques années pouvaient être vues comme de simples graveuses, n'ayant pas la capacité de découper. Aujourd'hui, ce n'est plus le cas, qui peut le plus peut le moins, pour une machine

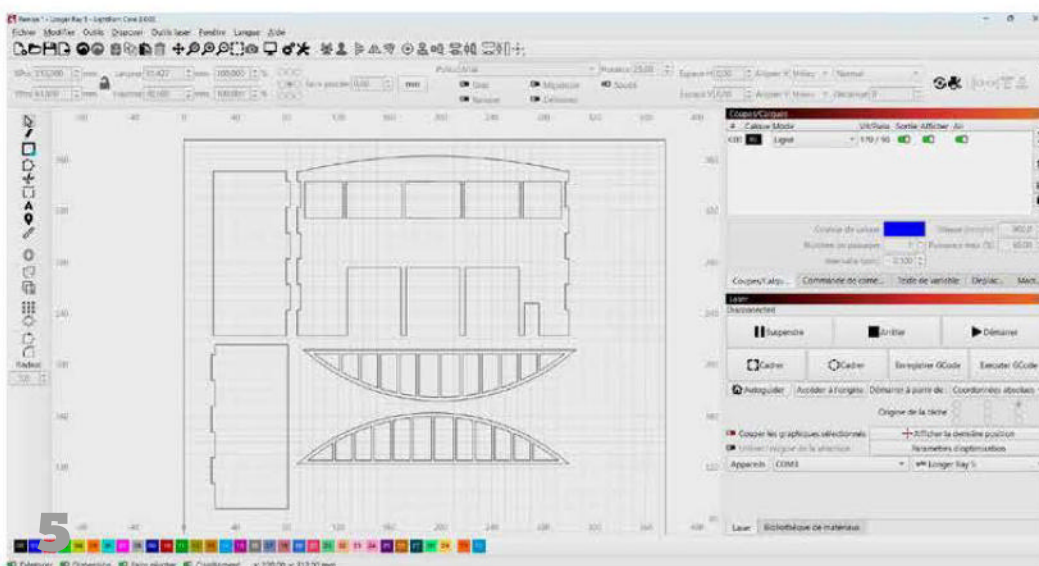
de puissance optique 10 Watts ou plus, c'est la modulation de la puissance du laser et de la vitesse de déplacement de la tête laser qui permettra de soit simplement graver en paramétrant une vitesse de travail élevée et une puissance faible ou à l'inverse découper en programmant une passe lente et à forte puissance, évidemment tant que l'on reste dans des épaisseurs de matériaux raisonnables. Et justement, quelles matières peut-on travailler, quelles épaisseurs, quelles dimensions ? Les graveuses laser sont avant tout conçues pour travailler le bois et ses dérivés. C'est cette capacité qui fait de ces machines un outil intéressant pour le modélisme. J'ai

concentré cette étude sur l'usage qui peut être fait d'une graveuse laser en modélisme ferroviaire, et par le plus grand nombre. Je ne vais donc évoquer que les machines d'un encombrement et d'un prix raisonnable. Je suis parti du principe que les besoins fréquents en découpes et gravures d'un modéliste ferroviaire n'excéderont que rarement une surface équivalente à un carré de 40 cm de côté et que les épaisseurs des matériaux découpés ne dépasseront pas 5 mm. Il ne sera donc pas ici question de fabriquer ses propres modules à l'image de ce que propose Bois-Modélisme, Decapod ou Maketis. Bien évidemment, en plus du contre-plaqué ►►



4 : Le rayon laser concentré par la lentille à la sortie de la tête laser découpe et grave en brûlant la matière.

5 : L'écran de Lightburn : à gauche, les outils de dessin, au centre, l'espace de travail et à droite, les fenêtres de configuration des couches et de pilotage de la machine. Lightburn repose sur un principe de couche, chacune représentée par une couleur que l'on peut choisir en bas de l'écran. Chaque couche peut être configurée en mode découpe ou en mode gravure en ajustant pour chacune, la puissance du laser, la vitesse de gravure et le nombre de passes.



► et du médium, tous les dérivés du bois tels les cartons, carton-bois, papiers se prêteront à merveille à la découpe et à la gravure. En revanche et comme nous le verrons dans la suite de cette étude, la découpe des métaux, plastiques et plexiglass étant l'apanage des machines professionnelles, il ne sera pas possible d'utiliser une graveuse laser grand public pour ces matières.

Le dessin

Avant d'investir, il faut clairement avoir à l'esprit qu'il faudra prendre en main au moins un logiciel pour préparer vos fichiers à envoyer à votre graveuse laser. Deux logiciels concurrents s'affrontent : Laser Grbl d'un côté et Lightburn de l'autre. Le premier est gratuit, plutôt limité et archaïque, le second est nettement plus puissant et intuitif, mais payant. À ce jour, la licence à vie est à 60 €. Ayant testé les deux, j'ai vite basculé sur Lightburn, je me suis donc acquitté de ma licence à la fin de la période d'essai de 30 jours. Une belle

communauté existe autour de Lightburn, on trouvera une multitude de tutoriaux vidéo sur YouTube. Sans connaissances, j'ai pu me lancer rapidement et sans grande difficulté. Ces deux logiciels sont avant tout destinés à paramétrer le laser en définissant la puissance, la vitesse, le nombre de passes. Même s'ils permettent de faire du dessin simple (notamment Lightburn), il faudra parfois recourir à un logiciel tiers pour réaliser des dessins vectoriels plus complexes tels que Inkscape (gratuit), Adobe Illustrator (payant) ou tout autre logiciel de dessin capable de générer des fichiers vectoriels au format standard DXF. En plus d'un ordinateur, une aisance informatique est donc nécessaire pour se lancer dans la gravure laser. Contrairement à l'impression 3D, il n'existe pas encore de bibliothèque de fichiers destinés au modélisme ferroviaire, il existe néanmoins de très intéressants sites pour générer des fichiers personnalisés pour fabriquer toutes sortes de boîtes. Exemple : <http://www.bboxes.hackerspace-bamberg.de/>

Les critères de choix

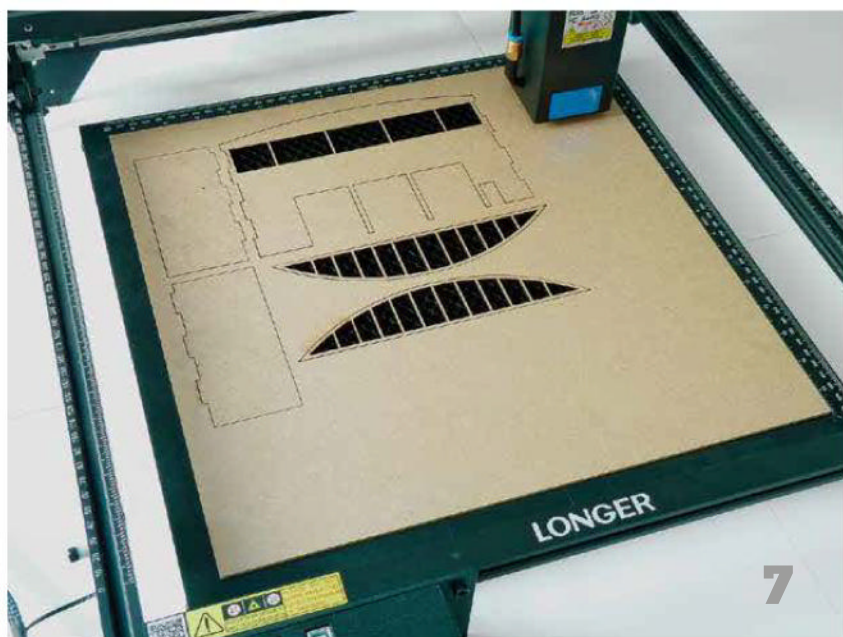
Le critère de choix numéro 1 pour la plupart d'entre nous est bien évidemment le prix. Le défi que je me suis lancé est de m'équiper d'une machine de qualité capable de combler mes envies modélistiques pour un tarif n'excédant pas celui d'une locomotive HO analogique neuve. Cela représente déjà un bel investissement, mais gardons à l'esprit qu'une telle machine nous sera profitable pour de nombreuses années. Je me suis penché sur les caractéristiques de ces engins afin de déterminer et ordonner les différents critères de choix, je ne vais énumérer ici que ceux en rapport avec notre loisir.

La technologie

Tous les graveurs lasers, quelques soient leurs technologies, reposent sur un principe commun : concentrer un faisceau lumineux de forte intensité sur une surface aussi petite que possible. Chaque technologie présente une longueur d'onde et des valeurs de puis-



6: Un laser de 10 W découpe sans difficulté du MDF de 3 mm. La découpe est ici assurée en une seule passe. Pour découper du 5 mm, deux passes seront nécessaires.



7: La surface utile de 400 x 400 mm autorise des constructions d'envergure. Du MDF (medium) de 3 mm d'épaisseur est vendu en grande surface de bricolage (planches prédécoupées de 800 x 400 mm à diviser en deux et à occuper la surface utile).

sance différentes les rendant compatibles avec la découpe ou la gravure de différents matériaux. Il existe principalement quatre technologies de laser, avec des puissances, des possibilités et des prix bien différents, c'est le premier critère sur lequel s'interroger :

– **Le Laser CO2:** C'est l'un des plus anciens et des plus utilisés par les professionnels. Le principe de fonctionnement repose sur une cartouche de gaz qui, lorsqu'elle est excitée électriquement, produit un faisceau infrarouge de forte intensité concentré et dirigé par un jeu de miroirs. Les laser CO2 permettent de découper et graver notamment le bois, le carton, le papier, le plexiglass dans des épaisseurs de plus de 10 mm, mais pas le métal brut. La puissance et la précision sont au rendez-vous, au détriment de l'encombrement et du coût. Les laser CO2 sont volumineux, souvent équipés d'un système de refroidissement, demandent des consommables (cartouches de CO2) et de

l'entretien (nettoyage et réglage des miroirs). Le prix des graveuses laser CO2 débute à environ 1000 €.

– **Le laser à diode:** technologie grand public par excellence, le laser à diode repose comme son nom l'indique sur une ou plusieurs diodes combinées créant un faisceau lumineux très précis. Le laser à diode est capable de découper tout type de bois et ses dérivés (cartons, papier,...) avec une excellente précision, mais inapte au plexiglass et au métal. L'épaisseur découppable variera en fonction de la puissance de la machine. À partir de 10 watts, l'essentiel des besoins du modéliste seront comblés. La surface utile la plus commune est de 400 mm x 400 mm, autorisant de belles créations. L'entretien se limite à un dépoussiérage et un nettoyage régulier de la lentille du laser avec de l'alcool et un coton-tige. Le prix des graveuses laser à diode est le plus accessible de ce comparatif et débute autour de 200 €.

– **Le laser Infra-rouge:** proche dans le principe des lasers à diode, le laser Infra-rouge utilise des diodes IR. Le laser infra-rouge découpe le bois et ses dérivés aussi bien qu'un laser à diode, il permet en plus de graver le métal mais pas de le découper. Les machines disponibles sur le marché sont pour la plupart de petit format. L'entretien est le même qu'un laser à diode. Les tarifs débutent à environ 1 000 €.

– **Le laser fibre:** spécifiquement adapté aux métaux, le laser fibre repose lui aussi sur des diodes laser qu'il combine à un résonateur pour obtenir un faisceau très puissant et précis. Le laser fibre peut aussi graver le bois et ses dérivés, le plastique, le plexiglass avec une grande rapidité mais dispose d'une surface de travail très restreinte n'excédant que très rarement la dizaine de centimètres au carré. Comptez plusieurs milliers d'euros pour l'entrée de gamme.

Pour une application en modélisme ne nécessitant ni de grandes puissances, ni de grandes vitesses, mais d'une bonne précision, d'une surface de travail suffisante et d'un coût d'achat et de maintenance raisonnable, c'est la technologie Laser Diode qui remporte le match.

La puissance

Le second critère sur lequel s'interroger est celui de la puissance. On pourrait imaginer que plus la puissance est élevée mieux c'est. Ce n'est pas tout à fait vrai. Plus la machine est puissante, plus elle sera capable de découper des épaisseurs importantes, plus vite ►►



8 : Le panneau de contrôle de la Longer Ray5 dispose d'un bouton marche/arrêt, d'un emplacement pour carte micro SD (fournie avec la machine ainsi que l'adaptateur USB/Micro SD) une prise USB, un bouton d'arrêt d'urgence et un écran tactile pour piloter la machine sans ordinateur.

► et en moins de passes. En revanche, l'accroissement de la puissance du laser s'accompagne souvent d'une diminution légère de la précision. Attention, au petit jeu de la course à la puissance, certains fabricants mentionnent la puissance consommée par le laser et non la puissance optique restituée. Attention donc au moment du choix, une puissance supérieure à 100 watts doit vous alerter. Naturellement, l'élévation de la puissance des laser induit une augmentation de leur prix de vente. Le meilleur rapport puissance/précision/prix est à mon sens au crédit des machines de 10 Watts. Elles sont capables de découper le medium et le contre-plaqué jusqu'à 5 mm d'épaisseur sans difficulté, c'est bien suffisant pour notre usage.

La précision

Comme évoqué précédemment, la précision est une donnée qui varie en fonction de la puissance, elle varie aussi d'un fabricant à l'autre. La précision d'un laser aussi appelée la focale, c'est le diamètre de son faisceau laser au point de contact avec la matière. Plus il est fin, plus la découpe sera précise. Le diamètre du faisceau laser varie suivant les machines de 0,05 mm à 0,12 mm de diamètre. Tant qu'à choisir une machine, autant sélectionner la plus précise mais force est de reconnaître que dans notre application, la variation de précision de l'ordre du dixième de millimètre influera fort peu sur le résultat de nos découpes.

La dimension de la zone de travail

Importante, cette donnée définit la dimension maximum que la machine est capable de graver. La plupart des graveuses à diode proposent des formats proches de 400 mm x

400 mm. C'est un format bien adapté à notre usage. Plus grand, la machine deviendrait trop encombrante. À noter pour les plus grands besoins que certains fabricants proposent des kits d'extension permettant d'agrandir les machines sur l'un ou les deux axes.

Les équipements de sécurité

Comme nous l'avons vu dans l'encadré sur les risques liés à la gravure laser, l'usage d'une telle machine n'est pas sans danger. Les fabricants proposent plusieurs options de sécurité qui peuvent répondre à ces problématiques et guider votre choix :

- **Le capteur de flamme :** il stoppe la gravure, met la machine en sécurité et vous alerte par une alarme s'il détecte une flamme.
- **Le détecteur d'immobilisation de la tête :** si la tête laser se trouve immobilisée en pleine gravure (obstacle, défaillance mécanique...) avec le laser en marche, le matériau gravé risque fort de finir par s'enflammer. Pour prévenir tout risque, le détecteur d'immobilisation de la tête stoppe immédiatement le faisceau laser si la tête laser s'immobilise.
- **Le détecteur d'inclinaison :** ce capteur détecte si la machine chute ou bascule et stoppe la tête laser.
- **Bouton arrêt d'urgence :** en rapport avec les risques précédemment énoncés, il est prudent de disposer d'un bouton d'arrêt d'urgence de type coup de poing pour répondre rapidement au moindre problème.
- **La clé de verrouillage :** le verrouillage de la machine peut être utile si la machine est accessible aux enfants, le verrouillage par clé empêche tout démarrage non autorisé.
- **Le caisson :** certaines machines haut de gamme sont dites fermées, elles disposent

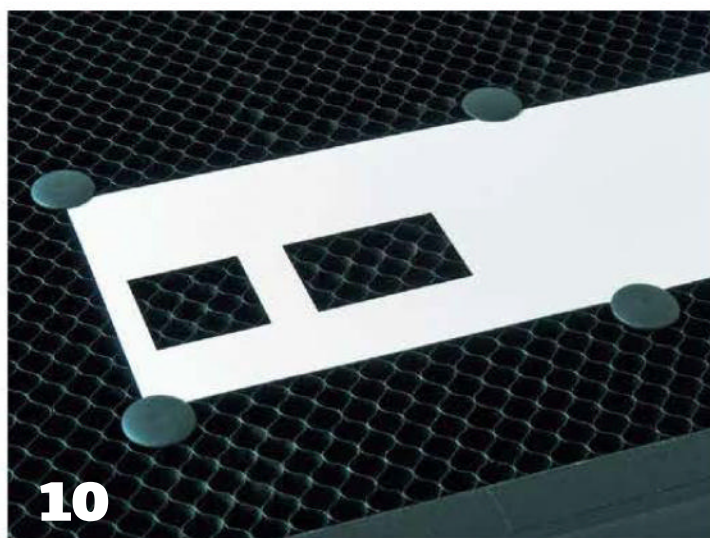
d'un caisson protégeant des rayons laser et des fumées. Elles sont munies d'un tuyau d'extraction des fumées. En revanche, les graveuses laser fermées sont plus onéreuses et plus encombrantes.

Autonomie et connectivité

Il est important de se poser la question de la façon dont sera utilisée la graveuse. À l'instar d'une imprimante 3D, une graveuse laser a besoin d'un fichier GCODE fourni par un ordinateur pour savoir quoi graver et comment. Certaines machines ne disposent que d'un port USB et nécessitent donc le raccordement à un ordinateur pendant tout le temps de la gravure. Pas forcément idéal si l'ordinateur n'est pas dans l'atelier, ou si l'on souhaite s'en servir pour d'autres tâches pendant ce temps. D'autres machines proposent une connectivité wifi. Dans ce cas, même s'il n'est plus nécessairement proche de la graveuse, l'ordinateur reste occupé pendant toute la gravure et la liaison machine PC n'aura pas forcément la stabilité requise. Enfin certaines machines sont autonomes. Elles disposent d'un petit écran tactile et d'un emplacement pour clé USB ou carte SD. Plus besoin de connexion permanente à un PC, le fichier est préparé sur ce dernier, transféré sur clé USB et lancé directement sur la graveuse.

SAV

En usage intensif, une graveuse laser peut demander le remplacement de quelques éléments, principalement la lentille de la tête laser et les courroies de translation. Il est donc important de choisir un fabricant reconnu, disposant d'un service après-vente sérieux. N'hésitez pas à consulter le site officiel du fabricant avant de vous lancer.



9: Le kit d'une machine laser se compose le plus souvent de quatre profilés constituant le cadre de la machine, l'axe Y pré monté avec le support de tête laser, le boîtier de commande, la tête laser, les courroies et la visserie. L'assemblage se fait en moins de trente minutes.

10: La structure en nid d'abeille permet non seulement d'évacuer efficacement les fumées mais aussi d'immobiliser les matériaux à graver avec les pions de fixation fournis.

Machine prête à fonctionner ou en kit

Comme nous l'avons vu, les graveuses laser à diode sont d'un encombrement non négligeable, comptez 50 cm par 50 cm sur votre plan de travail. Pour des questions d'économies logistiques, la plupart des machines d'entrée de gamme sont livrées prés assemblées en kit. Rassurez-vous, le montage est à la portée du plus grand nombre, les éléments complexes sont déjà assemblés sous forme de sous-ensembles qu'il suffit d'assembler par quelques vis tels le cadre, les pieds... Pour finir, il convient d'installer et régler les courroies crantées et réaliser quelques branchements pour que la machine soit prête à fonctionner.

La vitesse

Dernier critère de choix à mon sens, la vitesse, est comme pour l'impression 3D encore une fois, le nouveau cheval de bataille ►►

Marque/Modèle	Atomstack A10 pro V2	Acmer P1	MECPOW X3 PRO
			
Puissance optique	10 Watts	10 Watts	10 watts
Points fort	Marque reconnue dans la gravure laser Focus de 0,06 mm Surface utile de 400 mm x 400 mm Détecteur de flamme Détecteur d'inclinaison	Focus de 0,06 mm Surface utile de 400 mm x 410 mm Détecteur d'inclinaison Détecteur d'arrêt de la tête laser Bouton arrêt Urgence Verrouillage par clé	Focus de 0,06 x 0,08 mm Surface utile de 400 mm x 410 mm Bouton arrêt Urgence Verrouillage par clé Détecteur de flamme Détecteur d'inclinaison Pompe air-assist incluse
Points faible	Non autonome Pas de bouton arrêt Urgence Pompe Air-Assist non incluse	Nouveau fabricant dans la gravure laser Non autonome Pas de détecteur de flamme Pompe Air-Assist non incluse	Nouveau fabricant dans la gravure laser Non autonome
Prix	220 €	200 €	200 €

LES ÉQUIPEMENTS SUPPLÉMENTAIRES

Quelques équipements sont disponibles pour améliorer l'expérience et la qualité de gravure :

- **L'assistance d'air** : traduction littérale du nom anglais Air Assist, il s'agit d'une pompe d'air connectée via un tuyau souple directement à la tête laser qui expulse les fumées pour éviter l'effet « phares dans le brouillard » et maintenir ainsi l'efficacité constante du laser. L'Air Assist permet aussi de limiter le noircissement des découpes. L'usage de l'assistance d'air est tout particulièrement recommandé pour les découpes.
- **Le tapis nid d'abeille** : il s'agit d'un support de travail à placer sous la matière à découper. Le tapis nid d'abeille permet de protéger le plan de travail sur

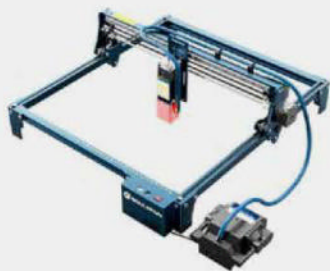
lequel est installée la graveuse et favorise l'évacuation efficace des fumées sous le matériau au travers de ses alvéoles. En outre, grâce à des pions de fixation, le tapis nid d'abeille permet d'immobiliser efficacement le matériau à graver. C'est aussi à mon sens un indispensable.

- **Enceinte de confinement** : à défaut d'investir dans une graveuse fermée, il est possible de se procurer une enceinte de confinement. La plupart de ces enceintes sont composées d'une toile ignifugée pourvue d'une vitre d'observation protégeant des rayons laser, montée sur une structure tubulaire. Un système d'extraction des fumées est présent. De quoi obtenir une machine fermée à moindres frais.

► des fabricants. Les vitesses colossales annoncées sont toutes théoriques, ne reflètent que les vitesses de déplacement entre les phases de gravure, ce qui représente une infime partie du temps total de travail, et sont finalement plutôt négligeables pour un usage amateur comme le nôtre.

Revue de marché

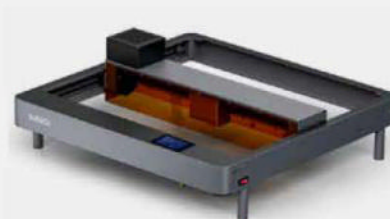
En fonction de mon usage et de mon budget, j'ai choisi de m'orienter vers une graveuse à diode de 10 watts, autonome pour la laisser à l'atelier, format 400x400 mm, avec au minimum un arrêt d'urgence, un capteur de flamme et un détecteur d'immobilisation. Limité en premier lieu par mon budget, le choix s'est naturellement restreint à six machines, toutes vendues en kit.

Sculpfun S30 Pro**Longer Ray5 10w****Elegoo Phecda 10 W**

10 watts



10 watts



10 watts

Marque reconnue dans la gravure laser
Pompe air-assist incluse
Focus de 0,06 x 0,08 mm

Surface utile de 380 x 385 mm
Non autonome
Pas de capteurs de sécurité

300 €

Marque reconnue dans la gravure laser
et l'impression 3D
Focus de 0,06 mm
Écran tactile (machine autonome)
Surface utile de 400 mm x 400 mm
Capteur de flamme
Capteur d'inclinaison
Capteur d'immobilisation de la tête
Bouton d'arrêt d'urgence

Pompe Air-Assist non inclus

200 €

Marque reconnue dans la gravure laser
et l'impression 3D
Focus de 0,06 mm
Surface utile de 400 mm x 400 mm
Écran tactile (machine autonome)
Pompe air-assist incluse
Capteur de flamme
Capteur d'inclinaison

Protection visuelle du laser perfectible
Système de filtration bruyant et inefficace

280 €



11: La longer Ray5
équipée de sa pompe
Air-Assist et d'un
tapis nid d'abeille de
marque Mecpow.

Souhaitant vivement une machine autonome sans connexion persistante avec l'ordinateur, mon choix s'est restreint à la Longer Ray5 10 W et à l'Elegoo Phecda 10 W. C'est sur la Longer que mon choix s'est porté, incité par une promotion bien venue sur une célèbre place de marché internationale. Je n'ai eu qu'à lui adjoindre un tapis nid d'abeille et une pompe Air-Assist de la même marque commandée en même temps. Prochainement, je vous proposerai de suivre le montage et le réglage de la Longer Ray5 10 W, la prise en main du logiciel de dessin et la réalisation d'un premier bâtiment, du dessin jusqu'à la découpe. ■

11