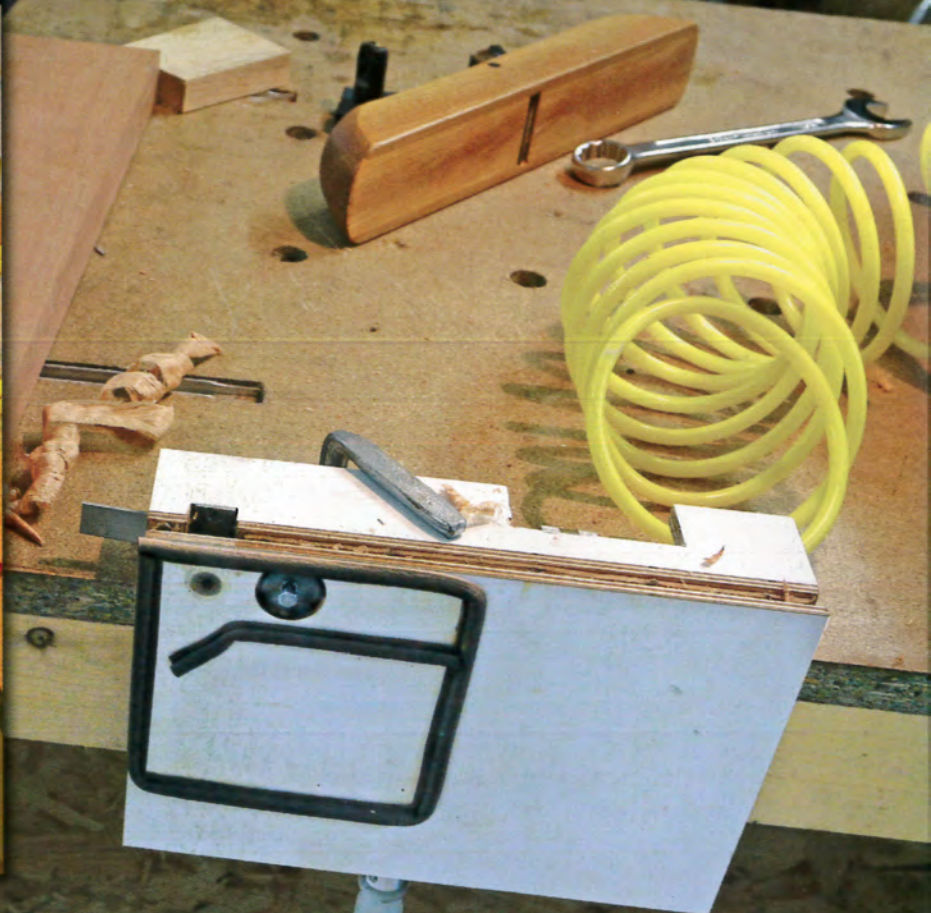


29^e année • mars-avril 2015 • n°171 • 5,40 €

le BOUVET

La lettre technique des amoureux du bois



Maintenir avec la puissance du vide

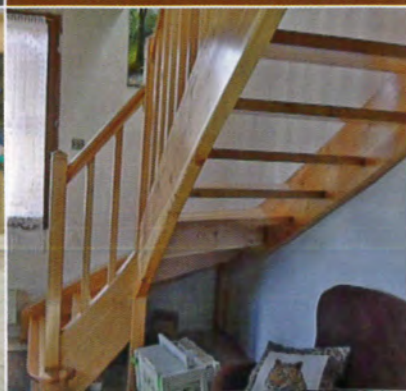
CNC : une commande
numérique à l'atelier



Du triphasé à partir
du monophasé !



Un escalier quart
tournant balancé



 martin média

L 17658 - 171 - F : 5,40 € - RD



Au cœur de la **précision**

T20 TP01

Duo T20 20 V

Le duo Triton T20 20 V propose deux options de perçage et de vissage de niveau professionnel et est alimenté par une batterie lithium-ion haute performance.

La perceuse à percussion est équipée de 16+2 réglages du couple pour s'adapter à une grande variété de matériaux et de tailles de vis. La visseuse/dévisseuse à chocs, quant à elle, délivre d'excellentes performances avec un couple soutenu de 160 Nm et 3 300 chocs par minute.

Dans la gamme d'outils professionnels sans fil Triton T20, la puissance disponible et la performance longue durée des batteries Samsung lithium-ion sont maximisées grâce à une boîte de vitesses de précision.



triton
Precision Power Tools



tritontools.fr

métiers et passions
La référence des professionnels et des passionnés !
by otelo[®]

**OUTILLAGE ET
MACHINES POUR
BOIS ET MÉTAL**



L'outil
indispensable
pour réaliser
tous vos
projets



Le bois

Le métal

L'atelier



**10€
offerts***

avec le
code promo
LB2015

* Dès 80 € d'achat
(hors frais de port).
Valable en 2015.

Catalogue
gratuit
sur simple
demande

tél. **01 34 30 39 00**

www.metiers-et-passions.com

académie
Besançon **Égreta**
HAUT-JURA)))
FORMEZ-VOUS À DEMAIN

FORMATION DIPLOMANTE

CAP ébéniste

600 heures de formation en centre
Huit semaines de stage entreprise
Suivi individualisé
Public : salarié, demandeur d'emploi, individuel

FORMATIONS COURTES

Stage intensif sur une semaine
Sculpture, tournerie, ébénisterie
Programme individualisé



GRETA DU HAUT JURA

Lycée des arts du bois
Pierre Vernotte
39260 Moirans en Montagne

CONTACT

Véronique Beaussieu
35 quai Aimé Lamy 39400 Morez
03 84 33 02 30
veronique.beaussieu@ac-besancon.fr

Votre article dans *Le Bouvet* !

Depuis sa création en 1986 par Didier Ternon, *Le Bouvet* a toujours gardé le même mode de fonctionnement : la « lettre technique des amoureux du bois » est faite pour et par ses Lecteurs. **Chacun peut y écrire des articles. Oui, vous aussi !** Pour partager vos astuces, diffuser les plans de vos réalisations, faire connaître vos méthodes de travail... Vous êtes nombreux à l'avoir fait depuis 1986, et souvent plusieurs fois. Certains sont même devenus des auteurs réguliers : Roger Pillot, Claude Gomi, Sylvian Charnot, Vincent Simonnet et tant d'autres ont commencé, comme vous, par lire *Le Bouvet* !

L'écriture d'un article demande un peu de travail : un texte, des plans, des photos... Tout cela ne se fait pas tout seul. C'est pourquoi au *Bouvet* chaque page publiée donne droit à rémunération. **Et bien sûr, vous ne vous lancez pas seul** dans cette aventure. C'est avec nous, l'équipe de la rédaction, que vous bâtissez l'article. Nous nous accordons d'abord sur le sujet à traiter, nous vous aidons à faire le plan de l'article, nous pouvons vous conseiller pour la rédaction, la réalisation du plan coté ou les prises de vues. Nous sommes toujours disponibles pendant que vous écrivez pour résoudre tous les soucis qui peuvent apparaître. Et, bien conscients que la rédaction d'article n'est pas forcément quelque chose d'inné, nous vous laissons du temps pour cela.

Évidemment, **vous n'avez à vous inquiéter ni de l'orthographe, ni de la mise en page : c'est notre travail.** Ce que nous attendons de vous, c'est un texte (de préférence saisi sous traitement de texte), des photos en haute définition, et des schémas (de préférence faits sur ordinateur).

Écrire un article dans *Le Bouvet*, c'est participer à son histoire. Et **voir son article publié, c'est très gratifiant !** Vous avez une idée ? Un « truc d'atelier » à partager ? Un beau meuble en bois, original, mettant en œuvre des techniques qui pourraient intéresser d'autres passionnés ? N'hésitez pas à nous contacter !

Un autre moyen de participer au *Bouvet*, c'est la rubrique « Défi », dans laquelle nous publions depuis bien longtemps les plus belles des réalisations que vous nous présentez. Dans cette logique, nous avons d'ailleurs décidé de renommer la rubrique « Vos Réalisations » à partir de ce numéro 171. Ici, l'objectif n'est pas de faire un article technique : il suffit de quelques photos, d'un court texte racontant votre création, et si vous êtes retenu et publié, vous remportez un an d'abonnement gratuit au *Bouvet* ! N'hésitez donc pas, à votre tour, à nous montrer les objets en bois que vous avez fabriqués, et dont vous êtes fier.

Hugues Hovasse et Luc Tridon
Le Bouvet

Sommaire

le BOUVET

n° 171 • mars-avril 2015

BLOC-NOTES

4

TECHNIQUE DES MACHINES

7

Le maintien
par le vide

MENUISERIE

13

Un escalier
quart tournant
balancé

DOSSIER

27

CNC :
une commande
numérique à l'atelier

VOS RÉALISATIONS

36

TECHNIQUE DES MACHINES

38

La puissance
du triphasé à partir
du monophasé 220 V !

PETITES ANNONCES

44

ABONNEMENT

47

le BOUVET

Bimestriel paraissant aux mois 01/03/05/07/09/11

Directeur de la publication : Arnaud Habrant

Directeur des rédactions : Charles Hervis

Fondateur : Didier Ternon

Rédacteur en chef : Hugues Hovasse

Secrétaire de rédaction technique : Luc Tridon

Maquette : Primo & Primo

P.A.O. : Hélène Mangel

10 avenue Victor-Hugo - CS 60051 - 55800 Revigny

► N° Indigo 0 825 82 63 63

Fax : 03 29 70 57 44 - E-mail : lebouvet@martinmedia.fr

Publicité : ANAT Régie : tél. 01.43.12.38.13

E-mail : m.ughetto@anatregie.fr

Diffusion : MLP

Directeur Marketing - Partenariat :

Stéphane Sorin, marketing@martinmedia.fr

Vente au numéro et réassort : Mylène Muller. Tél. 03.29.70.56.33.

Édité par Martin Media, S.A.S. au capital de 150 000 €

10 avenue Victor-Hugo - CS 60051 - 55800 Revigny

Imprimé en France par : Corlet-Roto

53300 Ambrières-les-Vallées

Imprimé par un imprimeur

IMPRIM'VERT®

ISSN 0981-7573

Commission paritaire n° 0315 K 81071

Dépôt légal : à parution - © 03-2015



CONTACT

10 avenue Victor-Hugo,

CS 60051,

55800 Revigny

► N° Indigo 0 825 82 63 63

Fax : 03 29 70 57 44

E-mail : lebouvet@martinmedia.fr

www.blb-bois.com

Ce numéro comprend un catalogue BLB Bois
dans les exemplaires à destination des abonnés

Retrouvez tous les services
du Bouvet sur :

www.blb-bois.com

> DE L'OUTIL AU COPEAU



Une centaine d'outils et techniques présentés en détail, voilà le programme de ce guide. On doit à son auteur anglais la petite encyclopédie *Travail du Bois*, un de nos « coups de cœur » lorsqu'il est paru, en 2010. Ici, il se focalise sur la façon de mener à terme huit réalisations précises. Étape par étape, il explique les procédés, les gestes. Très utilisés outre-Manche et outre-Atlantique, les outils à main trouvent une large place. Les machines sont également mises en œuvre.

Le Travail du bois pas à pas

Colin Eden-Eadon

> ASSEMBLAGES



Tenon-mortaise, rainure-languette, tourillons, lamelles... Pas de travail du bois digne de ce nom sans maîtrise des assemblages ! Nous avons choisi ce thème essentiel pour constituer le hors-série n° 7 de *BOIS+*, l'année dernière. C'est

aussi le thème de ce nouveau livre. Son auteur, John Bullar, a écrit de nombreux articles sur le travail du bois. Il cherche ici à faire découvrir à tous les passionnés, débutants ou expérimentés, la grande variété des assemblages du bois... Et comme la théorie n'est rien sans pratique, il invite chacun à mettre les principes en œuvre dans des réalisations étape par étape.

Les Assemblages du bois : toutes les techniques pas à pas

John Bullar

> MEUBLEZ-VOUS MODERNE



La tendance « design à la maison » a la cote : beaucoup de livres édités actuellement nous invitent à décorer notre intérieur à l'idée de créateurs contemporains. Surfant sur ce courant, celui-ci a en plus dans l'idée de rendre cela facile ! Un projet déjà réussi avec un premier tome paru il y a deux ans, que celui-ci complète avec la découverte de nouvelles formes. Il nous propose ainsi des modèles variés et simples à réaliser : rangements, petite table, sièges, bureau, éclairages... On est clairement loin de la grande ébénisterie et des techniques élaborées. Le bois n'est d'ailleurs pas la seule matière mise en œuvre ici. Le propos est principalement destiné aux purs débutants, aux brico-

leurs équipés d'un peu d'électroportatif, qui prendront plaisir à se meubler simplement, en suivant des schémas de montage clairs.

30 Meubles de designers à faire soi-même

Christopher Stuart

> UN GUIDE POUR BIEN DÉBUTER



Ce guide traduit de l'espagnol tranche un peu par rapport aux nombreux livres « généralistes » sur le travail du bois.

Là où la concurrence présente souvent des ateliers flambant neufs et étonnamment propres, celui-ci ouvre les portes de « vrais » ateliers, à l'image de ceux des auteurs d'articles du *Bouvet*. Les outils présentés ont du vécu, les très nombreuses photos sont réalistes (dommage que la qualité d'impression et du papier laisse un petit peu à désirer). But de la démarche : faire découvrir le travail du bois aux débutants. Mais pas n'importe lequel ! Le travail traditionnel, les « règles de l'art ». Ébénisterie, tournage, marqueterie, restauration sont ainsi les étapes de ce voyage au pays des copeaux, où le panel d'auteurs décrit les techniques de chaque domaine, rendant hommage aux façons de faire des anciens. Pas à pas, seize mises en œuvre complètes sont détaillées.

Atelier Bois : maîtriser le savoir-faire des pros

Collectif

Vous trouverez les ouvrages présentés ici auprès de leur éditeur ou en librairie. Voyez les coordonnées dans notre « Carnet d'adresses », en page 44.

> FOUSSIER : AVANTAGE ABONNÉS !

FOUSSIER
Votre Quincaillerie Professionnelle !

Nous avons négocié pour les abonnés du *Bouvet* une remise minimale de 20 % sur les produits d'une des plus grandes quincailleries en ligne, la société Foussier (25 magasins en France). Si vous êtes professionnel, vous bénéficiez même d'une remise minimale de 35 %. Les commandes doivent être faites par carte bancaire, avec livraison en relais-colis ou dans un magasin de l'enseigne. La livraison est gratuite à partir de 95 € HT d'achat. Rendez-vous donc sur www.foussier.fr et retrouvez plus de 35 000 références pour vous équiper : des vis aux fixations en passant par du matériel électroportatif et de l'outillage à main. Contactez Aline Winzenrieth par courriel (a.winzenrieth@foussier.fr) ou par téléphone au 03.87.93.80.25 en indiquant votre commande, votre nom, prénom et votre numéro d'abonné au *Bouvet*.



n°1 du bois massif Français sur internet - 100% PEFC

Parquets - Plinthes - Sous-couches - Colles - Bardages - Lames de terrasse - Huiles, vernis et lasures - Accessoires ...

FABRICANT FRANÇAIS

NOTRE SERVICE CLIENT
02 48 606 606

LIVRAISON PARTOUT EN FRANCE

330 ROUTE DE ST-AMAND - 18210 ST-PIERRE-LES-ÉTIEUX

VENTE DIRECT FABRICANT

- Plans de travail
- Panneaux massifs
- Carrelets
- Avivés
- Planches



Nouveau

Découvrez notre nouveau site !
+ de produits, + simple, toujours à prix fabricant



Commandes et conseils sur :

www.parquet-chene-massif.com



NOUVEAU

Rendez-vous sur
BLB-bois.martin-media.fr
Rubrique Revues/Tournage sur bois

Houzet Lohez Sarl
Quincaillerie d'ameublement
Produits d'Ebénisterie
www.houzetsa.com - 03 27 91 59 94 - 59 LALLAING

OUTIL-A-BOIS
VENTE D'OUTILS À BOIS
www.outil-a-bois.com

Venez découvrir notre boutique en ligne destinée aux amoureux du bois

PROBOIS MACHINOUTILS
NOUVEAU SITE NOUVELLES OFFRES
www.probois-machinoutils.com

PROMO
DES PROMOTIONS CHAQUE SEMAINE

DE 1500
REFERENCES

FRAIS DE PORT
A PARTIR DE 4€90

PAIEMENT SECURISE
CB | VIREMENT | CHEQUE

Le maintien par le vide

UNE PRESSE D'ÉTABLI À DÉPRESSION

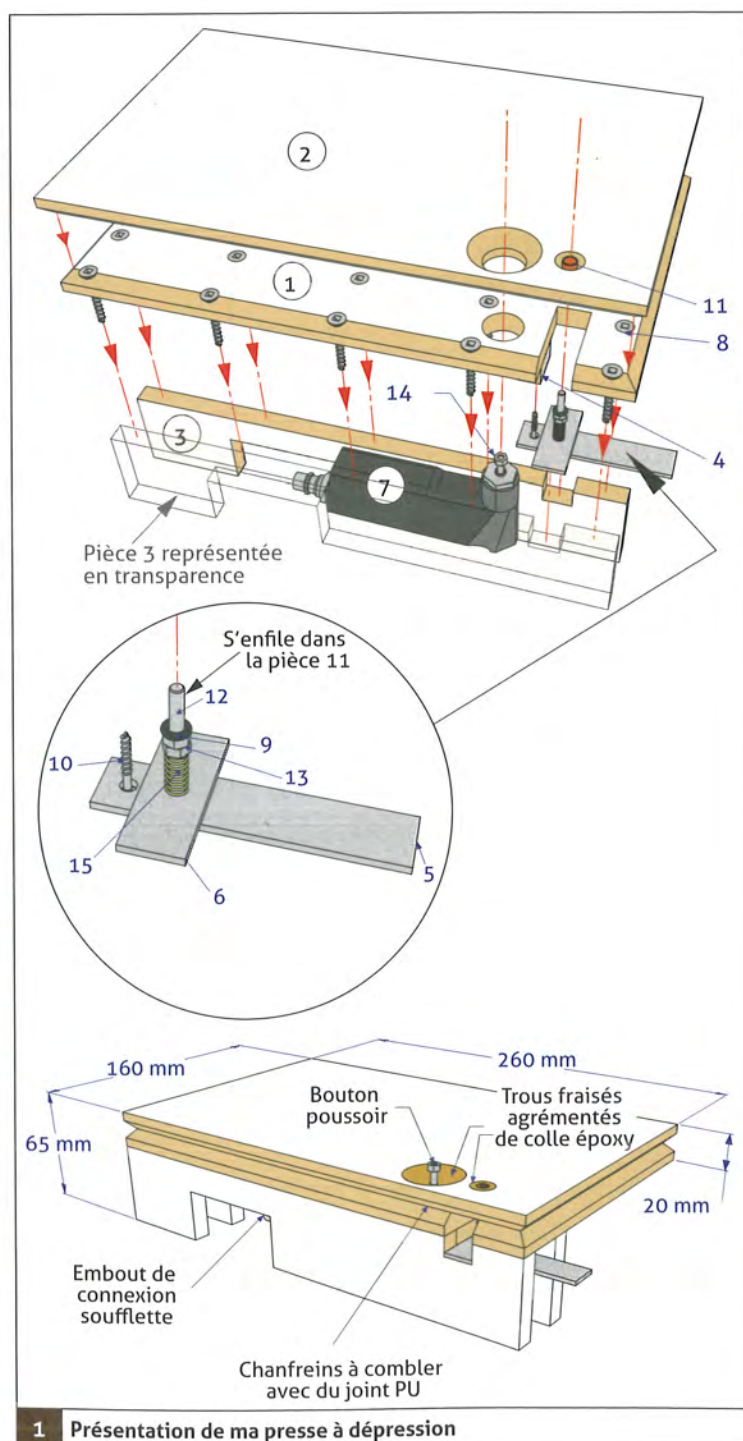
L'idée est de maintenir mes pièces de bois très facilement en utilisant la force du vide, à l'aide d'une « presse » fabriquée à partir d'un plateau à dépression de ma conception. C'est l'idéal pour le ponçage, le profilage à la défonceuse et toutes les opérations qui vont demander de bouger souvent les pièces travaillées.

Analysons plus en détail ce qui se passe. Pour illustrer l'efficacité du plateau à dépression, prenons comme référence une surface de 100 cm², soit un plateau carré de 10 cm de côté. Régions le vacuostat sur -0,6 bar. Nous allons avoir à disposition, pour maintenir la pièce, une « force » de $0,6 \times 100 = 60$ kg. C'est largement suffisant pour la plupart de nos utilisations !

Mes premiers tests ont été réalisés avec pour plateau une simple planche d'aggloméré percée d'un trou de Ø 12 mm, dans lequel j'avais vissé un raccord pneumatique de type rapide. Pour créer la dépression, le pourtour du plateau était délimité par un joint caoutchouc adhésif conçu pour les portes (bien évidemment, pas question ici d'utiliser du « joint-mousse » !). Je devais alors brancher le tuyau de ma pompe pour faire le vide sous la pièce en contact avec le joint et l'immobiliser, et à l'inverse le débrancher pour « aérer » la chambre de décompression ainsi créée et relâcher la pièce. Toutes ces manipulations étaient un peu fastidieuses, mais le système était si efficace que je l'ai tout de suite adopté, et petit à petit perfectionné.

Rep.	Désignation	Nbre.	L.	L.	Ép.	Observations
Contre plaqué bakélisté						
1	Plateau inférieur	1	260	160	10	
2	Plateau supérieur	1	260	160	10	
3	Côté	2	260	45	10	
4	Petite cale	1	18	10	10	
Aluminium						
5	Levier soupape	1	70	15	2	
6	Support	1	38,2	15	2	
Autres pièces						
7	Soufflette	1				Elle sera coupée
8	Vis	10	3,5 x 25			
9	Joint torique	1				Récupéré sur la soufflette
10	Petite vis	1	3,5 x 20			Maintient en tension le levier de la soupape, sans trop serrer, pour permettre un léger mouvement
11	Tube cuivre	1	10	6		Chute prise sur la pompe de frigo
12	Boulon	1		3 x 30		
13	Écrou	2		M3		
14	Écrou	1		M3		Épaulé sur les 3/4 de sa hauteur
15	Ressort					Issu d'une pince à linge
	Colle époxy					

Dans le précédent numéro du *Bouvet*, nous avons donné toutes les indications pour vous permettre de vous fabriquer une pompe à vide. Nous avons aussi présenté plusieurs approches pour utiliser la force de la pression atmosphérique. On peut ainsi faire le vide sur toutes les faces d'un objet à l'aide d'une « poche » : la force de la pression atmosphérique s'exerce alors dans toutes les directions et on peut l'utiliser pour différents collages, comme celui d'un placage par exemple. On peut aussi ne faire le vide que sur une seule face d'un objet, ce qui revient à l'immobiliser sur place. C'est ce deuxième aspect que je vous propose de développer dans cet article.



1 Présentation de ma presse à dépression

Remarque : afin de vous convaincre de l'efficacité du système, je vous encourage d'ailleurs vivement à réaliser un modèle de ce type, branché directement sur un moteur de frigo (voir article *Le Bouvet* n°170. C'est l'affaire de 5 min !

Je vous présente aujourd'hui le troisième prototype de ma presse à dépression. Pour parfaire ce système, je me suis inspiré de ceux du commerce. Ils utilisent un petit robinet actionné par un bouton-poussoir situé au centre du plateau. Ainsi, quand l'opérateur vient poser la pièce sur la presse, au contact du joint, il appuie également sur ce bouton et ouvre la vanne du circuit. Le vide se fait alors, dans la chambre de décompression ainsi créée entre le plateau et la pièce, et immobilise celle-ci.



2 La pièce est maintenue par une simple mise en contact...

Pour libérer la pièce, les systèmes du commerce utilisent une pédale munie d'une soupape pour créer une fuite et ainsi aérer la chambre. J'ai gardé cette idée de soupape, mais je l'ai intégrée à mon plateau à dépression. Ainsi l'ergonomie de mon système, qui n'est pas sorti en permanence, favorise son installation rapide sur l'établi !



3 ... et libérée par un simple appui sur un levier prévu à cet effet

Le « robinet à bouton-poussoir » et la soupape

L'élément qui m'a le plus torturé l'esprit c'est le « robinet à bouton-poussoir ». D'une part, comme pour la fabrication de la pompe à vide, je voulais faire un système à moindre coût, à base de récupération. D'autre part, dans le commerce, les robinets de ce type ne se trouvent pas facilement et n'ont pas leur sortie dans le même axe que le poussoir...

J'ai fini par trouver une solution, en modifiant une soufflette de compresseur. J'ai commencé par couper sa partie supérieure.



4 Je commence par couper la partie supérieure de la soufflette...

La soufflette amputée, j'ai pu découvrir sous la gâchette mon « robinet à bouton poussoir ».



5 Je conserve sa partie inférieure

J'ai bouché l'extrémité de la canalisation découverte avec du joint-colle PU.



6 J'obture la canalisation avec du joint PU

Et j'ai démonté le robinet.. Dans l'ordre, on trouve : l'écrou-bouchon, le joint torique qui fait l'étanchéité autour de l'axe du poussoir, un système de joint qui peut être différent d'une soufflette à l'autre, et un ressort.



7 Je démonte le « robinet »

La sortie normale étant bouchée, j'ai simplement supprimé le joint torique, afin de permettre le passage de l'air le long de l'axe du poussoir. Ainsi, quand on appuie sur le poussoir du robinet, l'air ne peut passer que par l'espace entre l'axe et le trou de l'écrou-bouchon, que j'ai donc agrandi pour augmenter le débit.



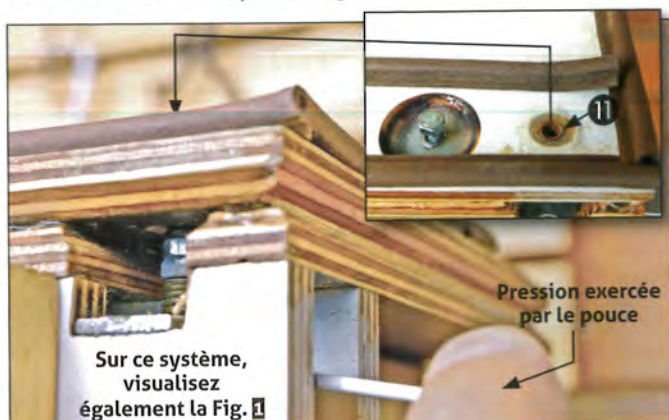
8 J'agrandis le trou de l'écrou-bouchon

Il est important de conserver le ressort d'origine car il est puissant, et lutte contre la pression atmosphérique qui a tendance à ouvrir le robinet. En contrepartie, comme le bout de l'axe est fin, la force de ce ressort risque de marquer les bois tendres lors de l'utilisation de la presse. Pour y remédier, j'ai collé à l'époxy, sur cette extrémité, un petit écrou dont j'ai agrandi le trou sur les 3/4 de sa hauteur afin de créer un épaulement.



9 Je m'arrange pour que le bois ne soit pas marqué par le bouton-poussoir du robinet

Pour réaliser la soupape, je réutilise le joint torique de la soufflette, que je monte sur une vis avec deux écrous. Il vient ainsi, en position fermée, assurer l'étanchéité du plateau à dépression, l'ensemble obturant l'orifice préalablement créé par un petit morceau de tube de cuivre de $\varnothing 6$ mm (récupéré sur le moteur de frigo) collé au travers du plateau supérieur. Le tout est maintenu en compression par le ressort d'une pince à linge, tandis qu'un petit levier en aluminium permet par une simple manipulation du haut vers le bas d'écarter le joint torique du tube et d'aérer le plateau.



10 Dispositif de condamnation et d'ouverture de la chambre de décompression

La structure

Je ne vais pas détailler la structure : elle est très simple et je vous encourage à l'adapter en fonction de votre environnement de travail. Je vais par contre vous faire part de mon expérience pour énoncer une série de conseils qui devraient vous éviter quelques écueils :

1. Pas d'aggloméré ou de MDF : ils sont beaucoup trop poreux. J'ai utilisé un contreplaqué « bakélinisé » de bonne qualité.
2. Pas de vis dans le plateau à dépression lui-même : d'où ma conception avec ce plateau doublé d'un support (second plateau !) collé à l'époxy.
3. Prévoir des précautions supplémentaires pour l'étanchéité, on ne sait jamais !
 - j'ai par exemple réalisé une étanchéité complémentaire à l'époxy sur les chants ;
 - en cas de fuite vers le plateau inférieur, j'ai réalisé un chanfrein sur le pourtour de chacune des surfaces des deux plateaux en contact, afin de pouvoir y insérer un cordon de joint PU et renforcer ainsi l'étanchéité en périphérie.
4. Prendre beaucoup de soin pour réaliser les raccords bois/métal : j'ai systématiquement dégraissé le métal et usiné un chanfrein, afin d'avoir de la place pour glisser de la colle époxy.

Le plateau à dépression

J'ai testé différents types de joints faciles à trouver en grandes surfaces pour réaliser l'étanchéité de la chambre de décompression. Les joints-mousses ne fonctionnent pas ! Il faut absolument du joint caoutchouc. Il en existe des plats, plus ou moins larges, et des tubulaires.



11 Des joints disponibles dans n'importe quelle grande surface de bricolage !

Cette dernière catégorie est parfaite pour épouser les déformations des bois irréguliers. Mais lors des efforts latéraux, le tube roule et notre pièce peut légèrement bouger. Il est donc préférable, par exemple pour ceux qui voudraient adapter ce système sur une machine à commande numérique dépendante d'une technologie qui ne tolère aucun déplacement, d'utiliser du joint plat. Par contre, ce type de joint acceptera moins les irrégularités !

Je change de joint régulièrement en fonction de mes besoins : leur mise en œuvre ne requiert pas de soin particulier, puisque leur étanchéité est favorisée par l'écrasement induit par la dépression créée dans la chambre. La majeure partie du temps, je réalise l'enceinte de la chambre de décompression sur la base d'un carré de joint d'environ 10 cm, que je fractionne au besoin à l'aide d'un petit morceau supplémentaire. Ceci me permet de maintenir des pièces de bois étroites.

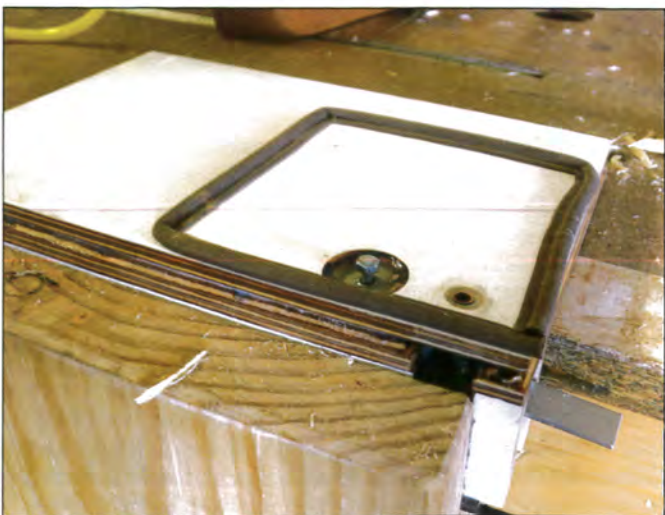


12 Utilisation de la totalité de la chambre



13 Utilisation partielle de la chambre...

Le plus souvent, je fixe mon plateau à dépression dans ma presse d'établi en position horizontale.



14 ... en position horizontale ...

Mais il m'arrive de le fixer en position verticale avec un serre-joint. Ce n'est encore qu'un prototype !



15 ... ou verticale

Pour aller plus loin

Mon prototype de presse à dépression mérite encore deux ou trois améliorations. La première, c'est de pouvoir le fixer sur l'établi avec le vide. Ce n'est pas compliqué : il suffit de concevoir un support intégré, sur le même modèle que le plateau à dépression, relié au circuit de vide via un raccord en Y (je le ferai sûrement quand mon établi me le permettra !). La seconde amélioration serait de permettre le basculement de la table pour fixer les pièces de bois dans un plan vertical plus facilement. Enfin, une annexe déportée pour la fixation de pièces longues serait également un plus, voire un luxe...

GABARIT SOUS VIDE

J'utilise également le vide pour fixer mes gabarits avant de passer à la toupie. Il y a des avantages :

- La fixation est extrêmement puissante, puisque je fais le vide sur toute la surface du gabarit. Dans le cas de cette traverse de lit (8 cm de large sur environ 50 cm de long, soit 400 cm² soumis à une pression de -0,7 bar), cela équivaut à une force « d'attraction » de 280 kg.
- La force est répartie de manière homogène jusqu'au plus près de la zone à usiner. Je trouve que cette caractéristique n'est pas négligeable ! Car pour avoir la même qualité de serrage avec des sauterelles, cela se fait souvent au détriment de la sécurité, leur proximité obligeant à relever les protections.

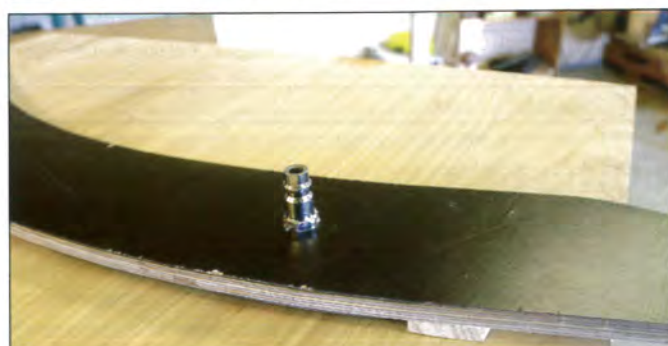


- Pour ce qui est du temps de préparation du gabarit, entre la fixation des sauterelles ou la pose du joint, cela me semble équivalent.

Comme des inconvénients :

- Malgré un meilleur maintien, la fixation par le vide n'est pas forcément plus ergonomique que la fixation par sauterelles, du fait de la nécessité de raccorder l'ensemble à la pompe à vide par le biais d'un tuyau.
- Une contrainte forte de l'utilisation du vide pour contrôler la qualité du travail en cours est que le gabarit est obligatoirement fixé par le dessus. **Mais c'est aussi un gage de sécurité, l'outil travaillant alors « par dessous ».**

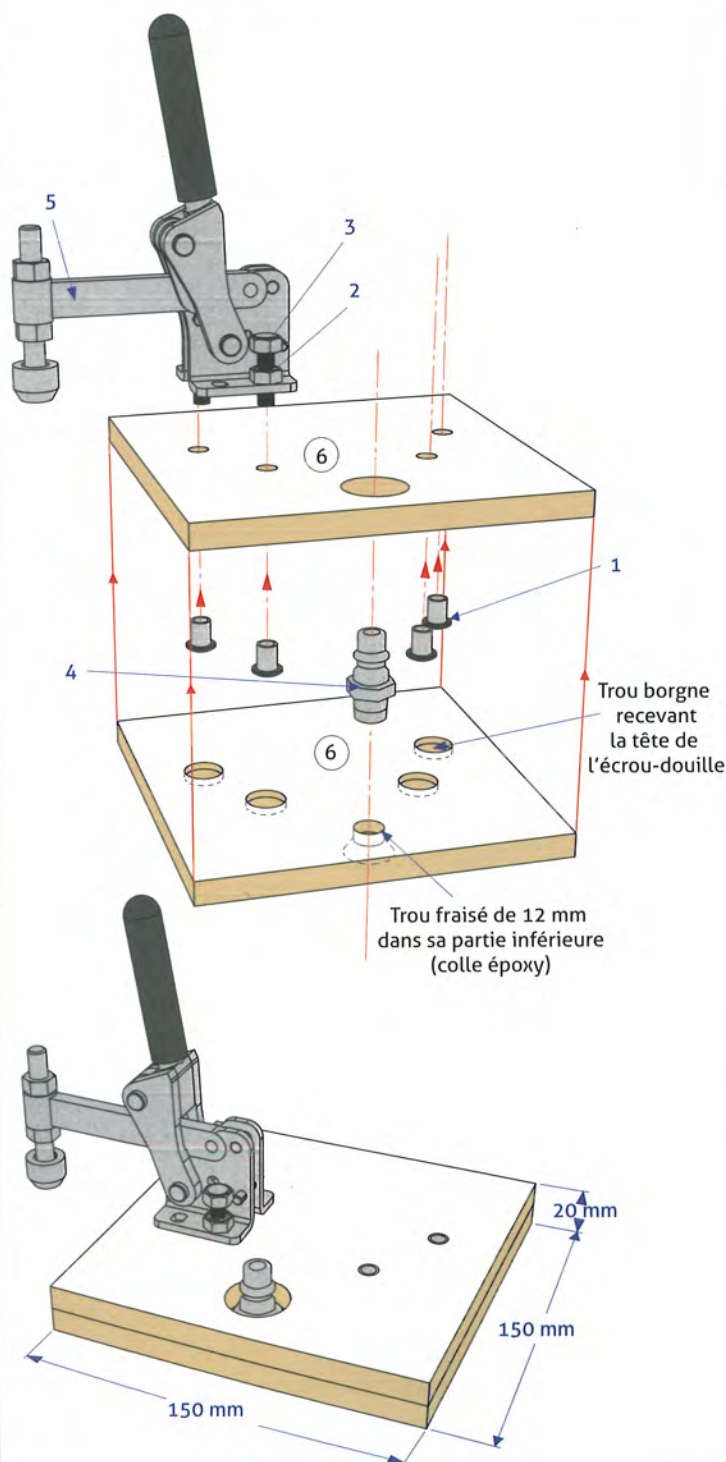
Pour réaliser ce système de fixation de gabarit sous vide, c'est très simple : il suffit de percer un trou de Ø 12 mm et d'y visser un raccord rapide mâle de type pneumatique. Si le gabarit est utilisé pour de nombreuses pièces, j'ajoute une petite étanchéité autour du raccord : cela évite que la pompe ne travaille trop à cause des micro-fuites. Ensuite, avec le même joint caoutchouc que pour la presse à dépression, je fais le tour de la partie inférieure du gabarit.



Une fois toutes ces opérations effectuées, il suffit d'y brancher la pompe et de plaquer le gabarit sur la pièce de bois à usiner avant de se diriger vers la toupie ou la défonceuse montée en fixe.

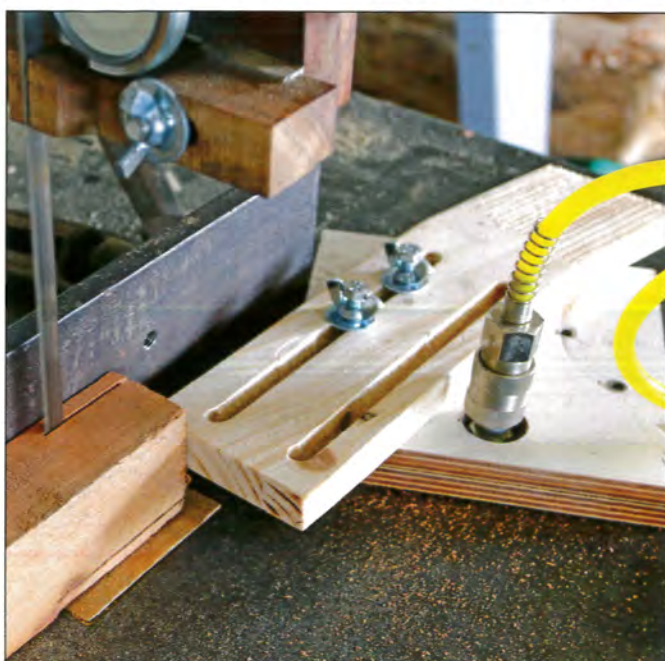
Cette technique peut également être une alternative intéressante à la colle à chaud quand vous voulez faire un fraisage d'inclusion en « plein panneau » et qu'il n'est pas possible de visser ou d'utiliser des serre-joints pour fixer le gabarit.

UNE TROISIÈME MAIN DANS L'ATELIER !



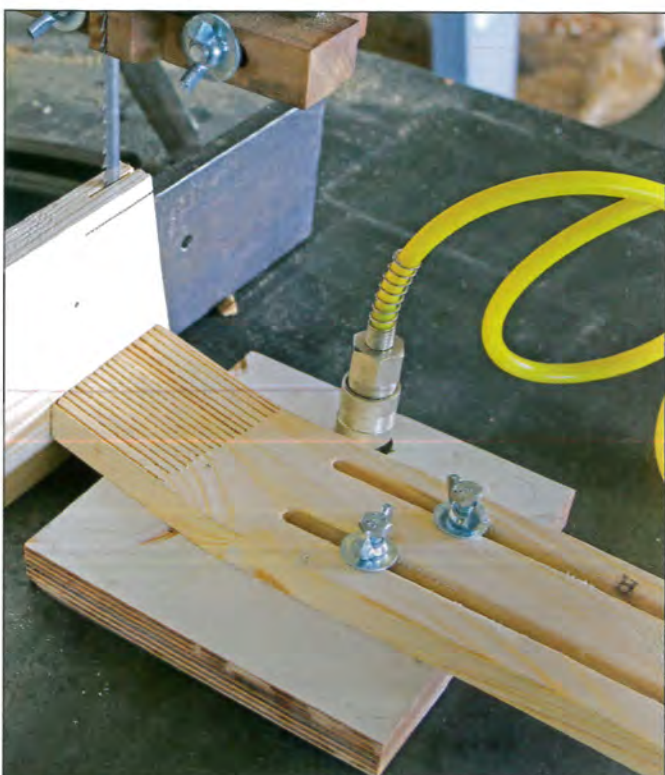
Rep.	Désignation	Nbre.	L.	L.	Ép.
1	Écrou-douille ou écrou-griffe	4	En fonction de ce que vous avez en stock		
2	Écrou	4			
3	Boulon	4			
4	Raccord rapide mâle	1			
5	Sauterelle	1			
6	Plateau (inf et sup, en contreplaqué bakélinisé)	2	150	150	10

Enfin, sur le même principe que la presse à dépression, je me suis fabriqué une troisième et une quatrième main ! Il s'agit de supports multifonctions, qui peuvent se fixer sur presque tout. Par exemple sur la table de la machine, pour servir de butée.



20 Utilisation en mode butée...

En leur ajoutant un peigne, ils serviront de presseur.



21 ... en mode presseur...



22 ... ou encore en mode servante

Mais ils se fixent aussi sur les murs, même rugueux, pour tous les travaux où l'on regrette d'être seul. Dans certains cas, j'y monte une sauterelle, et il devient alors très simple d'immobiliser une équerre pendant que je vérifie que l'étagère est de niveau, par exemple (Photo 22).

Pour les agrémenter d'accessoires, j'ai utilisé des écrous-douilles récupérés au moment du démontage d'une cuisine. Mais ce n'est pas une obligation : du moment que vous faites attention à ne pas endommager le plateau inférieur et à maintenir l'étanchéité. Après, il vous suffit d'adapter les moyens de fixation en fonction des utilisations à venir. Ainsi, des écrous-griffes, des inserts à visser, ou même un rail alu « en T » peuvent être rapportés.

CONCLUSION

Je n'ai certainement pas listé de manière exhaustive les moyens d'utiliser le vide comme solution de maintien. J'espère cependant qu'en vous présentant ces trois exemples, je vous ai donné un peu d'inspiration et surtout les idées de départ pour que vous puissiez laisser libre cours à votre imagination ! ■

Un escalier quart tournant balancé

Pour qu'un escalier à quart tournant soit agréable et facile à monter, il faut qu'il soit balancé. Cette particularité réclame beaucoup de soin et d'application tout au long de sa fabrication. Au-delà des contraintes inhérentes d'une part au contexte de l'installation, et d'autre part à la solidité de l'ensemble et à la résistance des matériaux ! Par souci de confort et de sécurité, le rayonnement des marches du virage demande par exemple une attention particulière. Et fait appel à des techniques de mise en plan bien spécifiques. Je vais vous expliquer en détail comment j'ai procédé pour celui en mélèze que je me suis fabriqué pour un chalet.



Les termes techniques, en gras dans le texte, sont tous rassemblés sur la Fig. 1, p. 15.

AVANT DE DÉBUTER

Si, comme cela a été le cas pour moi, cet escalier est le premier que vous réalisez, je ne saurais trop vous recommander de commencer par lire des publications consacrées au sujet. Je me suis imprégné essentiellement de trois sources. Les « Recueils rouges » n° 14 et 15 du *Bouvet*, qui contiennent une série d'articles apportant les bases indispensables pour ce type de réalisation (voyez aussi l'article complet et synthétique du *Bouvet* n° 112). Et le livre *Construction artisanale d'escaliers en bois* de Willibald Mannes, qui est une mine d'or en conseils, en techniques, et qui aborde un si grand nombre de cas de figure que vous y retrouverez votre propre situation. De plus, les croquis sont très explicites et bien compréhensibles. Pour cet article, je supposerai donc que les termes techniques sont connus.

LES CONTRAINTES

Avant d'aborder la phase de réalisation des plans, il faut passer en revue toutes les contraintes, quelquefois opposées, et, dans un premier temps, les contraintes contextuelles.

Sur la photo en début de cet article, on aperçoit une fenêtre et un convecteur au dessous, qui vont définir une taille maximale de la volée basse (la **reculée de départ**). En haut, une poutre béton (dans laquelle sont ancrées les poutres en bois soutenant le plancher du niveau supérieur) détermine une hauteur maximale des marches à l'aplomb de celle-ci pour éviter le « coup de tête » (**l'échappée**). La volée haute de l'escalier s'insère donc dans une trémie qui induit deux nouvelles contraintes : la largeur maxi-

male et la longueur, qui deviendra pour notre escalier la **reculée d'arrivée**. Enfin, il faut bien sûr tenir compte de la distance entre les niveaux finis des planchers reliés par l'escalier.

En fonction de ces données, on va intégrer une nouvelle contrainte caractéristique des escaliers, la « **formule de Blondel** », qui préconise une foulée (1 giron + 2 hauteurs de marche) entre 600 et 640 mm de longueur. Pour y satisfaire, j'ai calculé qu'il me fallait 16 marches de giron 260 mm pour une hauteur de 180 mm, soit une foulée de 620 mm.

CHOIX DES ÉPAISSEURS

Dans l'intérieur rustique d'un chalet des Alpes, il serait malvenu de prévoir des épaisseurs de bois telles celles que l'on trouve chez les escaliers industriels. J'ai donc choisi une épaisseur de 60 mm finis pour les limons, 40 mm pour les marches, et 20 mm pour les contremarches. Par ailleurs, l'essence reine des Alpes étant le mélèze, c'est elle que j'ai choisie pour la réalisation. J'ai utilisé des plateaux ayant séché plusieurs années (taux d'hygrométrie de 9 %), d'autant qu'en dessous de l'escalier se trouve une cheminée.

LES PLANS

Il est temps de passer au tracé des plans et, en particulier la projection verticale (Fig. 1). On a choisi un **emmarchement** de 750 mm pour la volée haute, permettant de laisser un jeu d'environ 10 mm entre le « **limon sur jour** » (ou « limon de rampe », ou « limon intérieur ») et la poutre béton. Par ailleurs, pour un

LE BALANCEMENT

Sur un quart tournant non balancé, les marches du virage vont rayonner de manière régulière, avec une valeur de collet régulière, et relativement petite : sa montée ou sa descente sur la « ligne de giron » (ou « ligne de foulée ») assurera le confort souhaité (loi de Blondel)... à condition de ne pas en dévier ! Auquel cas son utilisation serait même potentiellement dangereuse.

Pour une plus grande souplesse d'utilisation et un gain de sécurité, la solution est donc de pratiquer ce que l'on nomme un « balancement » : on va chercher à élargir les collets des marches situées dans le virage, ceci sans en modifier la largeur au niveau de la ligne de giron, ce qui revient à en diminuer la largeur de queue. Et on va s'appliquer à le faire de manière progressive, afin que l'utilisateur puisse

Quart tournant non balancé

prendre la « mesure » de cette variation. À l'approche du virage, le collet des marches va donc progressivement diminuer, et inversement s'élargir en s'éloignant du virage, jusqu'à redevenir de taille « normale » et régulière. Cela aura forcément une incidence sur la forme des marches de part et d'autre de ce virage (exemple illustré sur la Fig. 1).

En général, le balancement se limite à quelques marches : entre 3 et 5 marches sont concernées sur chacune des volées du « quart tournant », sans prendre en compte la marche d'angle. Une pratique tend aussi à dire que sur un escalier à quart tournant bas (balancé !), la première marche à nouveau droite sur la volée supérieure est placée à une distance du limon extérieur de la volée basse (référence prise côté mur de celui que l'on peut ici nommer « faux limon ») correspondant environ au double de la largeur de cette volée (largeur escalier en partie basse).

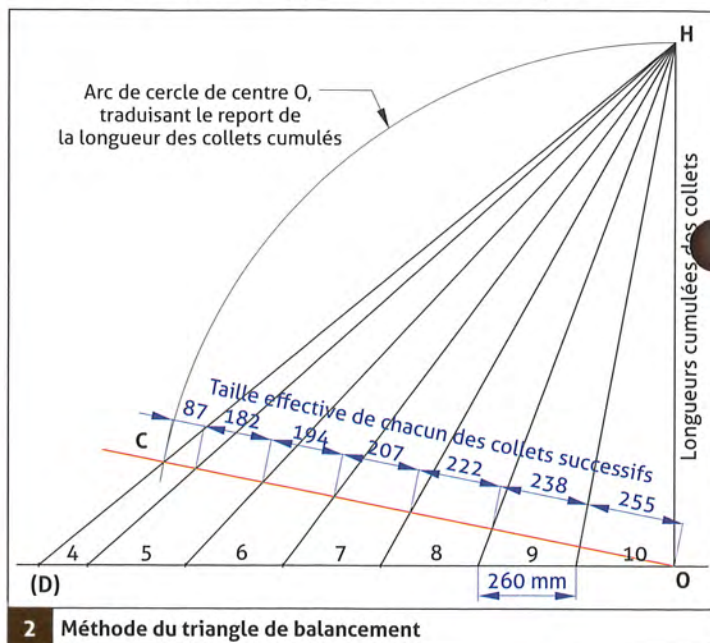
Pour un balancement idéal, il faut autant que possible que la largeur de « queue » de la marche située dans l'angle soit répartie de manière équitable par rapport à la bissectrice de l'angle formé par la jonction des deux limons extérieurs

(ici appelés « faux limons »). Ce balancement peut se faire à l'œil pour les plus expérimentés, ou à l'aide de méthodes de tracés géométriques. ■



Quart tournant balancé

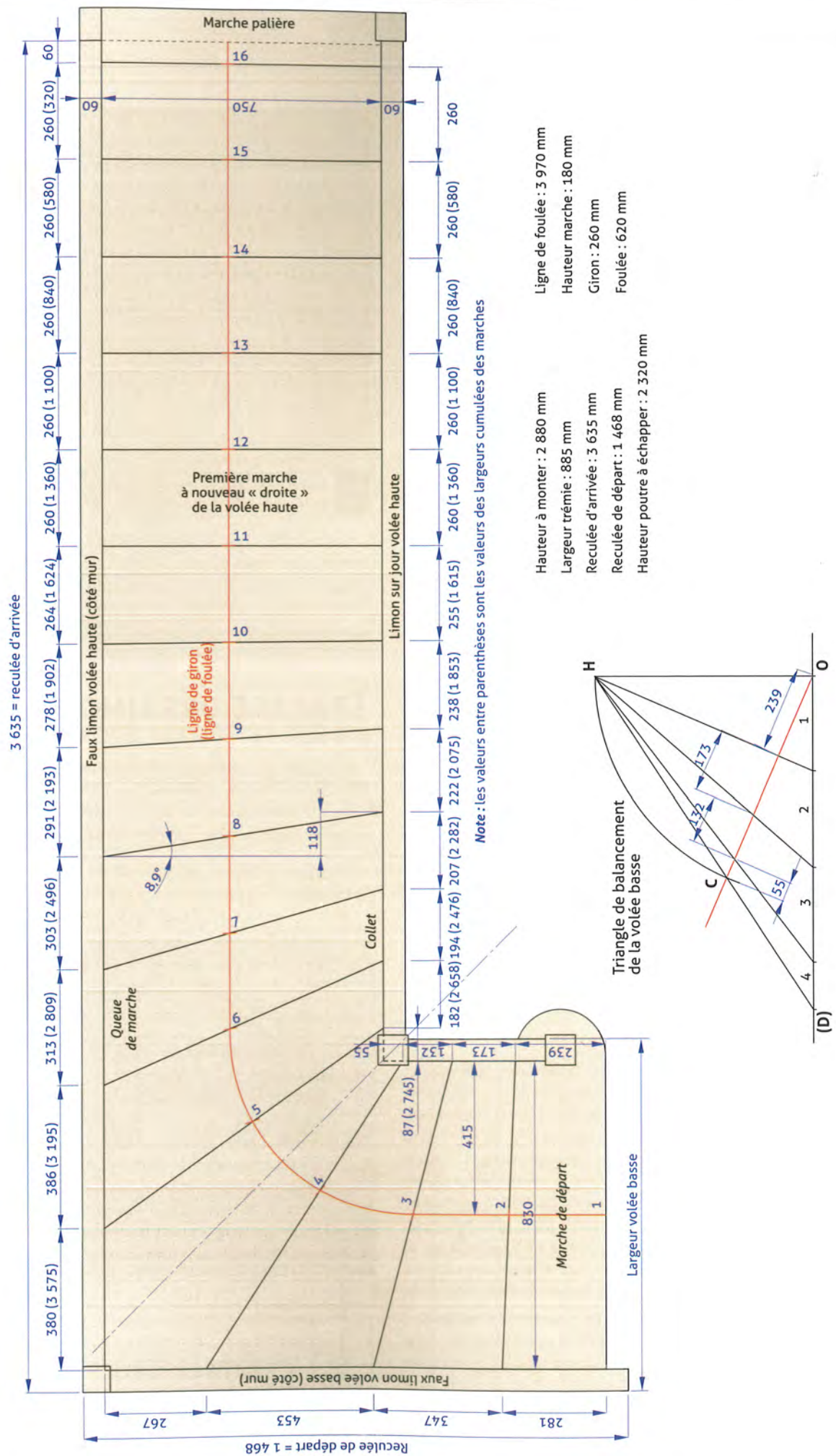
meilleur accueil de l'escalier, la volée basse bénéficiera d'un emmarchement de 830 mm (généralement, on dit qu'elle peut être entre 5 et 10 % plus large que la volée haute). Une fois les contraintes contextuelles posées (poutre, fenêtre...) et les limons dessinés, on trace la **ligne de foulée** qui, pour une largeur de cet ordre, se situe au milieu des marches. Mais ici, mon escalier comportant deux volées de largeur différentes, j'ai pris pour référence la volée basse, qui s'approche le plus des valeurs « standards » (correspondant à une distance correcte en considérant notre main agrippée à la rampe). À l'aide d'un compas, et à partir de la marche palière (généralement 60 mm de large), on coupe cette ligne en intervalles réguliers de la valeur du giron choisi.



Pour déterminer le balancement, j'ai opéré par moitié avec la méthode du triangle de balancement (Fig. 2). Sur une droite (D), on trace une série de segments dont la longueur correspond au giron sur la ligne de foulée de la volée haute pour les marches 4 à 10 (la marche 4 se partage entre volée haute et volée basse). De O, on élève un segment OH perpendiculaire à (D) dont la taille correspond à la longueur cumulée des collets sur les marches concernées, du côté du limon sur jour (limon intérieur dans un cadre plus général). À partir du point ainsi défini, on abaisse les obliques vers les points délimitant les segments de la droite (D). Avec un compas, on reporte la longueur OH en OC. Les segments déterminés par le croisement des obliques avec la droite OC correspondent aux collets effectifs (nouvelles valeurs de collets) des marches balancées. Il ne reste plus qu'à reporter la valeur de ces différents segments sur le tracé du limon sur jour. Après avoir procédé de même pour la volée basse, on obtient le plan de la Fig. 1. Les longueurs cumulées des collets de marche sont notées sur les limons sur jour et celles des queues de marches sur les faux limons.

Enfin pour chaque marche balancée i l'angle α_i formé par le nez de marche et la perpendiculaire aux limons a été rajouté. Par exemple, la marche 8 affiche un décalage de 118 mm ($2\,193 - 2\,075$). L'emmarchement étant de 750 mm, tangente (α_i) = $118/750$. Donc $\alpha_i = \arctg(118/750) = 8,95^\circ$.

Avec les patrons de marches et de limons que nous allons réaliser, ces calculs peuvent sembler inutiles mais, tout au long de la réalisation, j'ai voulu confirmer les mesures par les calculs, et c'est tellement simple de les obtenir avec une feuille de tableur qu'il ne faut pas s'en priver.



1 Plan en vue de dessus (projection verticale), marches balancées

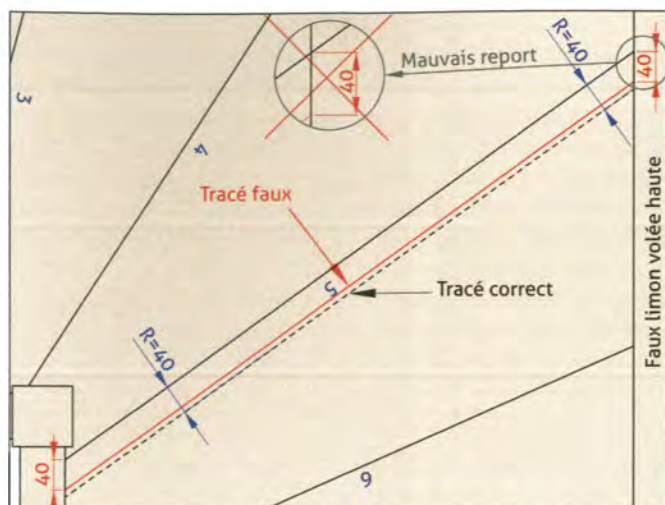
LES PATRONS

Plutôt que de faire une épure en atelier, j'ai tracé l'escalier sur place, en vraie grandeur, sur les murs et au sol. À partir de la **marche palière** (marche d'arrivée) et à l'horizontale du niveau fini du palier, on trace les largeurs des girons de queue en fonction des mesures obtenues sur le plan en projection verticale. On descend ensuite les verticales issues de ces points.

À partir du niveau fini du palier supérieur, on trace au mur, sur une verticale, les points espacés de la valeur choisie pour la hauteur des marches. Ces points prolongés à l'horizontale permettent finalement de tracer les girons de queue des marches sans tenir compte du recouvrement.

On peut à présent réaliser les patrons des marches, en débutant par la marche palière. On trace sur carton chacune des marches selon les mesures établies dans le plan, en rajoutant de chaque côté, la profondeur d'entaillage des limons (20 mm) et, sur l'arrière, la valeur du recouvrement.

Attention : il ne suffit pas toujours de prolonger les largeurs de collets et de queues obtenues en projection verticale de la valeur de ce recouvrement et de joindre les points projetés, car pour les marches biaises, comme le montre la Fig. 4, vous introduiriez mathématiquement une erreur. De manière plus empirique, procédez plutôt en vous calquant sur l'épure en projection verticale, après avoir reporté le tracé de l'arête du nez de la marche supérieure sur le patron de la marche à représenter. Utilisez une bande de carton dont la largeur correspond à la valeur de recouvrement, et alignez-la à l'arête repérée auparavant. Vous pourrez de cette manière définir précisément le contour arrière recherché et découper.



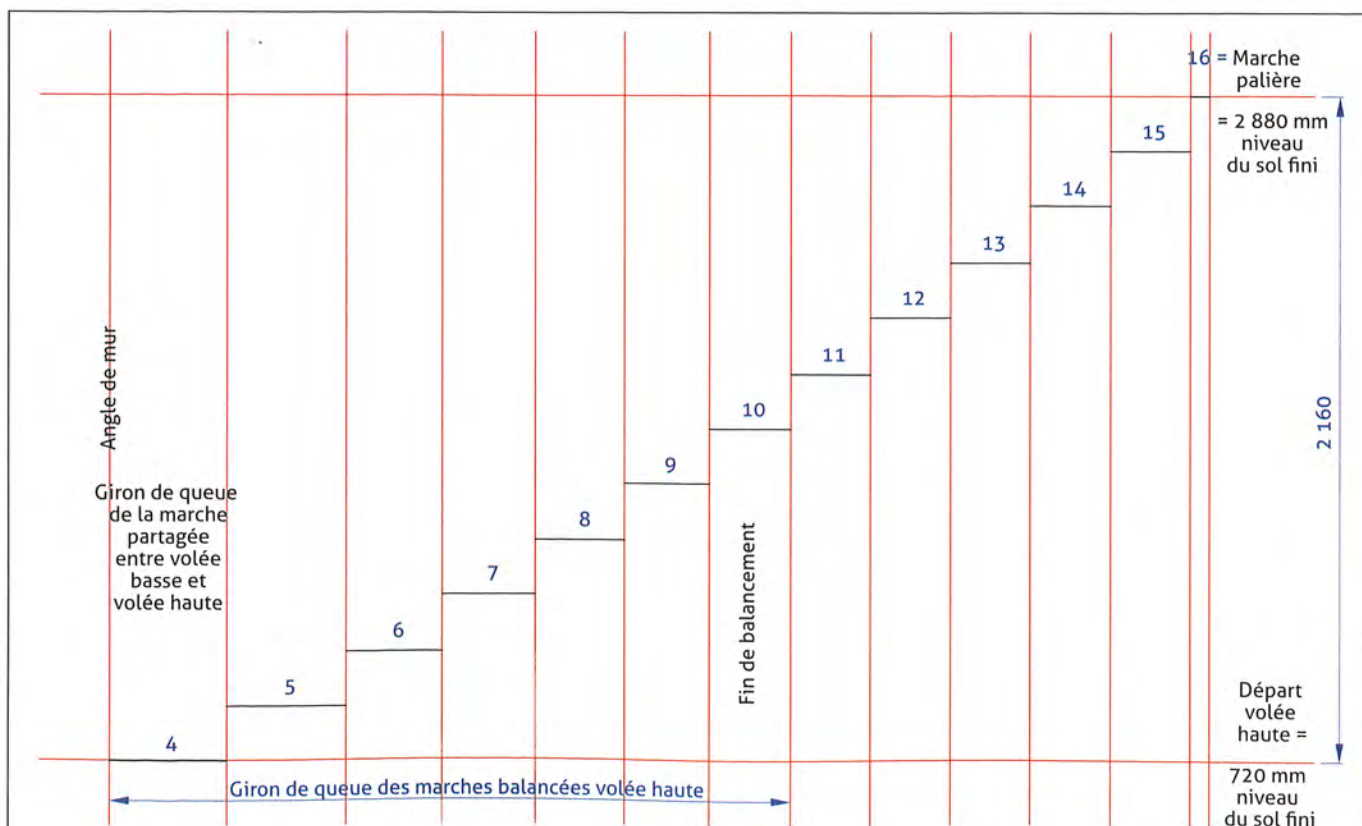
4 Déduction des patrons des marches balancés en fonction de la valeur du recouvrement

Ces patrons vont permettre d'obtenir une représentation des marches qui nous aidera, comme nous le verrons, en plusieurs occasions : validation de l'entaillage des limons, optimisation des chutes de bois par un positionnement judicieux des marches, pré-débit des marches et même, une fois l'escalier fini, protection des marches dans l'attente du vernissage...

TRAÇAGE DES LIMONS

Le traçage commence par la réalisation d'un patron papier (un reste de rouleau de tapisserie fera l'affaire).

On utilisera essentiellement un crayon et deux équerres fabriquées en contreplaqué : l'une servira à tracer la hauteur de marche,



3 Report des hauteurs de marche et des valeurs de giron en queue de marche sur le mur



5 Création des patrons

l'autre le giron. Pour plus de rapidité, on pourra tracer sur l'une un trait à une distance de l'angle droit égale à la hauteur et sur l'autre une série de traits pour les giron de queue successifs.

D'après le tracé brut, que l'on reproduit sur ce nouveau support, on trace l'emprise des marches et des contremarches. Puis les courbes qui déterminent la forme du limon par rapport aux extrémités haute et basse des ensembles marches-contremarches, à une distance définie de 50 mm (Fig. 7).

On trace ainsi les patrons des quatre limons et on peut passer à l'atelier pour débiter la réalisation.

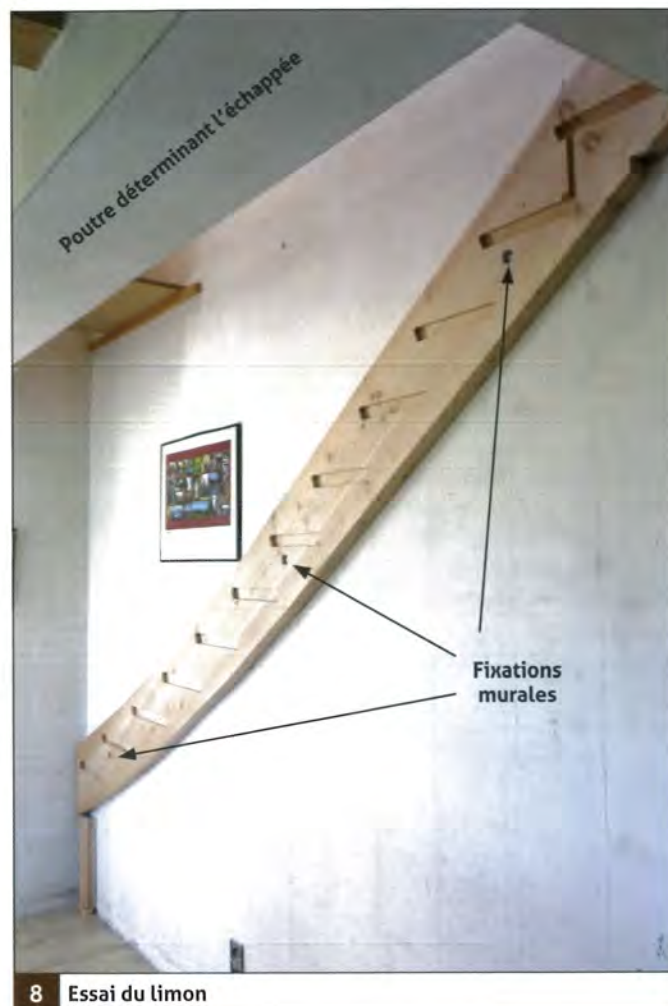


6 Traçage des limons

FABRICATION DES LIMONS

Le moment tant attendu de passer à la réalisation est arrivé ! Le mélèze étant un bois relativement dense, les sections choisies rendent la manipulation de pièces de grande dimension telles que des limons éreintantes. Et même sec, le mélèze est un bois

très nerveux. J'ai donc préféré déligner les plateaux en bastinges de 110 mm (pratique courante). Après corroyage, j'ai décidé de les assembler à plat joint. En effet, j'ai jugé qu'un collage avec une bonne colle sur 60 mm de large devrait être suffisant. Par ailleurs, du fait des grandes longueurs à manipuler (≈ 4 m), j'ai craint de procéder à un assemblage à entures multiples. À ce moment là, je n'avais pas encore ma fraiseuse Domino de Festool, sinon j'aurais renforcé l'assemblage par ces fameux faux tenons à intervalles de 500 mm.

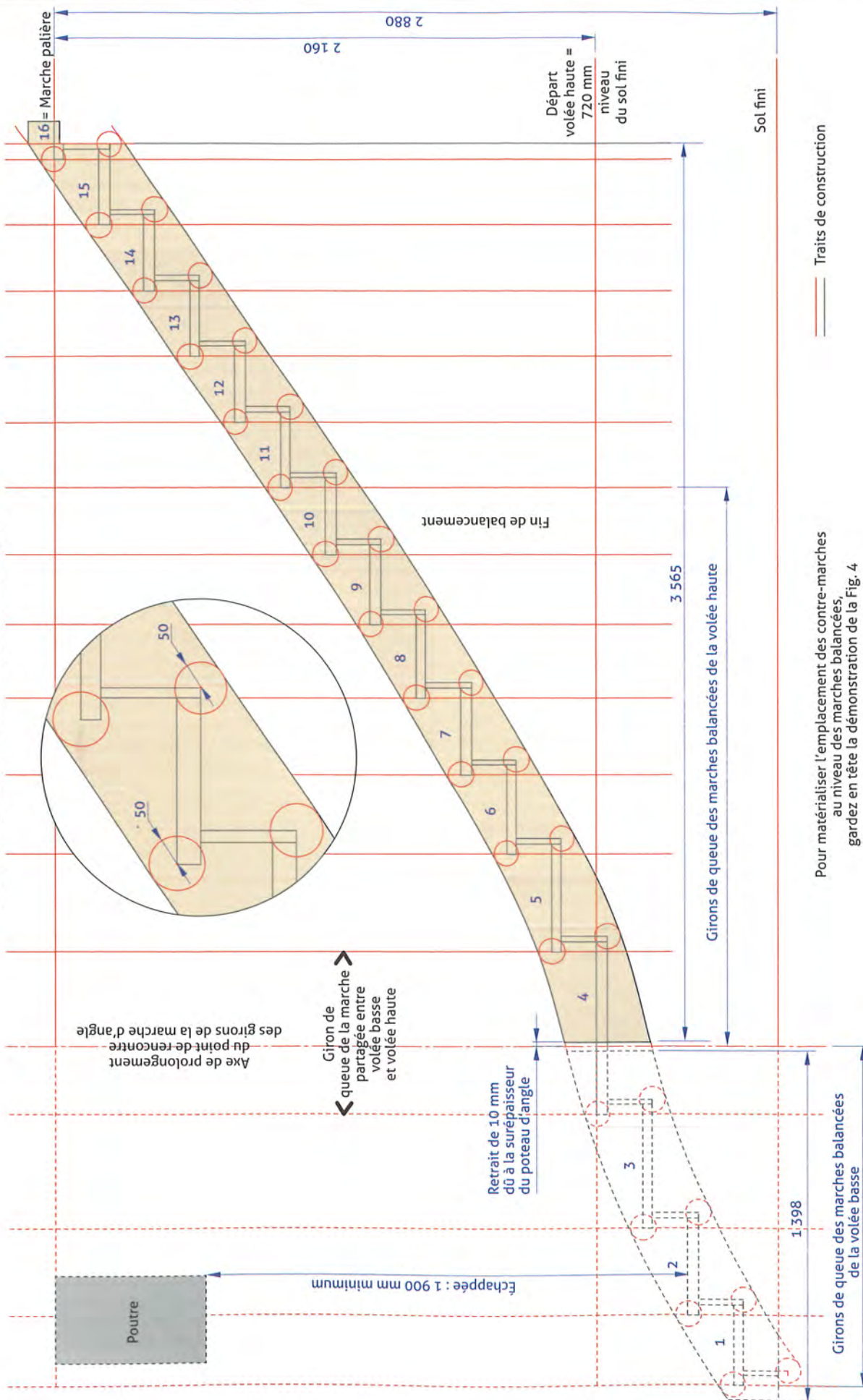


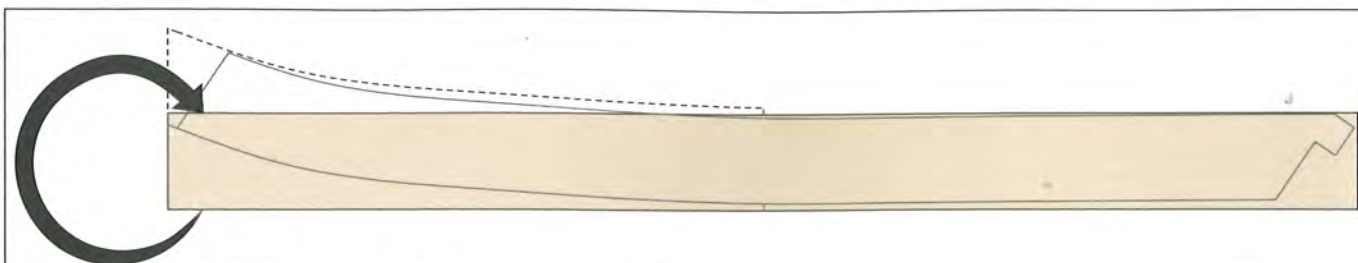
8 Essai du limon

L'épure m'a permis de tracer les courbes caractéristiques des limons d'un escalier balancé (Photo 8). En effet, dans le cas présent, concernant la volée haute, les queues de marche s'allongeant, le faux limon « se redresse ». À l'inverse, les collets se raccourcissant, le limon sur jour « s'abaisse ». Par souci d'économie de matière, les limons sont calibrés suivant leur partie droite non concernée par le balancement. On découpe alors leur partie inférieure selon le profil du patron défini auparavant, pour ensuite la recoller sur leur partie supérieure, toujours en concordance avec le profil de ce patron (Fig. 9). Après reconstitution, on peut alors enfin finir de façonner le contour du limon.

Tous les limons sont ainsi façonnés et on va pouvoir, à présent, procéder à leur entaillage qui permettra l'encastrement des marches. Préalablement, il faut reporter le positionnement des marches à partir de l'épure, bien fixée au limon, au travers de laquelle, à l'aide d'une épingle, on marque les points permettant de définir le contour de chaque marche et contremarche. Personnellement, ainsi que je l'ai dit plus haut, j'ai malgré tout vérifié le parallélisme des emplacements de marches avec une équerre alpha.

Tracés des deux limons ramenés sur le même plan





9 Le limon courbe est recomposé à partir d'une pièce rectiligne

J'ai choisi une profondeur d'entailage de 20 mm que j'ai réalisée avec une défonceuse Perles OF9E sur laquelle était montée une fraise droite de Ø 20 mm. Utilisant une bague de copiage de Ø 30 mm, j'ai découpé un gabarit en MDF de 10 mm d'épaisseur de façon à ce qu'il soit en retrait de la périphérie du tracé de 5 mm. Pour parfaitement positionner ce gabarit, j'ai procédé comme je l'ai décrit dans un article paru dans *Le Bouvet* n° 159. Ce gabarit m'a permis de réaliser simultanément les encastrement marche/contremarche (Photo 10). Notez que le choix de la fraise de Ø 20 mm n'est pas anodin, le profil choisi pour les nez de marche ayant un rayon de 10 mm, les marches une épaisseur de 40 mm et les contremarches de 20 mm.



10 Le positionnement du gabarit « d'entailage »

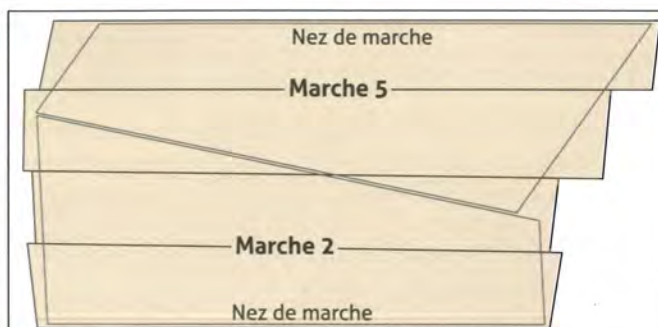
La Photo 8 montre la présentation du faux limon sur place afin de disposer les fixations, de vérifier l'horizontalité des marches et la hauteur de la marche qui va être à cheval entre les deux faux limons. On aperçoit, en haut de l'image, la poutre béton dont on a tenu compte pour éviter le « coup de tête ».

LES MARCHES

J'ai essayé d'optimiser la consommation de bois, en particulier pour les dix marches balancées, les six restantes étant de simples rectangles. Pour cela, j'ai accouplé les patrons réalisés précédemment en les positionnant « tête-bêche » de manière à réduire le plus possible les chutes (Fig. 11).

En faisant cela, j'ai pris la précaution de prévoir les nez de marche vers l'extérieur, afin qu'ils soient parfaitement alignés au fil du bois.

Le positionnement étant arrêté, on assemble les panneaux dans lesquels seront réalisées les marches. Ceux-ci sont fabriqués à partir de plateaux de 45 mm. Après délignage, corroyage et assemblage (toujours à plat joint), les contours de marches sont tracés à partir des patrons en veillant à ce que les nez de marches soient bien positionnés sur le duramen pour des questions évidentes de solidité et de résistance à l'abrasion. Là encore et avant la découpe, j'ai voulu vérifier angles et dimensions. J'ai donc



11 Exemple d'optimisation du débit des marches en plaçant deux marches tête bêche

créé sur un tableur un tableau des mesures et angles trouvés par calcul : ce fichier est à télécharger gratuitement sur le site Internet BLB-bois. Comme le montre la Photo 12, ce tableau m'a été particulièrement utile (après calibrage), de même que ce rapporteur d'angle digital.



12 Vérification de la valeur des « biais » des marches

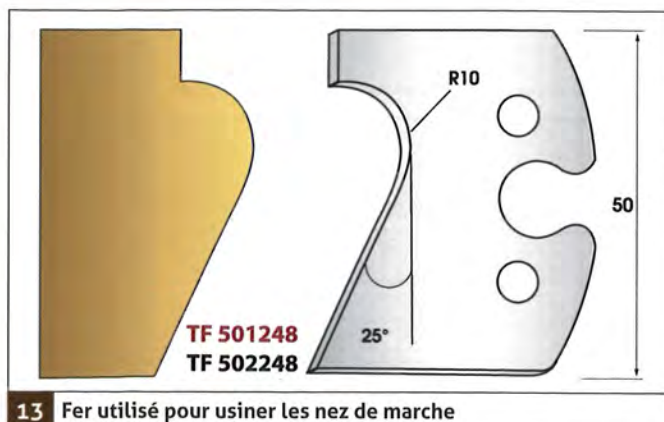
BONUS EN LIGNE



Retrouvez un fichier complémentaire à cet article sur notre site :

www.blb-bois.com/les-revues/bonus

Une fois les marches définitivement tracées, elles ont été débitées à la scie circulaire en laissant 1 à 2 mm de jeu à l'avant et à l'arrière. Le chant arrière a ensuite été dressé au calibre surmonté de son roulement qui prenait appui sur une planchette positionnée exactement sur le trait et vissée de part et d'autre dans les entailles de marche afin que la marque des vis reste invisible après montage. L'immobilisation de la « planchette » en son milieu est assurée par une bande de papier abrasif intercalée. La partie avant a été usinée à l'aide d'un fer adapté au nez de marches (Photo 13).



13 Fer utilisé pour usiner les nez de marche

La hauteur d'usinage a été choisie pour que le fer tangente le haut de la marche. La quantité de bois enlevée, en particulier, dans la partie basse, étant importante, j'ai procédé en trois passes, dont une dernière très faible afin d'avoir le meilleur état de surface possible. La trace éventuellement laissée par l'usinage en partie supérieure est supprimée au racloir.

J'ai effectué deux ultimes tests pour la réalisation des marches :

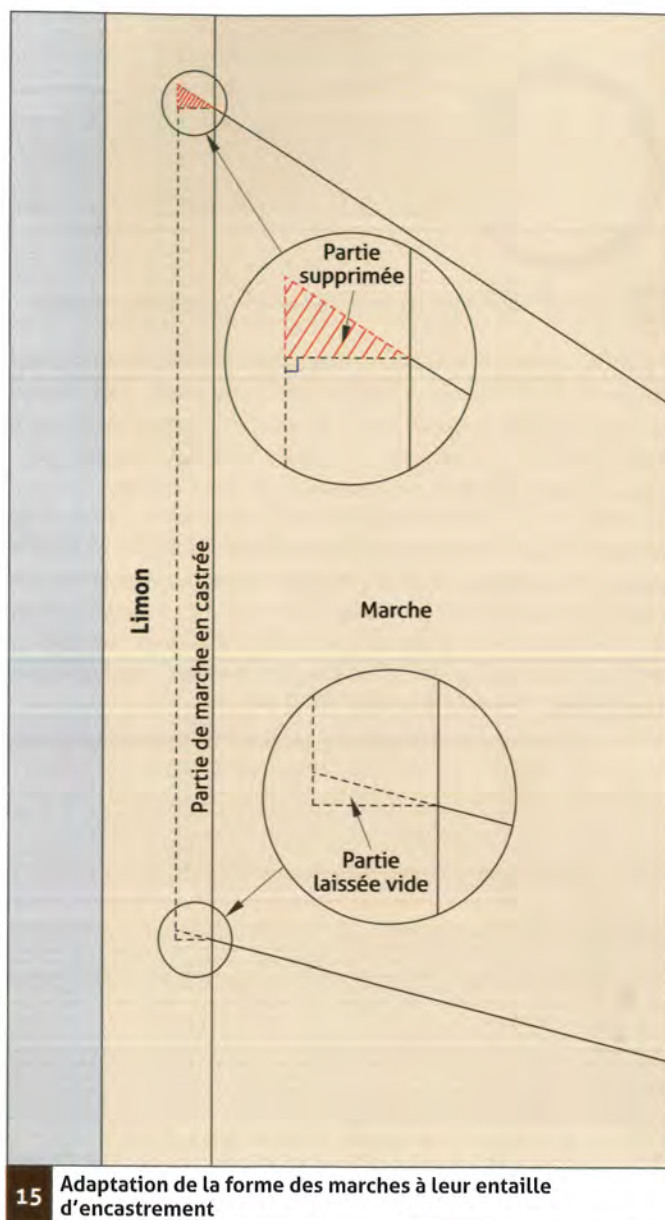
- D'une part, la vérification du bon alignement des marches et de la conformité entre l'angle formé au virage par les marches et l'angle du mur qui va recevoir l'escalier (Photo 14a).
- D'autre part, sur la Photo 14b, on voit les essais d'encastrement sur le faux limon de la volée basse. Sur ce dernier point, il convient de préciser la façon dont on gère l'encastrement : lorsque l'angle de la marche est aigu, on coupe l'angle perpendiculairement au côté de la marche (Fig. 15).



A - Essai angle virage

B - Essai encastrement

14 Vérification et montage à blanc



15 Adaptation de la forme des marches à leur entaille d'encastrement

Avant d'en terminer avec les marches, il faut parler des trois tiges filetées de bridage « noyées » dans les marches 3, 6 et 12. Elles auront pour fonction de maintenir l'écartement des limons. J'ai préféré cette méthode à celle employée souvent par les escaliers consistant à placer, de chaque côté des marches, deux vis à 45° qui viennent se prendre dans le limon. En effet, même placées sous les marches, cela se voit, et j'ai plus confiance en trois tiges de Ø 8 mm qu'en des vis de 4 x 70 mm. De plus ces tiges sont totalement invisibles.

Pour cela, les marches concernées sont rainurées d'abord avec une fraise de Ø 14 mm sur 3 mm de profondeur, puis, sans rien changer aux réglages de guide de défonceuse, avec une fraise de 10 mm sur « 9 + 3 » mm de profondeur. Il ne reste plus qu'à réaliser une baguette d'une largeur légèrement supérieure à 14 mm et d'une hauteur de 3,1 mm. Celle-ci sera collée en s'appuyant sur les rebords obtenus avant d'être mise à niveau avec un rabot à main ou un racloir.

Il ne reste plus qu'à marquer le fond de l'entaille dans les limons en donnant un coup sec sur la tige filetée enfilée dans la marche, elle-même encastrée dans son logement. On perce ensuite les limons selon l'inclinaison de la tige filetée. Un simple logement est fait pour l'écrou à l'arrière du faux limon (pla-



16 Je n'ai prévu des contremarches que pour la partie basse, pour laisser passer la lumière, et stocker divers éléments sous l'escalier

qué au mur, il sera invisible). Côté limon sur jour, on crée le logement de l'écrou avec une mèche à façonner type Forstner, d'un diamètre suffisant pour accueillir une rondelle robuste et la clé de serrage. Et pour dissimuler ce logement, on prévoit un bouchon dans le même veinage, réalisé avec une mèche à bouchonner.

J'ai finalement décidé de ne pas mettre de contremarches sur la partie haute de l'escalier. Trois raisons à cela :

1. éviter que la chaleur produite par la cheminée reste bloquée avec des conséquences néfastes sur l'ouvrage ;
2. laisser circuler la chaleur afin d'en profiter également à l'étage ;
3. continuer à profiter de la lumière diffusée par le *Velux* situé au dessus de la trémie, en dessous de l'escalier (Photo 16).

J'ai par contre conservé les contremarches jusqu'à la sixième marche. En effet, désirant ensuite fermer le dessous pour y stocker rallonges de table et autre valet de cheminée hors saison de chauffe, je voulais cacher cette partie.

PÂTE À BOIS

Durant toute la fabrication de mon escalier en mélèze, il est apparu ici ou là le besoin d'avoir recours à de la pâte à bois. J'ai remplacé les nœuds qui sautaient par des cylindres de bois ajustés, collés et ensuite maquillés pour donner l'apparence originelle. Mais pour les inévitables poches de résine que l'on rencontre en travaillant le mélèze, j'ai tout d'abord purgé le plus possible la poche à l'aide d'une spatule fine enveloppée d'un tissu imbibé d'essence de térébenthine. Pour ensuite la bourrer, en ne laissant que quelques millimètres de vide, avec de la mèche de coton enduite grasement de MS Spezial-Lösung (colle liquide présenté dans *Le Bouvet* n° 106, qui permet de fabriquer sa pâte à bois à partir de poussière issue de l'essence travaillée, et que j'ai pour ma part achetée chez Luxoutils). J'ai ensuite mélangé à ce même produit de la poudre de mélèze, précieusement récupérée au cours de mes ponçages, pour finir de boucher. Après ponçage, la réparation est quasi-invisible et, SURTOUT, se comporte exactement comme le bois naturel qui l'entoure lors d'une éventuelle coloration ou finition.

Remarque : n'ayant plus de poudre de bois, j'ai une fois utilisé, imprudemment, de la pâte à bois « courante », de la marque Les Anciens Ébénistes. J'ai hélas constaté que les zones ayant été imprégnées de ce produit solvanté gardaient des marques visibles lors de la finition, même après un ponçage rude et un passage au racloir.

LES CONTREMARCHES

Pour réaliser les contremarches, j'ai tout d'abord rainuré le dessous des marches concernées avec une fraise de Ø 20 mm sur une profondeur de 10 mm à une distance du nez de marche correspondant à la mesure du recouvrement choisi (soit, dans mon cas, 40 mm). Les contremarches, préalablement coupées et corroyées, ont ensuite été légèrement chanfreinées sur leur longueur pour faciliter leur insertion dans la rainure réalisée.

Remarque : si vous êtes sûr que votre bois a subi un séchage optimal, adapté à son futur environnement, vous pouvez éventuellement coller chacune des marches avec sa contre-

marche, afin de vous faciliter la pose.

Comme pour les marches concernées par le balancement, il faut adapter les extrémités de la contremarche selon l'angle donné au collet et à la queue de la marche afin que l'encastrement dans le limon puisse s'opérer.

LES POTEAUX

Les « faux limons » peuvent recevoir des fixations dans le mur ou à même le sol. Mais il est impératif dans un escalier quart tournant de soutenir les limons sur jour par un poteau d'angle. Ce poteau essentiel assurera non seulement le soutien des limons, mais aussi leur liaison. Il servira aussi de support aux mains courantes haute et basse. De plus, il sera concerné par l'encastrement des marches dont les collets arrivent dans l'angle de l'escalier. C'est dire le soin qui doit être apporté à son traçage et à son usinage !

À part lui, trois autres poteaux ont été nécessaires pour cette réalisation : le poteau de marche d'accueil qui supporte la main courante basse, le poteau de marche palière qui supporte la main courante haute, et un poteau d'angle de mur (dont on pourrait se passer en reliant les deux faux limons, mais que j'ai préféré prévoir : Photo 17). Alors que tous les poteaux ont une section carrée de 80 mm débordant ainsi des limons de 10 mm de part et d'autre, ce poteau d'angle interne doit être plaqué au mur et sa section n'est donc que de 70 mm.

Pour l'assemblage limon/poteau, j'ai choisi d'utiliser des tourillons de Ø 18 mm x 70 mm, qui permettent de positionner le limon par rapport au poteau et travaillent en cisaillement pour leur fonction de soutien. Pour assurer le serrage et le maintien, j'ai utilisé des tiges filetées de Ø 10 mm et des inserts vissés de Ø 14 mm.

Il fallait obtenir une correspondance parfaite des logements percés dans les limons et dans les poteaux. La perceuse à colonne pouvait bien être utilisée pour les poteaux, mais difficilement pour les limons. J'ai donc utilisé la méthode préconisée dans son livre par W. Mannes, en m'aidant d'un gabarit constitué d'un chevron de 70 mm d'épaisseur et percé, à la perceuse à colonne pour une parfaite perpendicularité, selon la répartition choisie pour les fixations et les tourillons. Une planche référence d'alignement, vissée au chevron, s'appuie sur un côté du limon. L'épaisseur est ainsi suffisante pour constituer un guide pour la mèche. En maintenant le gabarit au limon par deux serre-joints, on procède tout d'abord à la réalisation du passage de tige filetée qui nous



17 Mon escalier comporte également un poteau soutenant les deux faux limons

sert ensuite à le maintenir en place pour effectuer les perçages des logements des tourillons (Photo 18). En prenant appui sur l'autre face du chevron on peut percer le poteau, à condition d'intercaler entre le chevron et la planche d'alignement, une cale de 10 mm compensant la « sur-largeur » du poteau par rapport au limon.



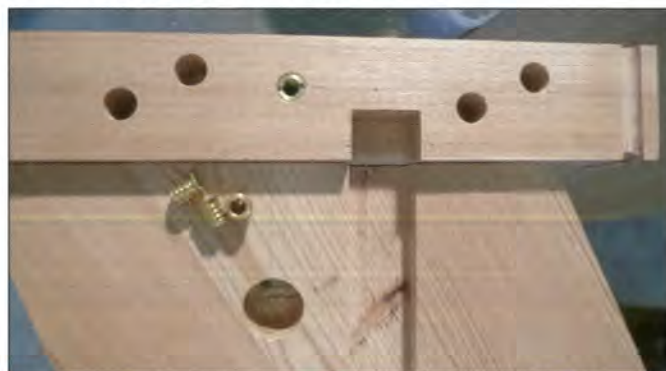
18 Perçage limon/poteau à l'aide d'un gabarit « fait maison »

Les inserts recevant les tiges filetées sont fixés dans le poteau. Ces inserts présentant une collerette de 16 mm, j'ai tout d'abord réalisé son emplacement sur 2 mm de profondeur. Puis, centrant la mèche de 14 mm dans le cône laissé par la précédente, j'ai réalisé le logement de l'insert. Afin de durcir les fibres de bois et de les faire gonfler autour du filetage, j'ai enduit l'insert de colle blanche. Et pour le visser, je n'ai surtout pas utilisé les encoches de la collerette supposées recevoir la lame d'un tournevis... Tout d'abord, quand on atteint ces dimensions, rares sont les tournevis de cette largeur de lame et, de plus, le couple nécessaire pour visser (même en ayant lubrifié avec la colle) est tel que les encoches ne tiennent pas longtemps.

Je vous conseille donc cette méthode :

- visser un écrou sur un boulon 6 pans dont le filetage correspond au pas interne de l'insert ;
- visser le tout sur le haut de l'insert ;
- resserrer l'écrou sur l'insert (contre-écrou) ;
- à présent visser l'ensemble en vous servant d'une clé à pipe ou à cliquet ;
- dévisser le contre-écrou puis le boulon.

La Photo 19 montre un insert en place dans un poteau. Remarquez que l'alignement insert/tourillons n'est pas dans l'axe du poteau. En effet, s'agissant du poteau d'angle, le faux limon va venir se fixer au ras du bord qui est plaqué contre le mur. D'où cette dissymétrie. On distingue aussi le trou borgne qui permet de brider l'ensemble avec une clé.



19 La liaison des éléments est réalisée à l'aide d'inserts

À ce propos, les emplacements des trous « de vissage » doivent être judicieusement choisis pour ne pas avoir à les dissimuler. Par exemple, sur la Photo 19, le trou de « serrage » est dissimulé sous la marche d'angle dont on distingue l'encastrement sur le limon et le poteau. Sur la Photo 20, on voit que le trou borgne se situe derrière l'encastrement de la contremarche. La tige filetée passe dans l'épaisseur du limon au ras de l'entaille de la contremarche.

La distance des trous de serrage à la limite des limons va donc varier en fonction des contraintes de dissimulation. C'est une des raisons qui m'ont fait choisir de recourir aux tiges filetées, dont la longueur pourra être adaptée.



20 On s'arrange pour dissimuler les écrous de serrage

LA RAMPE

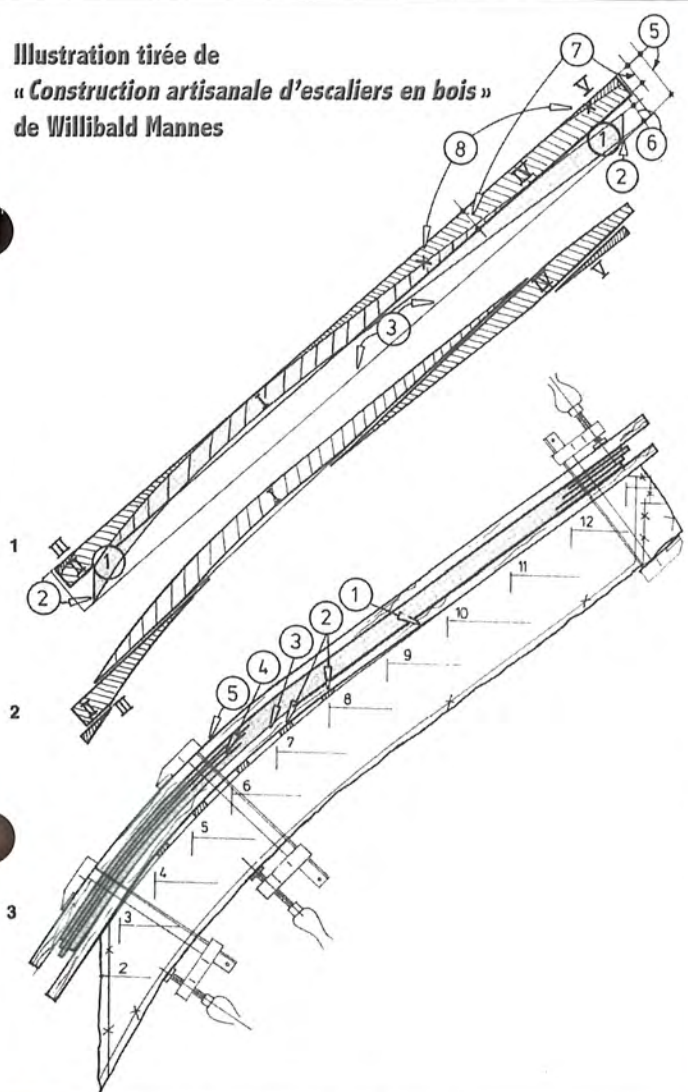
La forme de la main courante, en particulier pour la volée haute, doit être conforme à la courbe supérieure du limon sur jour (le limon sur jour de la volée basse étant très court, sa main courante pourra être rectiligne). Cette forme se retrouve sur le patron qui nous a servi à réaliser ce limon. Le niveau haut de la main courante se

situera à 90 cm de chacun des nez de marche. J'ai choisi de réaliser cette main courante de façon à ce que la section soit de 60 x 70 mm.

La Fig. 21 montre deux méthodes de réalisation :

- La partie 3 représente une possibilité en lamellé-collé. On débite les lamelles dans la même pièce afin qu'une fois recollée, les dessins du bois soient recomposés, et que les joints de colle soient presque invisibles. Après encollage, les lames sont replacées dans l'ordre, serrées en forme sur le limon par des serre-joints entre deux pièces martyr. Les cales positionnées sous la pièce martyr (Fig. 20, rep. 2), en contact avec le limon, servent à compenser la forme 1 du dessous de la main courante, de manière à ce que la courbe de son dessus reproduise à l'identique celle du dessus du limon.

Illustration tirée de
« Construction artisanale d'escaliers en bois »
de Willibald Mannes



21 Techniques de réalisation de la main courante

- La seconde façon est celle que j'ai utilisée. Elle s'apparente à la méthode indiquée pour les limons sur la Fig. 9. L'étape 1 consiste à recouper la partie I de la pièce rectiligne pour créer le cœur de la partie galbée. Les parties détachées II et IV sont ensuite recollées sous la précédente pour accentuer le galbe. On réitère le processus avec les pièces III et V. Après séchage, le tout est passé au wastringue et au racloir pour façonner la forme finale (en respectant le sens du collage).

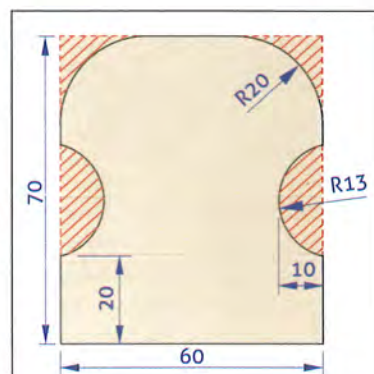
Avant de procéder à l'usinage, il faut s'intéresser à la fixation de la rampe aux poteaux d'angle et de palier haut. J'ai opté pour des assemblages à tenon/mortaise chevillés à tire. La Photo 22 montre un tenon en extrémité de rampe en cours de réalisation.



22 Tenon de la main courante

La phase suivante a consisté à usiner la forme de la main courante. J'avais acheté un fer de toupie spécifique, mais à cause du galbe je ne savais pas comment procéder à l'usinage. J'ai bien sollicité la rubrique « Qui peut me dire ? » du *Bouvet*, mais en vain. Alors j'ai pris le parti de réaliser ce profil à la défonceuse, celle-ci pouvant être utilisée en couchant la pièce de bois sur le côté.

J'ai tout d'abord dessiné une coupe satisfaisante sur le plan esthétique et j'ai ensuite commandé les fraises correspondantes, à savoir une fraise à gorge Ø 26 mm et une fraise quart-de-rond de rayon 20 mm.



23 Profil de la main courante

Mais un problème m'attendait ! Le diamètre de la fraise quart-de-rond était supérieur à la lumière de ma défonceuse... Il fallait donc la baisser sur ses colonnes et fixer la fraise ensuite (en dessous de la semelle). Mais alors, je ne pouvais plus faire tangenter le haut de la fraise avec le haut de la pièce de bois. Je venais juste de lire l'article « Changez vos semelles » de *BOIS+* et j'ai donc suivi ce conseil avisé...

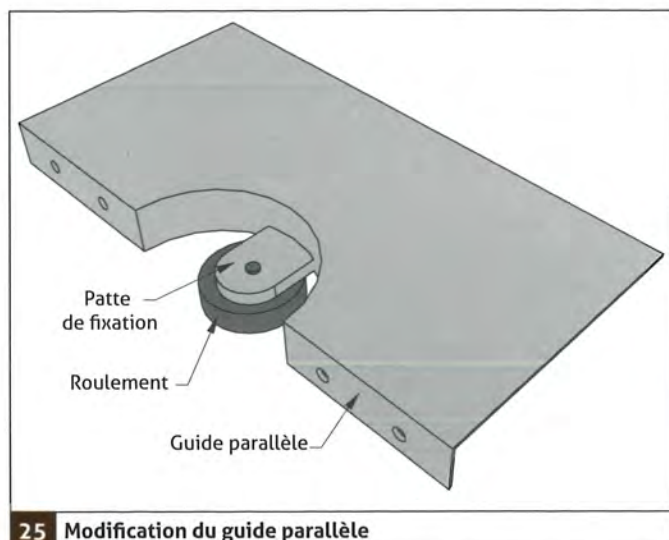


24 Ma défonceuse, après passage chez le « cordonnier »...

J'ai fabriqué une semelle d'épaisseur suffisante, dont le diamètre de lumière était supérieur à celui de la fraise pour permettre un réglage fin de la hauteur d'usinage.

Lorsque je me suis attaqué à l'usinage de la gorge, un autre problème m'attendait. Alors que la fraise quart-de-rond s'utilisait

en appui sur la pièce via son roulement à billes, la fraise à gorge travaillait en plein bois et devait être guidée. De plus, le galbe de la main courante n'avait pas un rayon de courbure constant, le guidage devait donc se faire par appui en un point. J'ai donc réalisé une adaptation sur le guide parallèle de ma défonceuse ayant pour but de déporter l'appui, avec un roulement récupéré sur une fraise et fixé sur une patte rendue réglable, elle-même vissée au guide parallèle (Fig. 25). J'ai choisi d'utiliser le guide parallèle pour conserver sa fixation à la défonceuse et ses possibilités de réglage.



25 Modification du guide parallèle

Ce système est délicat à manipuler, puisqu'il n'appuie qu'en un point, celui-ci constituant un pivot autour duquel peut tourner l'ensemble avec pour effet de dévier la fraise de la trajectoire qu'elle devrait suivre. Mais les joues du guide parallèle permettent de suivre visuellement une courbe quasi régulière et les légers écarts ne se répercutent que de façon négligeable sur l'écart fait par la fraise.

Par exemple, si le guide parallèle varie d'un angle α de $= 5^\circ$ (ce qui me paraît un maximum), l'écart subi par la trajectoire de la fraise est de l'ordre du $1/10^e$ de millimètre en supposant le centre de la fraise à $d = 25$ mm du point d'appui du roulement.

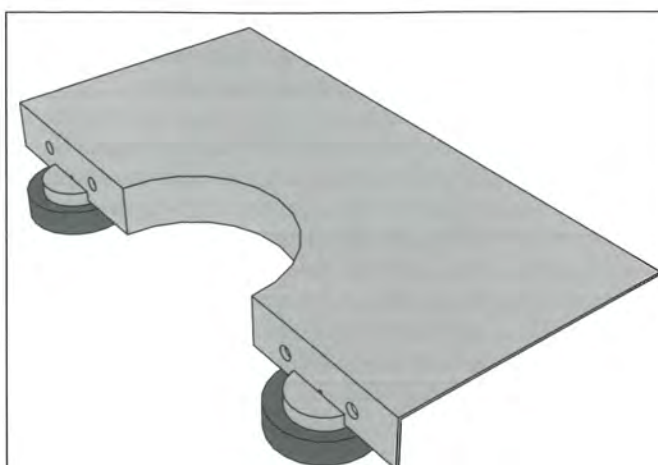
On vient de montrer que la distance d était inversement proportionnelle à la précision du travail. Il faut donc la réduire au minimum toléré par le rayon de courbure de la pièce de bois sans que le guide parallèle ne vienne frotter (dans une portion de courbe concave).

Expérience faite, on aurait aussi pu prévoir de s'appuyer sur la face convexe de la main courante et faire un montage semblable en utilisant deux roulements fixés de part et d'autre de la lumière du guide parallèle (Fig. 26).

Une fois la main courante terminée, il ne reste plus qu'à fabriquer les barreaux. J'ai opté pour un style sobre, et donc des barreaux à section carrée de 40 mm de côté chanfreinés à 45° sur chaque angle. Pour la jonction à la main courante et au limon de rampe, j'ai choisi d'effectuer un encastrement de 5 mm de profondeur renforcé par du tourillon de $\varnothing 18$ mm.

Après avoir effectué le traçage appairé limon/main courante du placement des barreaux en respectant les normes de sécurité (écartement ≤ 110 mm), j'ai procédé au perçage des barreaux, puis des mains courantes et limon pour recevoir les tourillons.

Pour percer les barreaux, j'ai utilisé un gabarit « maison » constitué d'une pièce de bois percée, sur sa longueur, plein axe, d'un trou de $\varnothing 18$ mm. Ce guide est façonné, à une de ses deux extrémités pour coiffer le barreau (Photo 27).



26 On peut aussi envisager ce guide avec deux appuis



27 Gabarit de perçage des barreaux

Le perçage s'opère en deux phases (Photo 28) :

- Après traçage des deux diagonales sur la section du barreau afin d'être centré au mieux, celui-ci est amorcé avec une pointe carrée ;

- Le gabarit est enfilé sur la mèche dont la pointe est engagée dans l'amorce, avant d'être redescendu pour coiffer le barreau. Il ne reste alors plus qu'à percer le barreau.

La longueur des barreaux et la profondeur du perçage doit prendre en compte non seulement la hauteur désirée de la rampe (90 cm de chaque nez de marche), la profondeur d'encastrement,



28 Perçage des barreaux avec le gabarit

mais aussi l'angle que fait le barreau avec la rampe. Cet angle est identique sur la partie droite, mais de plus en plus aigu au niveau des marches balancées.

Après avoir percé les barreaux, il faut percer limon et main courante. Pour ce faire, j'ai fabriqué un autre gabarit permettant de le faire selon l'angle adéquat (Photo 29).

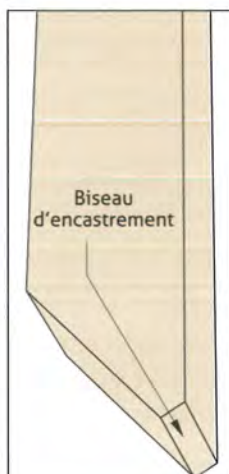


29 Perçage du limon et de la rampe

Ce gabarit est solidement maintenu sur la pièce à l'aide de deux serre-joints et il ne reste plus qu'à percer. Au niveau de la partie balancée (que ce soit sur la main courante, ou sur le limon), afin de toujours positionner l'axe de perçage perpendiculairement au dessus des marches, l'inclinaison de plus en plus forte est compensée en intercalant des cales entre le gabarit et la pièce de bois.



30 Réalisation des encastements



31 Biseau d'encastement

Pour en finir avec la rampe, il faut à présent procéder à la réalisation des encastements de barreaux dans le limon et la main courante. Nous reprenons donc la défonceuse équipée d'une bague de copiage et un gabarit à largeur fixe et longueur réglable, puisque les biseaux de coupe s'allongent vers le bas de la rampe.

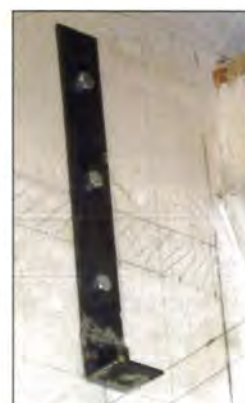
On enfile provisoirement un tourillon dans le logement prévu du barreau à encastrer, de manière à le présenter en vis-à-vis de son futur emplacement sur le limon, suivant sa future orientation. De cette manière, on peut d'ores et déjà, à l'aide d'un compas, traîner la pente du limon sur le barreau, en tenant bien

sûr compte de la sur-longueur à appliquer au barreau du fait de son encastrement dans le limon. On exécute cette coupe à la scie à ruban, et on présente à nouveau le barreau en position, de manière à reporter son empreinte au crayon sur le limon. Il ne reste alors plus qu'à défoncer le limon à l'aide du gabarit, à la profondeur d'encastrement désirée. Les angles de l'emplacement défoncé sont ensuite repris au ciseau à bois en tenant compte du chanfrein à 45° des barreaux et enfin, les coupes de barreau sont rabaisées au lapidaire, perpendiculairement au biseau, pour s'adapter parfaitement à l'encastrement.

LA POSE

Au préalable, des supports ont été solidement fixés au mur pour soutenir la volée haute et bien entendu l'encoche d'appui a été prévue dans les limons (Photo 32). Un palan a été suspendu à une poutre du niveau supérieur pour soulever ces quelques 300 kg. Deux élingues cerclaient la marche 15 préalablement protégée par des coques de mousse (Photo 33). Ces préparatifs achevés, la pose a pu débuter.

Une précision : avant assemblage des marches sur les limons, les saignées recevant collets et queues de marches ont été frottées à la bougie puis avec du talc. Cela permet d'une part de faciliter le serrage et d'autre part d'éviter d'éventuels grincements futurs.



32 Support mural



33 Levée de la volée haute

Tout d'abord, l'escalier a été assemblé en deux parties correspondant aux deux volées. La Photo 34 montre la volée basse totalement assemblée dans son emplacement futur. La volée haute est en cours d'assemblage.

La trémie constituant une contrainte incontournable, la méthodologie imaginée a été la suivante :

- allonger la volée haute à l'aplomb de la trémie, la soulever et l'appuyer sur les supports. L'emplacement de la volée basse est ainsi dégagé ;



34 Assemblage de deux volées

- disposer la volée basse à son emplacement ;
- rehausser encore la volée haute jusqu'à ce que les tourillons et les boulons d'assemblages puissent faire face à leurs logements dans les poteaux et la marche d'angle, et à son encastrement dans le limon haut ;
- incliner la volée basse pour aligner l'axe des logements des tourillons et des boulons ;
- redescendre doucement la volée haute en engageant marche d'angle, tourillons et boulons.
- la volée haute porte à nouveau sur les supports, les boulons d'assemblage peuvent être serrés alternativement pour rapprocher les pièces progressivement.

Cette méthodologie (mûrement réfléchie) a fonctionné à merveille, mais heureusement deux amis sont venus m'aider (Photo 35) car les caractéristiques que j'avais choisies pour les épaisseurs se rappelèrent à mon souvenir par le poids de l'engin !



35 Il ne reste plus qu'à serrer les écrous !



36 Le rendu après vitrification

FINITION

Le travail touche à sa fin... Après mise en place de la rampe, et des bouchons dissimulant les écrous de tension, une finition s'impose pour protéger le bois de mélèze. J'ai choisi un vitrificateur de marque Blanchon dont l'application et le rendu sont vraiment agréables.

J'ai préféré le produit solvanté à celui en phase aqueuse car ce dernier est moins résistant à l'abrasion. J'ai appliqué ce dernier dilué à 10% en quatre couches avec un égrainage entre chaque couche. En effet, dans les portions où le duramen est très serré, un refus se produit, qui se traduit par des bulles apparaissant au travers du vernis au séchage. Le ponçage est donc nécessaire et le phénomène, qui s'estompe couche après couche, ne se produit plus après la quatrième.

J'ai opté pour la formule satinée pour donner un aspect ciré, mais je la trouve malgré tout très brillante et peut-être la formule mate aurait été mieux adaptée au rendu que je voulais. Peu importe, mon escalier est en place, fonctionnel, et c'est toujours avec joie que je repense à sa fabrication qui m'a permis d'apprendre et de surpasser les difficultés. ■

CNC : une commande numérique à l'atelier

Aujourd'hui, je vais vous parler d'une machine à bois un peu particulière : la machine-outil à commande numérique, ou MOCN, plus connue sous l'abréviation anglaise CNC (pour *computer numerical control*). Avec la démocratisation des logiciels de dessin technique (comme les gratuits SketchUp et DraftSight souvent évoqués dans *Le Bouvet*), nous sommes maintenant nombreux à être familiarisés avec la conception assistée par ordinateur (CAO) : cette machine n'en est, en quelque sorte, que le prolongement logique ! Voyez ce qu'elle peut apporter.

Si vous avez déjà une bonne maîtrise de la conception assistée par ordinateur (CAO), la prise en main d'une machine-outil à commande numérique sera pour vous presque un jeu d'enfant ! Dans mon cas, là où il m'a fallu plusieurs mois pour assimiler le dessin technique, il ne m'a fallu que quelques jours seulement pour prendre en main ma CNC ! Mes plus grosses difficultés ont été des problèmes de compatibilité informatique entre mon ordinateur (d'un modèle ancien) et les logiciels d'aujourd'hui. Ces problèmes ont tous été résolus grâce à la communauté de passionnés que l'on peut rencontrer facilement, notamment sur Internet.



1 La machine complète avec toutes ses options

Parmi le vaste choix offert par les fabricants, j'ai opté pour une machine du type « portique » (Photo 1), c'est-à-dire où les mouvements longitudinaux (Axe Y) et transversaux (Axe X) sont assurés par un portique mobile, dont la poutre transversale supporte le guidage de montée et descente (Axe Z) du dispositif de fraisage (broche).

C'est une machine entièrement en acier, assez lourde (Photo 2), car je désirais une fraiseuse CN capable, en plus du bois, de pouvoir travailler les métaux tendres comme l'aluminium ou le laiton. La largeur de passage sous portique de 895 mm est également un critère intéressant pour le travail du bois.

Bien que je l'utilise en tant que fraiseuse, libre à chacun de l'utiliser en fonction de ses besoins ou envies... Rien ne vous empêche de l'équiper d'un laser pour faire de la gravure, d'une tête à extruder pour de l'impression 3D, d'un palpeur pour en faire un scanner 3D ou, pourquoi pas, d'un crayon pour la transformer en table traçante !



2 Toute la structure est en acier, la table en aluminium

La broche utilisée est un modèle de marque Suhner (UAK 30-RF) de 1 530 W (Photo 3). Par rapport à un moteur de défonceuse classique, elle a entre autres caractéristiques intéressantes celles de pouvoir descendre à 3 500 tr/min, et de disposer d'un modèle de pince normalisé qui permet d'utiliser d'autres fraises ou mèches que celles de Ø de queues de 6, 8 et 12 mm (et leurs équivalents en pouces) « imposés » par les fabricants d'outillages à bois. Comme ma fraiseuse, cette broche est de fabrication allemande.



3 La broche

Pour le tarif, et pour cette machine de marque BZT avec ces options, sa broche et l'ordinateur, comptez le prix d'une combinée 5 opérations en 310 « milieu de gamme », de fabrication européenne. Sachez également que sur ces gammes de CNC, l'offre en occasion est très pauvre.

La table en aluminium est également une option et n'est pas obligatoire. Pour le travail du bois, on peut très bien s'en passer et s'accommoder d'une plaque de MDF ou contreplaqué (Photo 4), dans laquelle on viendra simplement visser les brides ou même directement la pièce si c'est possible. Cette plaque jouera également le rôle de martyr.



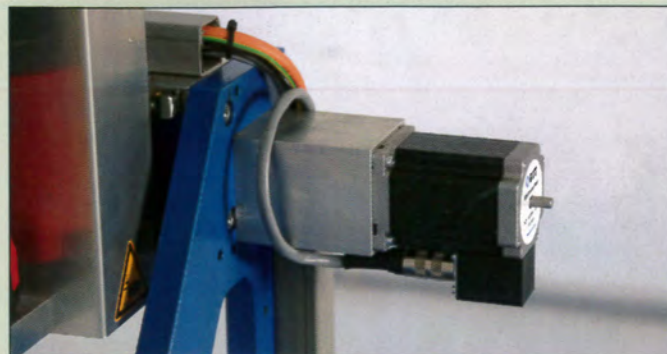
4 La table en MDF permet d'y fixer directement les pièces à usiner

En revanche, certaines options sont obligatoires ! Comme le contrôleur (Photo 5), ou les logiciels de dessin et de pilotage de la machine.



5 Le contrôleur 3 axes

Il peut paraître étrange que des éléments indispensables au fonctionnement de la machine soient vendus comme de simples options. Mais cela s'explique facilement pour le contrôleur qui agit comme un amplificateur entre votre ordinateur et les moteurs des axes (Photo 6), et pour lequel il existe un modèle différent selon que la machine possède 3, 4, ou 5 axes ; avec au choix un port parallèle ou USB. Même chose pour les logiciels : vous pouvez choisir pour la commande les versions des constructeurs, mais rien ne vous y oblige (j'ai opté pour autre chose).



6 Le moteur pas à pas de l'axe X

Il vous faudra également un logiciel capable de convertir vos dessins en fichiers informatiques reconnus par la machine (G-codes), et enfin un logiciel de DAO (certains sont gratuits comme Sketchup). Et bien sûr un ordinateur pour recevoir tout ça (Photo 7) !



7 La machine et son ordinateur, prêts à fonctionner

Si vous réservez cet ordinateur uniquement au pilotage de la machine (je vous le recommande vivement !), vous n'aurez pas besoin de grosses performances. Vous pouvez vous contenter, comme je l'ai fait, de remettre en service une tour déclassée. La production du G-code nécessite certes plus de puissance, surtout en 3D ou en gravure de motifs complexes : un Core2Duo à 3 GHz ou un Core i3 à 2,4 GHz suffisent malgré tout.

Il existe d'autres moyens de faire quelques économies, comme se fabriquer son propre meuble support (Photo 8). Le mien est fait de lamellé-collé de sapin. Je n'ai pas lésiné sur le bois, car il doit supporter une machine de 155 kg + les 10 kg du contrôleur.

Vous pourrez également vous fabriquer un second meuble où vous installerez votre ordinateur. J'ai pour ma part réutilisé une ancienne servante faite d'éléments récupérés, et dans laquelle j'ai encastré mon ordinateur (Photo 9).



8 Le meuble support, largement dimensionné, est en lamellé-collé de sapin



9 Ma servante en pin et MDF, prête à recevoir l'ordinateur : sa façade est en aluminium de 3 mm façonnée à la défonceuse et calibrée à la scie à format

Les logiciels que j'utilise sont, en plus de celui de DAO, CamBam pour générer les fichiers G-codes, (qui est utilisable également pour le dessin 2D), et Mach3 pour piloter la machine. J'utilise également CutViewer pour la simulation : c'est un plus bien pratique mais pas obligatoire. Pour donner un ordre d'idées, le lot des licences de ces trois logiciels est actuellement commercialisé 332 € sur le site officiel de CamBam (www.cambam.info/shop/).

MODÉLISATION DE LA PIÈCE

Passons à la pratique ! Voici, en image de synthèse (Photo 10), le projet que je vous propose de réaliser.

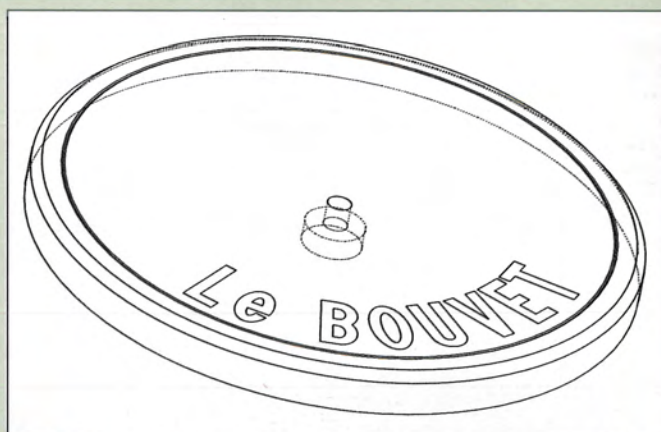
Rien d'extraordinaire, me direz-vous ! Mais ce projet va nous permettre d'aborder différentes phases d'usinages de base comme la gravure, le perçage, le contour (découpage), et aussi des fonctions plus spécifiques comme la fonction « poches » pour les creusages ou la fonction « V-Grave » qui a permis de graver les lettres Le Bouvet sur le socle.

Première étape, donc : la modélisation des différents éléments avec un logiciel de DAO (Photo 11). Le plus connu dans le milieu des boiseux amateurs est le gratuit Sketchup (voir *Le Bouvet*



10 Le support de ciseaux à bois en image de synthèse

n° 165), mais peu importe le logiciel que vous utiliserez. Seul impératif : il doit pouvoir sauvegarder les fichiers dans un format compatible avec le logiciel qui va suivre (ici CamBam), c'est-à-dire en DXF pour la 2D et STL pour la 3D.

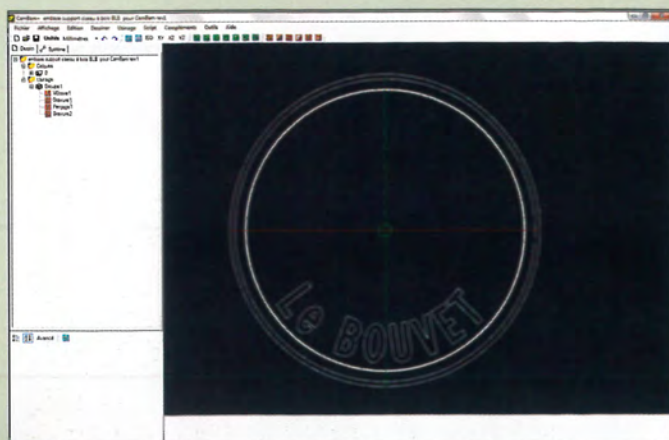


11 Modélisation des pièces à réaliser avec un logiciel de DAO, sauvegardées au format DXF

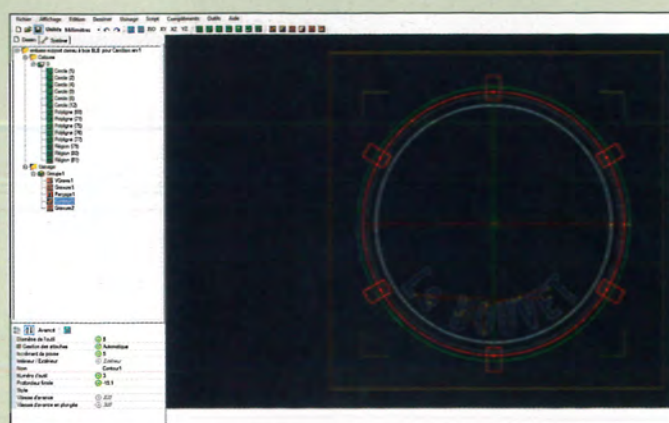
Créations du fichier G-code

Seconde étape : import du fichier DXF 2D dans le logiciel de création des G-codes (Photo 12). C'est ici que l'on va créer les différentes étapes d'usinages : Gravure, contour, perçage... On choisira l'opération d'usinage, par exemple le découpage de la pièce.

On sélectionne alors le contour que l'on souhaite découper (Photo 13) puis on sélectionne la fraise (diamètre) à laquelle on donne une vitesse d'avance, de plongée. On renseigne également l'incrément de la profondeur de passe désiré ainsi que la profondeur finale. Et – c'est vivement recommandé – on veille à programmer la conservation d'attaches, qui vont éviter de libérer brusquement la pièce en fin d'usinage ! Il est aussi important de ne pas oublier de donner un numéro différent à chaque « outil » (fraise), pour que le logiciel puisse s'y retrouver.



12 Le DXF importé dans le logiciel de création des différentes étapes d'usinages, puis de générations des G-codes



13 Sélection (en rouge) pour une opération de découpage (contour). Les attaches sont représentées par les rectangles

Le point de départ des usinages est représenté par l'intersection des deux lignes, verte (axe Y) et rouge (axe X). Une fois vos paramètres enregistrés, il suffit de cliquer sur « Créer le fichier G-code » et votre pièce est prête à être usinée (Photo 14).

PILOTAGE DE LA MACHINE

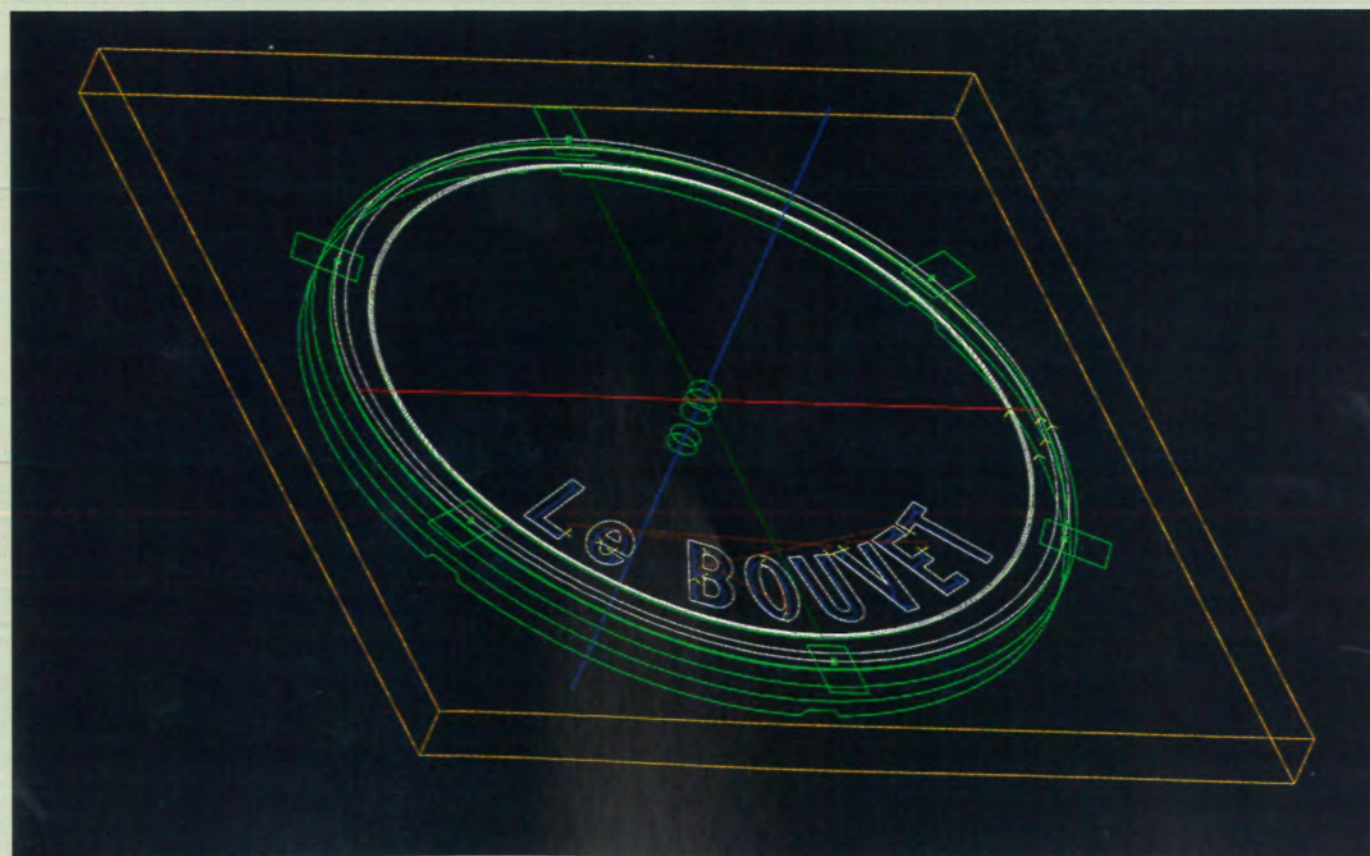
La machine est commandée via l'interface du logiciel de pilotage (Photo 15), Mach3 dans mon cas. Sur ce panneau de contrôle, on retrouve tous les paramètres d'usinages programmés sur le logiciel précédent, avec notamment les lignes de G-codes (en haut à gauche). C'est d'ici que l'on va pouvoir faire bouger les axes à l'aide du clavier, et donc positionner la broche en fonction du point de départ des usinages.

Remarque : le logiciel de pilotage doit évidemment être renseigné des différentes caractéristiques de la machine avant toute utilisation (ceci est déjà effectué sur les logiciels constructeurs).

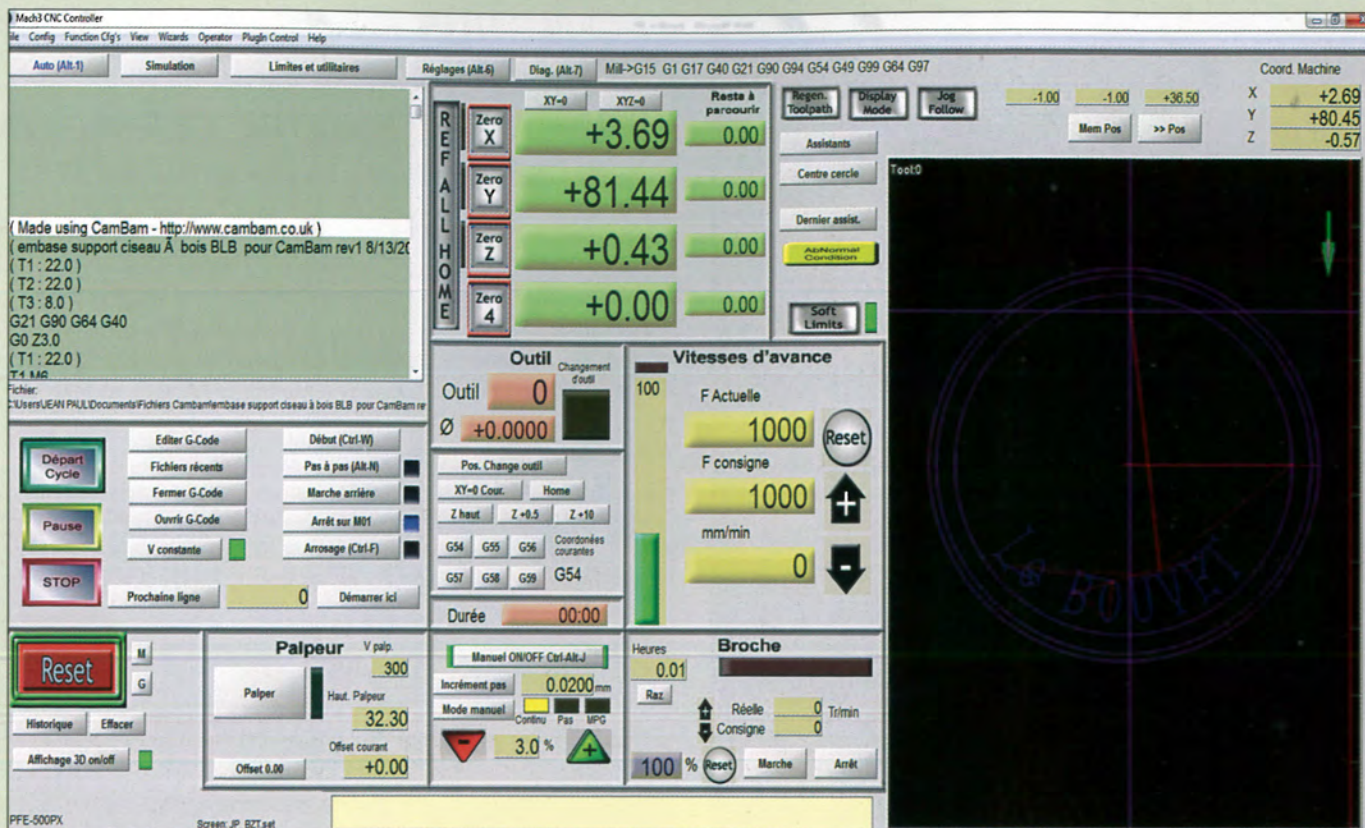
Fraisage de la pièce

Pour cette démonstration, j'ai corroyé, dans un premier temps, une planche de cyprès à 15 mm (Photo 16) pour y usiner l'embase, cote que je porterai à 10 mm pour les deux éléments suivants.

Première étape : ancrage de cette planche sur la table et définition de la zone à usiner, selon X (transversal) et Y (longitudinal). J'ai choisi de faire le point de départ au centre du futur socle. Ce centrage peut être effectué avec une très bonne précision (pour le travail du bois !) en montant un pointeau dans la broche, ou plus simplement comme ici en utilisant la fraise conique qui va servir à la gravure (Photo 17) !



14 En vert et bleu, les parcours des « outils » suivant chaque passe : ils représentent l'axe des fraises



15 Le panneau de contrôle de la machine



16 Positionnement et enclage de la pièce de bois à usiner sur la machine

Une fois la fraise ou le pointeau bien positionné, on valide cette position comme le zéro en X et en Y du cycle, en cliquant simplement sur les boutons « X-0 » et « Y-0 » du panneau de



17 Le point de départ, au centre du futur socle

commande. Le Zéro de ces deux axes restera la référence pour tous les autres usinages nécessaires pour réaliser cette pièce.

La mise à zéro de l'axe Z (montée/descente) est un peu particulière, car il sera différent à chaque changement de fraise. Pour vous faciliter la tâche, il existe un accessoire (non obligatoire) sous la forme d'un palpeur de hauteur (Photo 18). Son usage est des plus simples : vous le placez à l'aplomb de la fraise, et vous lancez le processus « Palper », la broche va alors descendre lentement jusqu'au déclenchement du palpeur qui donnera le zéro de cet axe, correspondant à la surface de votre bois.



18 Le palpeur de hauteur de la fraise

À ce stade, il ne reste plus qu'à lancer le premier cycle d'usinage avec la fonction « V-Grave » (Photos 19 et 20) ! Une fois cette première étape achevée, la broche s'arrête et le logiciel de pilotage indique le changement et le numéro de « l'outil » suivant.

Pour réaliser ce type de gravure, il est nécessaire de faire fonctionner les trois axes en simultanés. Cette technique permet par une remontée de la fraise, obligatoirement conique (ici 120°), en



19 Première opération de fraisage en gravure V-Grave



20 La seconde opération est une gravure classique

cours de fraisage, de créer des bords à angle vifs, contrairement au fraisage à plat, où les extrémités seront toujours marquées par des congés représentant le diamètre de « l'outil » (Dessin 21).



21 Aspect des caractères sans remontée de la fraise

Cette fonction permet également de créer des calligraphies, où les bords des lettres ne sont pas parallèles (Photo 22).



22 Signature calligraphiée (Fraise à 90°)

BONUS EN LIGNE

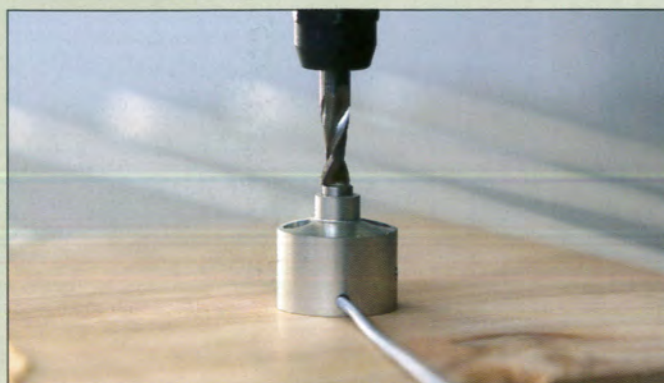


Retrouvez une vidéo complémentaire à cet article sur notre site :

www.blb-bois.com/les-revues/bonus

Les opérations suivantes de perçage et de contour vont donc nécessiter un changement de fraise.

Ces deux opérations sont ici exécutées avec une fraise droite de Ø 8 mm, ce changement impose également le changement de la pince de Ø 6 mm pour une de 8 mm. Avant de relancer le cycle, il est impératif de connaître la hauteur de la nouvelle fraise (Photo 23).



23 Prise de hauteur du second outil, les axes X et Y sont inchangés

La seconde partie du cycle débute par l'opération de perçage (Photo 24), puis, dans la foulée, par une opération de contour pour le découpage du socle (Photo 25) avec la création des attaches (Photo 26) lors de la dernière des trois passes.



24 Perçage avec la fraise de 8 mm



25 Découpe de la pièce en trois passes de 5 mm à 1 800 mm/min



26 Les attaches conservées sur l'envers de la pièce, visibles ici, permettent de maintenir la pièce jusqu'à la fin de l'usinage

Attention : il y a un paramètre important que je n'ai pas abordé, c'est celui de la vitesse d'avance, à adapter en fonction de la fraise. Ici, avec cette fraise hélicoïdale en carbure de tungstène « deux dents », j'avais réglé la vitesse d'avance à 1 800 mm/min pour une profondeur de passe de 5 mm.

La dernière étape avant de détacher, puis de retourner la pièce pour y fraiser un lamage, c'est la création d'un congé de rayon 3 mm sur le pourtour de la face supérieure. Ce congé va être créé avec une opération de gravure, l'axe de la fraise va donc suivre le tracé sélectionné, contrairement à l'opération précédente de contour, où la fraise venait le tangenter.

Après avoir monté la fraise et effectué le palpage de hauteur, il reste une dernière fois à cliquer sur « Départ cycle ». Le congé est fait en une seule passe (Photo 27).



27 Dernière étape pour cette face : Le congé de rayon 3 mm

La pièce retournée est centrée, comme je le fais sur une perceuse à colonne, c'est-à-dire qu'elle sera fixée par rapport à la position de l'outil. La fraise ayant le même diamètre que le trou à agrandir, j'ai simplement enfoncé la pièce sur la fraise, fais descendre l'ensemble jusqu'à la table, puis bridé mon bois. Il ne me reste plus qu'à faire un nouveau zéro en X et Y.

Pour ce lamage, j'ai utilisé la fonction « poche ». Pas besoin de logiciel de DAO pour une opération aussi simple ! Je me suis contenté de dessiner un cercle sous CamBam, puis je lui ai demandé d'enlever toute la matière à l'intérieur, sur une certaine profondeur (Photos 28 et 29).

Les autres éléments de notre présentoir utilisant des types d'usinages identiques à ceux que nous venons de voir, je ne vais pas détailler la suite, et me contenter d'un rapide survol. Avant de passer à l'usinage des deux autres disques, j'ai donc raboté ma planche à 10 mm. La fonction « Poche » m'a permis de réaliser les perçages de 12 mm de diamètre avec la fraise de Ø 8 mm (Photo 30).



28 Retournement de la pièce, et fraisage du lamage



29 Utilité du lamage



30 Perçages avec la fonction « Poche »

La fonction « contour », quant à elle exécutée en mode « contour interne », m'a permis la création de feuillures circulaires (Photo 31), ainsi que la découpe de la pièce en mode « contour externe » cette fois-ci (Photo 32).

Le chanfrein, que j'ai voulu sur toutes les arêtes supérieures, pourrait s'apparenter au congé usiné sur le pourtour du socle. Pourtant, cette fois, j'ai utilisé une autre opération d'usinage par définition moins adaptée (!), à savoir un « contour » et non une « gravure » (Photo 33).



31 Création d'arcs de cercles, qui deviendront des feuillures, en mode « contour interne »



32 Découpage en mode « contour externe »

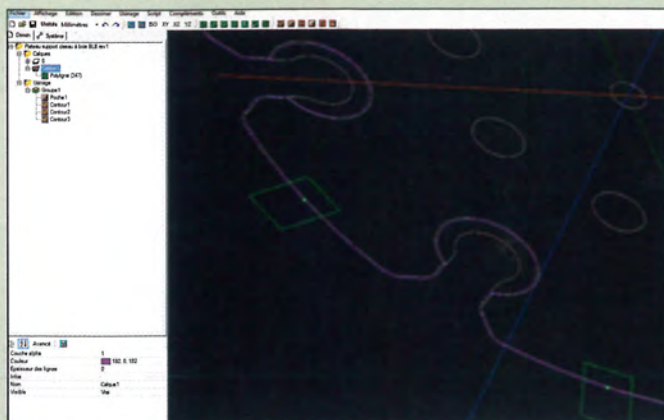


33 Réalisation d'un chanfrein avec la fonction « contour »

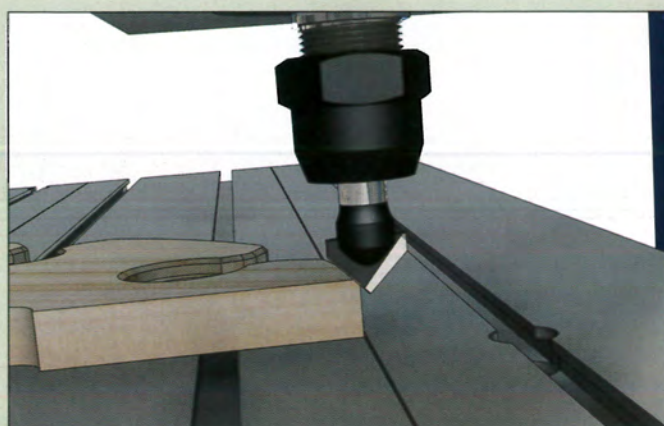
Ce chanfrein suit un parcours qui a nécessité la création d'un calque, ici en rose sur la vue CamBam (Photo 34).

J'ai ensuite programmé mon usinage comme s'il s'agissait d'une fraise droite de Ø 4 mm, avec une plongée de 3 mm. La fraise se décale donc automatiquement de 2 mm vers l'extérieur, et plonge de 3 mm (Fig. 35). Il y a bien sûr également la possibilité de créer un décalage latéral de la fraise, mais ça n'est pas forcément plus rapide à programmer.

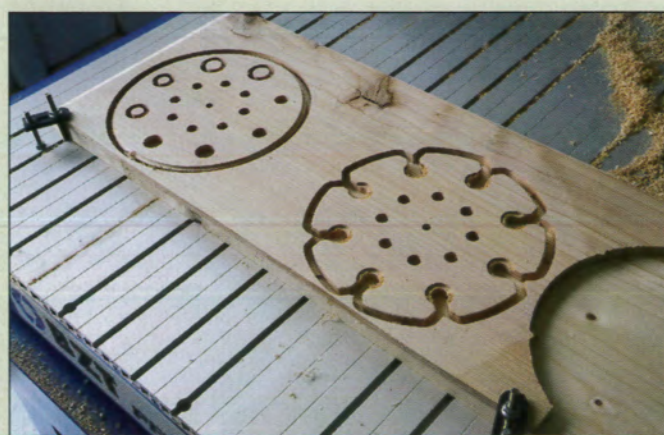
Les deux derniers éléments sont maintenant prêts à être désolidarisés de la planche (Photos 36 et 37).



34 Calque du profil (en rose), que devra suivre la fraise pour le chanfrein



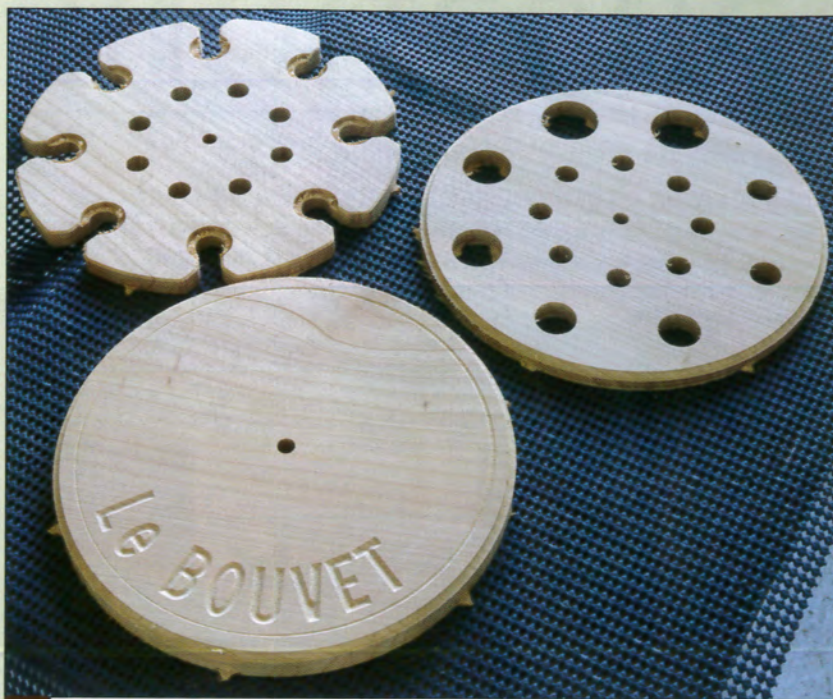
35 Position de la fraise conique à 90° en utilisant la fonction contour



36 Les deux derniers fraisages terminés « côté face », et après un premier ponçage



37 « Côté pile » avec les attaches



Le reste est très classique, et débutera par un bon ponçage (Photo 38), mais ça n'est plus le sujet de cet article !

Je me contenterai de vous montrer le résultat sans finition (Photos 39 et 40).

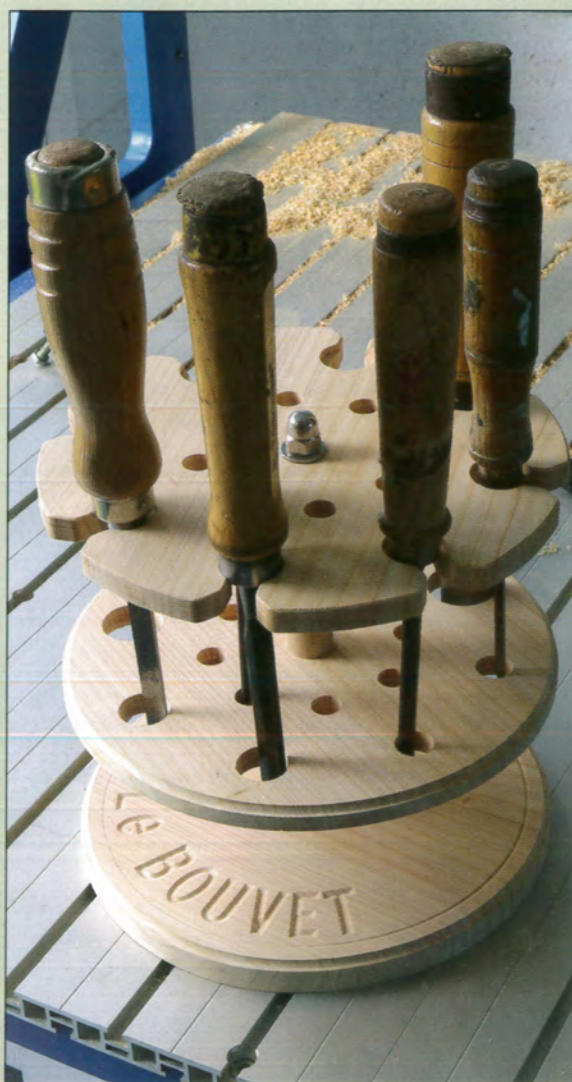
Voilà, j'espère que cet article aura participé à « démystifier » un peu plus les CNC, ces machines « qui travaillent toutes seules » ! Sachez encore que, hors modélisation, la programmation et l'exécution de cet objet m'ont pris environ une demi-heure (mais j'ai maintenant un peu d'entraînement). En outre, le programme est sauvegardé et, en quelques clics, je peux en créer autant d'exemplaires que je veux, en comptant environ une dizaine de minutes par exemplaire ! ■

Un grand merci à David dh42 de Metabricoleur pour sa relecture !

38 Les éléments séparés prêt pour le ponçage et la finition



39 Assemblage. Les entretoises sont en hêtre



40 C'est terminé !

Vos réalisations

Faites vous aussi connaître vos œuvres ! Envoyez un court texte et quelques photos.

Les participations retenues et publiées ici font gagner un an d'abonnement gratuit à leur auteur !

« J'ai réalisé deux lits adultes en frêne olivier pour mes deux petites-filles jumelles, qui voulaient de grands lits. Mais le temps passant, et comme elles ne voulaient pas être séparées, il a fallu songer à du rangement et à un bureau pour les devoirs. La solution choisie fut de monter ces lits en hauteur, enchâssés (pour faire un ensemble stable) sur deux armoires à étagères, également en bois massif, placées à la tête et au pied de chaque lit. Les pieds sont faits de telle façon qu'ils bloquent les angles extérieurs de chacune des armoires. Ces armoires sont séparées et solidarisées par un bureau pour stabiliser le tout. L'accès au lit se fait par un escalier-étagères dont les marches sont confortablement dimensionnées pour éviter tout accident. Le défi technique a surtout été de concevoir des ensembles différents, droite et gauche, et que le tout soit démontable pour être livré à 1 000 km de distance. Tout assemblage est positionné par des faux tenons en hêtre et maintenu par des ferures d'assemblage à excentrique. Lorsqu'elles ne voudront plus être en hauteur, mes petites-filles pourront toujours utiliser les lits sans modification. L'ensemble donne entièrement satisfaction à mes petites-filles et à leurs parents ! »

Michel Hesse



Adhérent à l'association « Les Copeaux d'abord » de Grenoble, Damien Bordel a réalisé cette commode mêlant châtaignier et hêtre. Un meuble original, avec répartition de queues d'aronde en arc de cercle sur les côtés, assemblage des pièces sous forme de brisures soulignées, et façades des tiroirs avec poignée intégrée.



« **S**ouhaitant réaliser une horloge pour ma femme, j'ai trouvé le n° 75 du Bouvet, qui traitait ce sujet. Je n'ai pas de tour à bois aussi c'est à la défonceuse que j'ai travaillé. J'ai rassemblé mes chutes : merisier, pin de Caroline, bois africain rouge. Après corroyage, j'ai assemblé des pièces de bois rouge et de merisier en profil/contre-profil, le disque de pin de Caroline étant d'un seul morceau. Ma défonceuse reçoit des outils à queue de Ø 8 mm. Mon horloge présente un diamètre de 244 mm et une épaisseur de 20 mm. Je me suis trituré les méninges pour fabriquer un montage d'usinage adapté, en latté de 16 mm d'épaisseur. J'ai acheté le mouvement sur Internet (3 € seulement !). Après ponçage, j'ai collé les éléments en respectant l'orientation des fibres du bois, puis j'ai teinté et appliqué une gomme-laque. »

Robert Arty



« **V**oici ma dernière fabrication : une commode de style un peu colonial. Mon fils m'a fait une esquisse et, à partir de cela, nous avons défini les caractéristiques du meuble en les adaptant aux besoins et au contenu qu'il devait recevoir. Pour donner du contraste, j'ai mêlé trois essences : sapelli pour l'ossature, sapelli et sipo pour le plateau, chêne pour les portes et tiroirs. Les lamelles des portes ne sont pas collées mais seulement ajustées, et démontables pour permettre un éventuel remplacement. »

Daniel Naud

« **M**écanicien auto de métier, passionné par le travail du bois, j'ai réalisé ce meuble à plancha pour mon neveu. Faute de machines stationnaires (faute de place !), j'ai tout fait à l'outillage à main et à l'électroporatif. Ce meuble fait 1 600 mm de long par 600 mm de large pour 900 mm de hauteur. Cela peut paraître énorme, mais mon neveu étant un excellent cuisinier, il a souhaité un meuble spacieux. Tous les assemblages sont à mi-bois collés à la polyuréthane et renforcés par vis. L'arrière et les côtés sont en lambris, les portes en lamellé-collé de sapin. Le plateau est un plan de travail aggro hydrofuge, carrelé avec un reste de faïence de cuisine. Pour décorer, j'ai ajouté deux petits supports pour pots à épices. En finition, j'ai appliqué deux couches de lasure. »

Jean-Marc Lapeyre



Par Étienne Siccardi,
Lecteur du *Bouvet*

Je possède une combinée Lurem RLX équipée de trois moteurs triphasés de 3 kW implantée dans un atelier spacieux et alimenté en triphasé : idéal pour un passionné du bois ! Mais en prévision de mon prochain départ en retraite, je serai bientôt contraint de déménager dans un atelier plus petit et ne disposant que d'une alimentation monophasée.

Ma combinée est en parfait état et certainement supérieure en qualité à la plupart des machines actuelles, en conséquence, je ne souhaite pas m'en séparer, j'ai donc étudié toutes les solutions possibles. Pour l'alimentation électrique, elles sont au nombre de trois :

- la plus simple, consiste à demander à ERDF une alimentation en triphasé ;
- la seconde à remplacer les moteurs actuels par des moteurs monophasés ;
- enfin la troisième consiste à acquérir un matériel me permettant de créer une alimentation triphasée avec du monophasé.

Vous l'avez deviné : c'est cette dernière solution que j'ai retenue ! La démarche pour y arriver n'a pas été simple, mais j'ai eu la chance d'avoir pu m'appuyer sur une société spécialisée dans les moteurs électriques. Je souhaite maintenant vous faire profiter de mon expérience.



La puissance du triphasé à partir du monophasé 220 V !

PETITE MISE AU POINT : L'ALIMENTATION TRIPHASÉE

Principe

Pour des raisons à la fois techniques et économiques, dans une centrale électrique, l'électricité est produite par des alternateurs qui génèrent du « triphasé » (3 tensions de type sinusoïdale, d'où un courant alternatif !). À la sortie de ces centrales, ces tensions sont élevées à plusieurs centaines de milliers de volts afin de permettre le transport sur de longues distances sans trop de pertes. Puis elles sont progressivement abaissées par des transformateurs de proximité, afin de pouvoir être **distribuées aux utilisateurs sous la forme de monophasé 220 V~** (220 volts alternatif, 220 V étant la valeur efficace cette tension) **ou de triphasé 380 V~**.

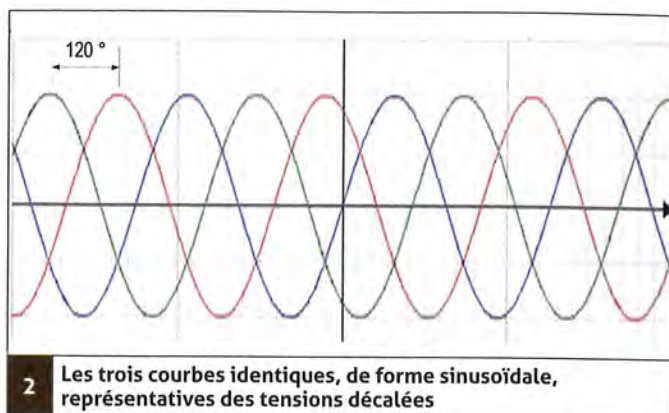
Note : sur les bases de l'électricité, vous pouvez vous reporter au double dossier très complet paru dans les *Bouvet* n° 148 et 149.

Pour mieux comprendre !

Un système triphasé est constitué de trois tensions alternatives de mêmes caractéristiques, mais acheminés indépendamment les

unes des autres et décalées dans le temps de manière régulière (ce décalage se représente aussi par un déphasage, exprimé en degrés). Leur variation dans le temps est caractérisée par une fréquence. La valeur de chaque tension passe par un minima et un maxima, suivant une fonction sinusoïdale, et cela 50 fois par seconde, soit une fréquence de 50 hertz. Ainsi, chaque tension est décalée de $1/150^{\circ}$ de seconde l'une par rapport à l'autre (soit un déphasage de 120°) (Fig. 2).





On peut donc dire que ce système de courant est :

- **alternatif** : l'intensité liée à la tension varie dans le temps
- **sinusoïdal** : cette variation se fait selon une fonction sinusoïdale
- **triphase** : trois courants décalés entre eux de $1/150^{\circ}$ de seconde.

Au niveau de l'utilisateur, le « triphasé » est distribué à l'aide de quatre câbles, un pour chacune des trois phases (**triphase**) : couleurs brun, noir, gris + un câble de couleur bleue pour le neutre.

Pour bénéficier d'un courant alternatif lié à une tension réseau de 220 V~ (apparemment élevée à 240 V désormais, pour limiter les pertes dans les circuits !), il faut relier le neutre indifféremment à une des trois phases, par l'intermédiaire bien sûr d'un appareil adapté. Le courant ainsi obtenu est le fameux courant **monophasé**, connu de tous, que l'on utilise au quotidien pour nos appareils ménagers. Mais pour disposer d'un courant alternatif correspondant à une tension de 380 V~, il faut cette fois-ci se relier entre deux phases, quelles qu'elles soient.

En plus de ces quatre câbles amenés par EDF, à la charge du client, les « carcasses métalliques » des appareils alimentés doivent être reliées à la terre par le biais d'un câble dont la couleur normalisée est le vert-jaune. Celui-ci permet de se protéger des défauts d'isolement de certains matériels défectueux, les courants de fuite se « déchargent » alors directement à la terre et limitent les risques d'électrocution.

Pour une distribution en monophasé, le fournisseur n'a alors besoin de « tirer » que deux câbles : une phase et le neutre. La « mise à la terre » restant également à la charge de l'utilisateur.

Ces précisions sont nécessaires car on a souvent tendance à penser que le triphasé ne peut être que du « 380 V », mais c'est avant tout un **mode de distribution**. On verra plus loin que le triphasé peut tout aussi bien être délivré à 240 V~ par exemple.

LE TRIPHASÉ 380 V~ PLUS CHER ?

Que ce soit pour EDF ou maintenant pour les autres fournisseurs, le tarif est le même. C'est un binôme : un prix correspondant à celui de la puissance souscrite conjugué à celui de l'énergie consommée. En fait, c'est le mode de distribution du triphasé qui « pèse » sur la facture : à consommation égale, pour un usage domestique, le triphasé revient souvent plus cher, en obligeant à souscrire à une puissance surdimensionnée par rapport aux besoins. Il s'agit donc de bien évaluer ses besoins. En résumé : souscrire un abonnement triphasé pour une machine : non ! Mais pour un parc de machines, la question se pose !

Puissance compteur 			
	Abonnement annuel	Prix du kWh HP	Prix du kWh HC
6 kVA	92.53	0.15350	0.106000
9 kVA	123.95	0.15350	0.106000
12 kVA	200.68	0.15350	0.106000
15 kVA	232.54	0.15350	0.106000
18 kVA	216.62	0.15350	0.106000

3 Tableau des tarifs EDF novembre 2014

Si l'on prend l'exemple du tarif 9 kVA, nous devons payer 123,95 € d'abonnement par an, en plus des consommations d'électricité (jour / nuit qui ne sont pas identiques).

Pour la démonstration qui suit, on considère que 1 kVA = 1 kW.

Avec du monophasé, nous aurons toute la puissance disponible sur une seule phase et nous pourrions faire fonctionner en même temps une combinée (3 kW monophasé), l'aspirateur (1,5 kW monophasé), ainsi que plusieurs appareils ménagers et l'éclairage.

Nous pouvons souscrire le même abonnement en « triphasé », au même prix, seulement la puissance de 9 kVA sera répartie à part égale au travers cette fois de 3 phases, soit 3 kVA disponibles par phase. En triphasé, pour le même abonnement, nous n'aurons donc plus qu'un tiers de la puissance souscrite par phase. Nous pourrions faire fonctionner simultanément une combinée (3 kW triphasé) qui lui consommera 1 kW par phase, l'aspirateur (1,5 kW) soit 0,5 kW par phase s'il fonctionne aussi en triphasé. Il ne restera donc plus que 1,5 kW dispo par phase pour les appareils ménagers et l'éclairage. Pour peu que le lave-linge et le lave-vaisselle soient sur la même phase et fonctionnent en même temps, c'est la disjonction assurée ! Car ces appareils fonctionnent en monophasé : leur puissance propre n'est supportée que par une seule phase. **Il faudra donc souscrire une puissance supérieure en triphasé pour le même usage**, au minimum 80 € de plus par an d'après le tarif EDF. De plus, **le coût de l'installation triphasée est plus élevé**, car le câblage principal doit être réalisé en cinq conducteurs au lieu de trois et que les équipements de protection sont plus chers. Ajoutons à tout cela que **l'installation triphasée nécessite un équilibrage complexe à réaliser** (il faut répartir le branchement des appareils en fonction de leur puissance sur les trois phases, sous peine d'être en surconsommation sur une des phases et de voir régulièrement disjoncter l'ensemble de l'installation). Bref : on comprend qu'ERDF est de plus en plus réticent à installer le triphasé chez des particuliers. Tous ces arguments ont justifié à mes yeux l'abandon de cette solution.

REEMPLACER SES MOTEURS ?

Je me suis alors orienté vers le remplacement des moteurs de ma machine par des moteurs monophasés. Je me suis donc penché sur leurs capacités. Ces moteurs ne peuvent démarrer sans un enroulement auxiliaire, en général raccordé à un condensateur, mais ils ont pour avantage de pouvoir être branchés partout. Toutefois sur nos machines, leur puissance dépasse rarement 2,2 kW et leur rendement mécanique est nettement moins bon qu'un moteur triphasé.

LES MOTEURS ÉLECTRIQUES DE TYPE ASYNCHRONE

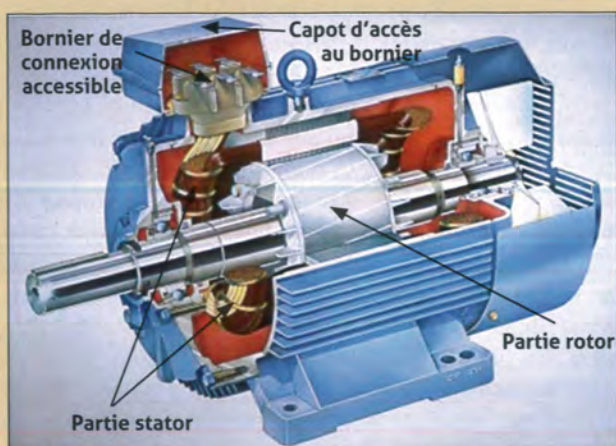
Un moteur électrique est composé d'un stator (ou inducteur) et d'un rotor (ou induit). Le stator comporte une carcasse ferromagnétique sur laquelle sont fixés les enroulements électriques. Sur un moteur triphasé, il y a **trois enroulements qui créent un champ magnétique tournant lors du passage du courant**. Le rotor entre en rotation sous l'effet du champ électromagnétique produit par le stator. Il transmet l'énergie mécanique par

l'intermédiaire d'un arbre situé au centre des enroulements. Tous les moteurs que nous utilisons dans nos ateliers sont dits « **asynchrones** » car la vitesse de rotation du moteur est légèrement inférieure à celle du champ tournant. Ce décalage est appelé « **glissement** », c'est lui qui permet la rotation du moteur.

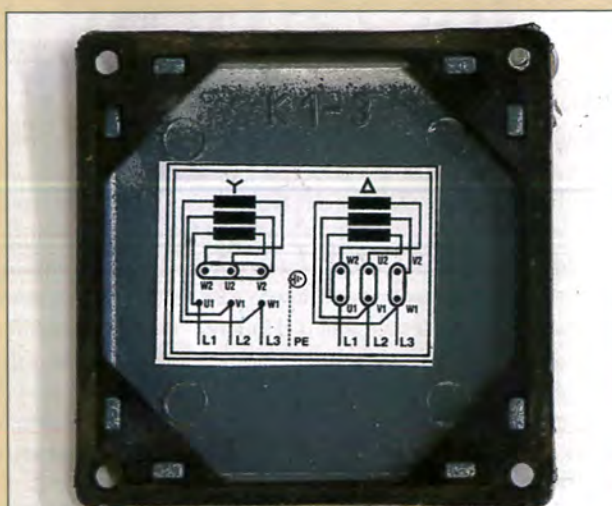
Ces moteurs alimentés en « **triphase** » peuvent être couplés « **en étoile** » ou « **en triangle** » (Photo B).

Dans le couplage étoile, les barrettes de connexion de la boîte à bornes sont reliées ensemble, les trois bornes libres sont câblées avec les trois conducteurs de phase (Photo C).

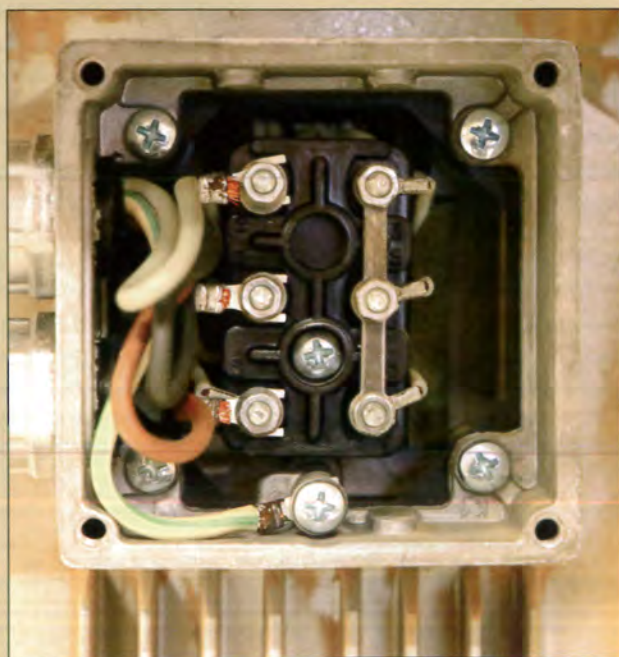
Le couplage triangle des enroulements s'obtient en plaçant trois barrettes de connexion de la manière suivante (Photo D), chacune des bornes étant reliée à un conducteur de phase.



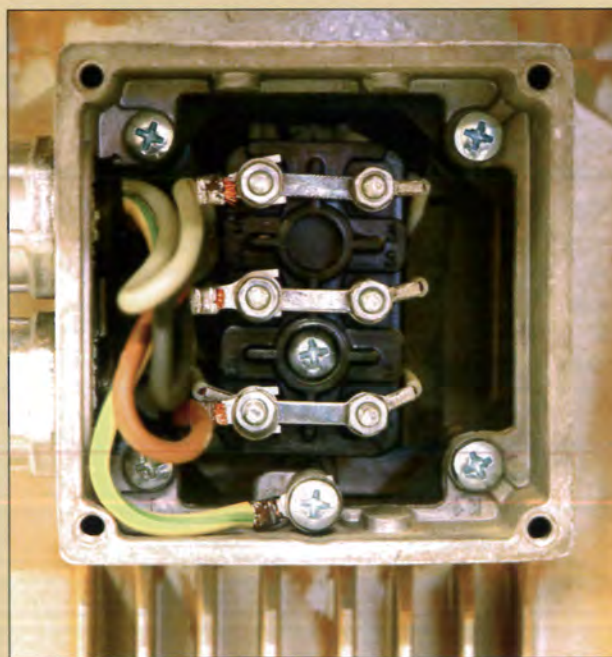
A Éléments principaux d'un moteur asynchrone



B Envers du capot d'accès au bornier



C Couplage étoile

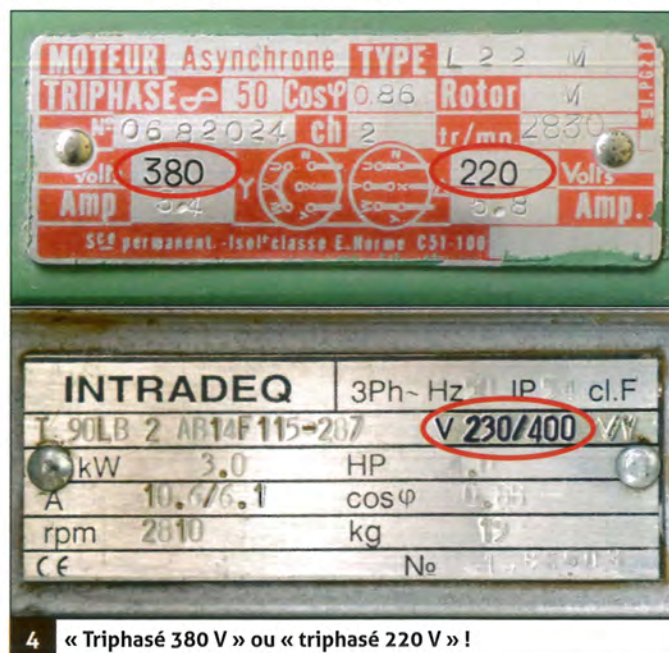


D Couplage triangle

Malgré la réduction de puissance sensible des moteurs monophasés et le coût important de ces moteurs équipés d'un frein mécanique, j'étais sur le point d'adopter cette solution surtout parce qu'elle me permettait une modification minimale de la machine. Mais c'était sans compter sur la norme CEI 60034-30, qui impose le niveau de rendement IE2 pour des moteurs de puissance nominale supérieure à 0,75 kW. Or ces moteurs sont plus longs que ceux d'origine et ils ne rentrent pas dans les emplacements prévus par le constructeur ! Dès lors, cette solution devenait caduque.

CRÉER SA PROPRE ALIMENTATION TRIPHASÉE !

En s'attardant sur le sujet, et en me renseignant autour de moi, je me suis rendu compte que la plupart des moteurs qui équipent nos machines fonctionnent en « triphasé 380 V », et qu'ils sont conçus pour fonctionner également en « triphasé 220 V » (Photo 4).



4 « Triphasé 380 V » ou « triphasé 220 V » !

Il suffit pour cela simplement de modifier le positionnement des barrettes de connexion dans la boîte à bornes du moteur. Mais où trouver du triphasé 220 V ? EDF fournit bien du triphasé, mais en 380 V !

En discutant avec un technicien motoriste, j'ai découvert qu'on peut produire du triphasé 220 V avec un variateur ! Quand il m'a proposé cette solution, j'avoue avoir été surpris. En effet, pour moi, un variateur sert à faire varier l'intensité lumineuse d'une lampe ou la vitesse de rotation des moteurs tels que ceux que l'on peut trouver sur nos outils électroportatifs (matériels basse puissance). Or il en existe aussi pour les moteurs de grande puissance : les variateurs de vitesse (autrement dit, des variateurs de fréquence), mais ils sont essentiellement conçus pour des moteurs asynchrones « triphasés » (la conception la plus courante pour un moteur de cet ordre de puissance). Car, étant donné que la manière la plus simple de faire varier la vitesse d'un moteur de ce type revient à faire varier sa fréquence de fonctionnement, ces variateurs sont difficilement compatibles avec des moteurs monophasés qui sont faits pour fonctionner à une fréquence unique.

C'est la raison pour laquelle un variateur de vitesse, même prévu pour être alimenté en monophasé, fournira généralement à sa sortie une alimentation de type triphasé. Mais du « triphasé



5 Ma solution : un variateur de vitesse !

220 V » s'il vous plaît ! Et c'est aussi la raison pour laquelle les moteurs asynchrones peuvent le plus souvent être utilisés, soit avec du triphasé 380 V, soit avec du triphasé 220 V. Détourné de sa fonction première, un variateur adapté peut donc se transformer en « générateur » de type « triphasé 220 V ».

J'avais ma solution ! Avec de nombreux avantages que je n'aurai pu espérer...

Des avantages universels !

Mon objectif était atteint au-delà de mes espérances, sans aucune perte de puissance. Eh bien au-delà même, quand je me suis aperçu du grand intérêt de la variation de vitesse pour tout un chacun qui possède une machine combinée, que ce soit en « tri 380 V » ou en « tri 220 V » d'ailleurs. Ainsi même ceux qui bénéficient déjà du triphasé ont des intérêts à s'équiper de ce type de variateur. Bien choisi, il peut permettre, selon sa fonction première :

- d'adapter au mieux la vitesse de la toupie à l'outillage utilisé (outils de coupe, cylindre ponceur) sans avoir à manipuler systématiquement les courroies.
- de faire tourner sur l'arbre de toupie, à une vitesse adaptée, des fraises de défonceuse, maintenues dans une broche spécifique, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives d'usinage.
- d'envisager de débiter d'autres matériaux à la scie circulaire tels que l'aluminium, le plastique... et même d'adapter sa vitesse de coupe en fonction de l'essence usinée et du diamètre de la lame.
- de faire démarrer ou freiner les moteurs de manière progressive : j'ai réglé l'accélération du moteur à 3 secondes, ce qui permet une moindre usure et un vrai confort. Tandis que la décélération se fait en 2 s, ce qui est plus rapide que le frein mécanique et appréciable pour la sécurité.
- On peut aussi inverser le sens de rotation des moteurs, ce qui est un atout pour la toupie. Mais là, je pense que cela nécessite des précautions supplémentaires et j'avoue ne pas m'y être risqué, étant trop habitué au sens de travail classique.

Un variateur offre ainsi de multiples avantages adaptables à votre façon de travailler. À ce sujet, vous pouvez consulter un site Internet très bien fait : <http://sawdust.online.fr/>

Les constructeurs de machines à bois proposent d'ailleurs parfois une version de leur machine équipée de variateurs. C'était le cas pour ma machine Lurem, dans une version ultérieure avec la gamme Hz.

L'installation

Le motoriste local m'a proposé un variateur Altivar de Schneider Electric d'une puissance de 4 kW mais déclassé à 3 kW en version 220 V monophasé à l'entrée. Suivant la problématique exposée plus haut, la puissance disponible en « mono » sera ici aussi logiquement répartie sur les trois phases en sortie du variateur, ce qui nous limitera, pour le variateur sélectionné, à utiliser des moteurs pouvant aller jusqu'à 3 kW, pas plus !

Il convient tout d'abord de définir l'implantation de cet équipement sachant que la distance maximale entre le variateur et les machines ne doit pas dépasser 15 m (ce qui est largement suffisant dans un atelier de particulier). L'indice de protection du matériel est un IP 23, ce qui signifie une protection contre la pénétration de corps solides d'un diamètre supérieur à 12,5 mm et contre la pluie. Il n'est donc pas protégé contre la poussière. On pourrait le placer en dehors de l'atelier, mais je souhaitais pouvoir le visualiser en permanence depuis mon poste de travail, c'est

pour cela que j'ai choisi de le placer sur un mur, un peu en hauteur, et le plus loin possible de l'éjection des copeaux (Photo 6).

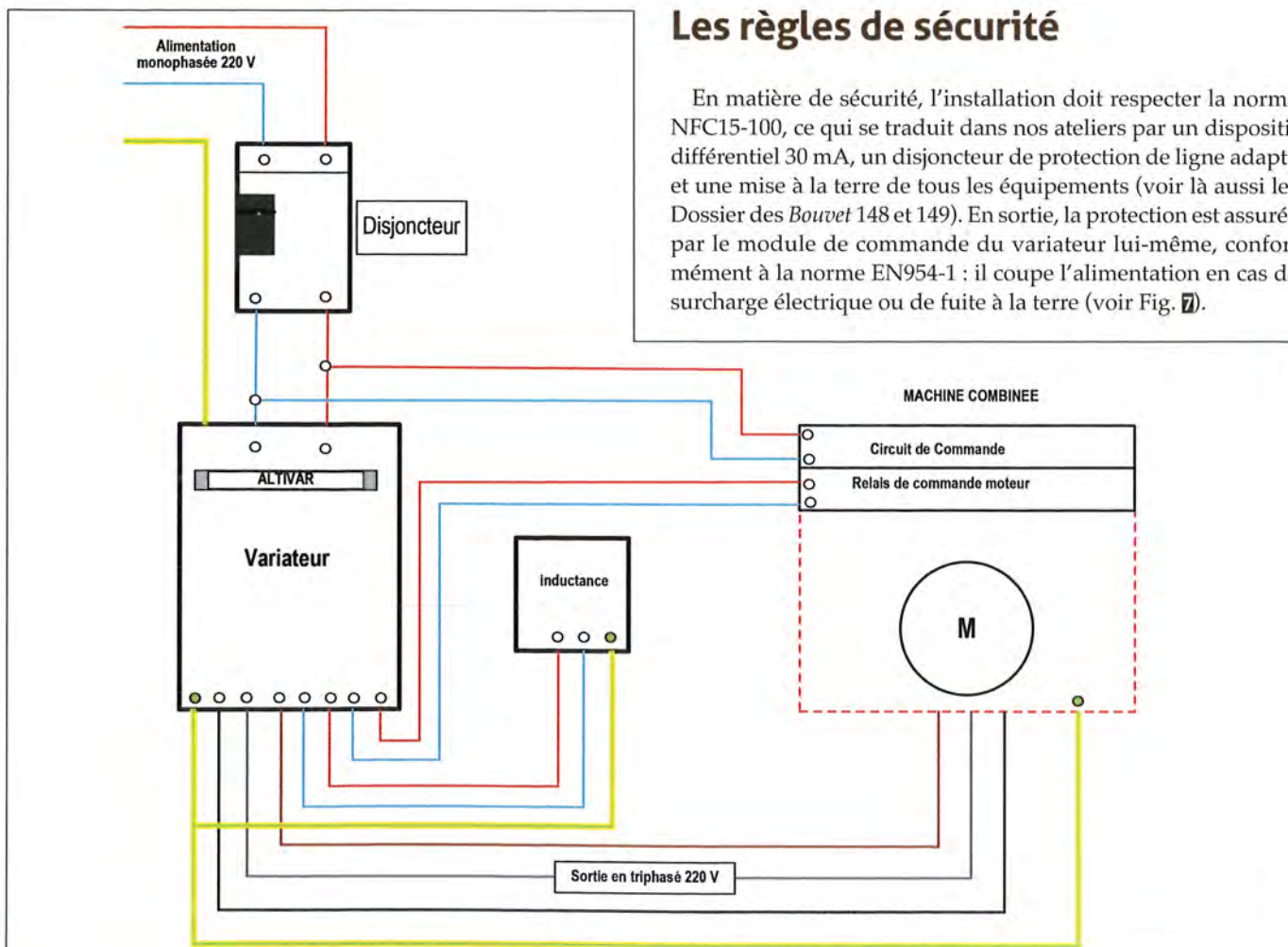


6 L'encombrement de l'installation

J'ai installé une armoire électrique pour abriter le disjoncteur de protection et l'inductance mais je n'y ai pas placé le variateur, pour permettre une meilleure ventilation. J'ai ensuite réalisé le raccordement électrique en 220 V~ et le raccordement de la machine par l'intermédiaire de chemins de câbles sur les murs et sous gaine au niveau du sol, afin de me permettre de déplacer ma combinée en fonction des besoins.

Les règles de sécurité

En matière de sécurité, l'installation doit respecter la norme NFC15-100, ce qui se traduit dans nos ateliers par un dispositif différentiel 30 mA, un disjoncteur de protection de ligne adapté et une mise à la terre de tous les équipements (voir là aussi les Dossier des Bouvet 148 et 149). En sortie, la protection est assurée par le module de commande du variateur lui-même, conformément à la norme EN954-1 : il coupe l'alimentation en cas de surcharge électrique ou de fuite à la terre (voir Fig. 7).



7 Schéma théorique de raccordement des différents éléments de ce type d'installation

Les modifications sur le tableau électrique de la machine sont simples à réaliser : la partie commande est alimentée en 220 V~ directement sur le réseau sans passer par le variateur ; tandis que le relais d'enclenchement des moteurs est alimenté depuis le module de protection, de manière à ne jamais couper le variateur en charge.

Le branchement des moteurs est modifié selon le modèle du couplage « en triangle » (voir Photo B de l'encadré). Et les freins mécaniques sur les moteurs sont démontés car le courant de démarrage progressif du variateur ne permet pas de les débrayer. Ceci se fait sans remords puisque le variateur intègre une fonction de freinage qui les remplacera avantageusement.

Il ne reste plus qu'à paramétrer l'engin ! Et là aussi les possibilités sont multiples. On peut ainsi faire varier une foule de paramètres comme la tension (tension triphasée maximale égale à la tension du réseau d'alimentation, ici : 220 V~), l'intensité du courant, la charge du moteur... Tout dépend de l'utilisation que l'on veut faire de l'appareil (Photo 8, Fig. 9).



8 Tableau de commande et écran de paramétrage de mon variateur

Code	Nom / Description	Réglage usine
TEH	☐ [Courant therm. mot.] Courant de protection thermique du moteur, à régler à l'intensité nominale lue sur sa plaque signalétique.	0,2 à 1,5 In (1) / Selon calibre variateur
ACC	☐ [Accélération] Temps pour accélérer de 0 à la [Fréq. nom. mot.] (FrS) (page 23). S'assurer que cette valeur est compatible avec l'inertie entraînée.	0,1 à 999,9 s / 3,0 s
DEC	☐ [Décélération] Temps pour décélérer de la [Fréq. nom. mot.] (FrS) (page 23) à 0. S'assurer que cette valeur est compatible avec l'inertie entraînée.	0,1 à 999,9 s / 3,0 s
LSP	☐ [Petite vitesse] Fréquence moteur à consigne mini, réglage de 0 à [Grande vitesse] (HSP).	0
HSP	☐ [Grande vitesse] Fréquence moteur à consigne maxi, réglage de [Petite vitesse] (LSP) à [Fréquence maxi] (IF1). Le réglage usine devient 60 Hz si [Standard fréq. mot.] (bFr) = [60 Hz] (60).	50 Hz

9 Paramètres modifiables en marche et à l'arrêt

Un variateur pour plusieurs machines ?

Il est tout à fait possible d'installer un variateur dans son atelier pour plusieurs machines ! Si on y réfléchit, c'est déjà le cas avec ma combinée équipée de trois moteurs : il s'agit de 3 machines différentes du point de vue électrique. Une telle installation est un avantage indéniable, qui permet donc d'alimenter plusieurs machines distinctes. Ceci par l'interposition d'un simple commutateur électrique. Mais avec les réserves suivantes :

- Les machines ne doivent pas fonctionner en même temps ce qui pour nous exclut un aspirateur alimenté en « triphasé » (quoique, en fonction des caractéristiques du variateur utilisé, avec des protections moteurs individuelles, et si la machine est de même puissance... Cette perspective est à creuser avec des spécialistes).

- Elles doivent être à une distance maximale de 15 m du variateur comme vu précédemment, et doivent être équipées de moteurs à couplage « étoile-triangle » 380/220 V, ce qui est le cas de la grande majorité des machines à bois. La fonction « auto-paramétrage », par le biais d'un module de calcul, peut même ajuster le courant de protection en fonction de la puissance du moteur (ici 3 kW maximum). Décidément, ce variateur peut tout faire...

CONCLUSION

Avec la mise en service d'un variateur haut de gamme, j'ai résolu mon problème d'alimentation électrique, et j'ai même pu valoriser au mieux le potentiel de ma machine. Avec cette solution, chacun peut désormais se pencher sur les petites annonces ! Le marché de l'occasion ouvre en effet de nouvelles perspectives très attractives sur des « machines triphasées », plus robustes et mieux finies que les machines que l'on trouve actuellement dans la gamme amateur.

La mise en place d'un matériel permettant de créer une alimentation triphasée avec du monophasé a certes un coût relativement important (variateur, prix de la main d'œuvre spécialisée...). Car à moins d'être un spécialiste de la motorisation électrique, il faut se faire accompagner par un technicien compétent pour les schémas de câblage, le paramétrage initial et la mise en service. Pour ma part, j'ai pu obtenir la prestation complète « variateur, inductance, coffret et assistance » pour un prix abordable, mais j'ai réalisé l'installation moi-même, sur les conseils d'un technicien. Toutefois, au regard des économies faites par ailleurs (différence de prix de l'abonnement triphasé, marché de l'occasion qui permet d'acquérir des machines robustes...) et des avantages procurés, cela semble raisonnable... surtout pour avoir une installation digne d'un professionnel !

Et puis une note pour finir : à l'occasion de tous ces aménagements, j'ai eu l'occasion de démonter ma combinée Lurem. J'ai pu apprécier la qualité de fabrication et surtout les réglages de tables, de pièces coulissantes à rattrapage de jeu... toutes choses que l'on ne trouve pas sur les machines amateurs d'importation actuelles. Je n'ai pu m'empêcher d'avoir un sentiment de gâchis quand, par hasard, sur l'ancien site Internet du constructeur, je suis tombé sur la photo de la vente aux enchères de son ancien matériel. C'est à nous, passionnés du bois, qu'il appartient de continuer à faire vivre ces superbes machines ! ■

Petites annonces

Les petites annonces du *Bouvet* sont gratuites pour les abonnés. Elles ne doivent concerner que des offres entre particuliers, à l'exclusion de toutes annonces commerciales. Transmettez votre annonce par téléphone (03.29.70.57.99), par E-mail (lebouvet@martinmedia.fr) ou par courrier (Le Bouvet, 10 av. Victor-Hugo, CS 60051, 55800 Revigny).

VENTE - ACHAT

VENDS COMBINÉE LUREM FORMER 310 RL, moteur tri 2,2 kW (3 CV), 6 opérations, avec cadre latéral à bras artic

V. LOT DE MATÉRIEL POUR LE TRAVAIL DU BOIS : combinée **Sicar**, 6 opérations, dégaug 300 mm, chariot de tenonage, toupie alésage 30 ou 50 mm (manchon), lumière dans l'arbre, 3 moteurs, avec outillage varié (40 fraises, 3 jeux de fers de dégaug, 10 lames de scie carbure et acier...) + scie à ruban, volants Ø 700 mm + tour à bois, avec copieur, entre-pointes 120 mm, H. pointe 250 mm, avec mandrins, plateaux... + serre-joints à pompe, env. 20 ex., de 40 cm à 2 m + aspirateur à copeaux + machines électroportatives et outillage dédié (2 défonceuses, affleureuse, rabot électrique, ponceuses...) + deux établis de menuisier + compresseur + scie à coupe d'onglets, lame 300 mm + groupe électrogène. Faire offre à Jean-Pierre Marty au 06.31.69.45.60, à Bordeaux (33).

VENDS COMBINÉE LUREM MAXI 26 PLUS TECHNIEM, année 1991, moteur monophasé 2 CV, chariot tenonage et mortaiseuse, kit roulettes, 2 jeux de fers de dégaug, 2 lames de

scie, dispositif de travail à l'arbre, régleur de fers, bon état : 1 300 €. Tél. à Pierre Mirabito au 04.78.44.43.54 à Pomeys (69).

V. SCIE À RUBAN LUREM SWING, 750 W, 220 V, vitesse 1 000 m/min, L. lame 2 225 mm, table inclinable 480 x 400 mm, ponceuse à disque Ø 200 incorporée, table inclinable, guides, nombreux accessoires (lames, bandes...) : 400 €. Tél. à Antonin Souquiere au 01.60.60.97.67 ou au 06.86.04.34.25 à Moissy-Cramayel (77).

VENDS PONCEUSE À BANDE LONGUE ME-BER LEM 2500, dimensions table 2 500 x 800 mm, course transversale 800 mm, bon état + **CADREUSE STROMAB STH2500 ORM**, capacité de travail 2,5 x 1,8 m, L. hors tout

3 350 mm, poids 550 kg, bon état. Machines avec certificats de conformité. Faire offres à Gérard Cobigo par E-mail : cobigo.nathan@wanadoo.fr

V. BOIS, plateaux de chêne, séchage + de 20 ans, 3 plateaux 0,54 x 0,780 x 3 800, 7 plateaux 0,44 x 0,400 x 4 500, 3 plateaux 0,34 x 0,580 x 3 800. Faire offre pour le lot, dispo à Nargis (45), à Daniel Lagriffoul au 06.14.02.31.99 ou par E-mail : lagriffoul.daniel@orange.fr

CH. BLOC MOTEUR PEUGEOT, polyrex et polyrex major ou similaire en marque Castor, Val d'Or, et Silex, accessoires acceptés. Tél. à Jacques Salle au 04.92.21.37.91 à Val-des-Prés (05).

CARNET D'ADRESSES

LOGICIELS :

Vous pouvez télécharger sur Internet les logiciels gratuits suivants pour dessiner vos plans :

- DraftSight : www.3ds.com/fr/products/draftsight/download-draftsight
- Sketchup : www.sketchup.com/fr/download/
- FreeCAD : www.freecadweb.org/index-fr.html

BLOC-NOTES :

- *Atelier Bois*, collectif, éd. Massin, 256 p., 2014 : 25,90 €.
- *Les Assemblages du bois* : toutes les techniques pas à pas, de John Bullar, éd. Dunod, 175 p., 2015 : 22,50 €.
- *Le Travail du bois pas à pas*, de Colin Eden-Eadon, éd. Dunod, 224 p., 2015 : 22 €.
- *30 Meubles de designers à faire soi-même*, de Christopher Stuart, éd. Eyrolles, 143 p., 2014 : 24,90 €.

PLAN :

Pour le bois massif, voyez :

- bois corroyé (avivés) :
 - Centre Bois massif (tél. : 02.48.60.66.07, Internet : www.parquet-chene-massif.com) ou
 - Deboisec (tél. : 04.75.67.48.26, Internet : www.deboisec.com) ou
 - H.M. Diffusion (tél. : 04.74.28.76.95, Internet : www.hmdiffusion.com) ou
 - La Boutique du Bois (tél. : 08.10.00.51.72, Internet : www.laboutiquedubois.com) ou

- S.M.Bois (tél. : 01.60.26.03.44, Internet : www.bois-et-parquets.com/produits-bois/)

• *panneaux massifs prêts à l'emploi* :

- Centre Bois massif (tél. : 02.48.60.66.07, Internet : www.parquet-chene-massif.com) ou
- Deboisec (tél. : 04.75.67.48.26, Internet : www.deboisec.com) ou
- La Boutique du Bois (www.laboutiquedubois.com).

Sur les règles de dimensionnement du mobilier :

Le Livre des Cotes, de Didier Ternon, est disponible auprès de nos services (tél. : 08.25.82.63.63).

QUINCAILLERIE :

Si vous êtes abonné au *Bouvet*, n'oubliez pas le partenariat que nous avons avec le vepéciste professionnel Foussier : www.foussier.fr.

Vous pouvez aussi voir le généraliste

Bricozor : tél. 02.31.44.95.11,

Internet : www.bricozor.com

Pour la quincaillerie traditionnelle d'ameublement, vous pouvez vous renseigner auprès des enseignes spécialisées suivantes :

- Houzet-Lohez (tél. : 03.27.91.59.94, Internet : www.lohez.com, adresse : 6 rue Scalfort, 59167 Lallaing) ;
- Fouchot (tél. : 03.29.06.61.50, Internet : www.fouchot.com, adresse : 40bis rue de l'Église, 88350 Liffol-le-Grand).

Stages

Pour apparaître dans cette rubrique, contactez notre régie publicitaire : ANAT Régie : tél. 01.43.12.38.13 - E-mail : m.ughetto@anatregie.fr

Stages de sculpture sur bois avec Ph. Gilbert meilleur ouvrier de France. Initiation et perfect. 5 pers/semaine. 1 stage par mois. Stage affûtage 1/2 journée. 81 rue de Lyon, 38480 Pont de Beauvoisin. Tél. : 04 76 32 81 85. Internet : www.artsurbois.com - E-mail : artsurbois@gmail.com

LES ALIZIERS : 17 professionnels transmettent passion et savoir-faire ! Menuiserie - Ébénisterie
Tournage - Sculpture - Marqueterie - Finitions - Vannerie - Défonceuse - Peinture sur bois - Jouets - Facture instrumentale - Tapisserie - Vitrail - Émaux sur cuivre - Fusing.
Formations personnalisées ou diplômantes, projets professionnels, formations courtes, initiation, perfectionnement. Tous publics. Documentation gratuite : www.les-aliziers.fr
Les Aliziers - 16 ter rue de Paris, 60120 Breteuil. Tél. : 03 44 07 28 14 - contactalizers@orange.fr

Sculpture dans les Vosges avec Serge Page
Contactez : Serge Page, Corvée du Moulin Bazoilles-sur-Meuse - 88300 Neufchâteau
Tél./Fax : 03.29.94.20.97
E-mail : pageserge@free.fr
Internet : www.page-serge.com

STAGES À LA CARTE EN PAYS DE LOIRE FABRICATION - RESTAURATION - TOURNAGE
Initiation - Perfectionnement
Hébergement possible à petit prix
Hervé Wales, ébéniste depuis 25 ans. Dépt 53
02.43.98.92.21 - www.atelierdelabbaye.fr

Sculpture - Initiation aux machines à bois
Max. 6 personnes - Suivi personnalisé
D. Cherpe - sculpteur ornementaliste/ébéniste
La Gougeotte - 26160 St-Gervais-sur-Roubion
Tél. : 06 88 96 72 10 www.la-gougeotte.fr
E-mail : lagougeotte@wanadoo.fr

STAGES de finition sur bois, vernis au tampon, ébénisterie et menuiserie en SAVOIE.
Patrice Messin : Atelier des Quatre Chemins
459 Route de Longebonne, 73200 Mercury
Tél. : 04 79 31 35 04
Site : www.pm-ebenisterie.com

ART DECO CRÉATION - CENTRE DE FORMATION D'ÉBÉNISTES - FORMATION DIPLOMANTE 10 MOIS
SITE : www.art-deco-creation.com
E-MAIL : art-deco-creation@wanadoo.fr
16 rue des 14 Martyrs - 07 250 LE POUZIN
Tél : 04 75 85 86 83

ATELIER DE LA RONCE, 71240 Mancey
Tél : 03 85 32 13 45 www.atelierdelaronce.com
Tournage, machines, ébénisterie-frisage, sculpture, marionnette, jouets, découpe, marqueterie + tournage à Paris
École du bois MINIMAX

TOURNAGE SUR BOIS, dans le Calvados
Luc Moreau - 06 81 36 96 71
Site : www.atelierdutournage.com
E-mail : atelierdutournage@wanadoo.fr

MENUISERIE, MACHINES À BOIS, DÉFONCEUSE, TOURNAGE
Initiation et perfectionnement, tous publics.
Hébergement possible en gîte sur place.
Damien Jacquot - La Croisée-Découverte,
9 Grande-Rue, 54450 Reillon - Tél. : 03 83 42 39 39
www.lacroiseedecouverte.com

La défonceuse

Fabriquez vos gabarits et montages

de Bruno Meyer



Format : 160 x 230 mm • 29,80 € • 96 pages tout en couleurs, comprenant des centaines de photos, schémas et illustrations.

**Sachez-le,
le domaine d'application
de la défonceuse est infini !**

*Il peut s'agir d'opérations courantes comme
l'assemblage tenon-mortaise ou de situations plus
délicates comme un feuillurage en situation difficile...*

La défonceuse concurrence alors les machines fixes sur leur terrain. Mais elle peut aussi permettre la réalisation d'emboîtures, d'éléments ou de fraisages décoratifs divers, inaccessibles aux machines stationnaires et parfois même aux outils à main ! La défonceuse et ses techniques répondent ainsi aux préoccupations de tous les travailleurs du bois, du débutant au professionnel le plus pointu. D'autant qu'elle n'est pas très coûteuse...

Ce livre vous permettra de réaliser l'ensemble de ces opérations et bien d'autres encore. Surtout, l'auteur partagera avec vous ses secrets sur un passage obligé du travail à la défonceuse : les montages. **Originaux, pratiques, modulables : ceux qu'il présente ici faciliteront et débloquent bien des situations !**

**Bénéficiez de l'expérience d'un maître en la matière :
Bruno Meyer !**

BON DE COMMANDE

(à découper ou photocopier)

Code ABOU0005

Nom :

Prénom :

Adresse :

Code Postal : [] [] [] [] [] []

Ville :

E-mail :

à renvoyer à : **Le Bouvet** • 10 avenue Victor-Hugo • CS60051 • 55800 REVIGNY
Tél : ☎ N° Indigo 0 825 82 63 63 – Fax : 03 29 70 56 74 – BLB-bois.martin-media.fr

OUI, je désire recevoir :

_____ ex. de **La défonceuse - Fabriquez vos gabarits et montages**
de Bruno Meyer, au prix unitaire de 29,80 € + 2 €* de participation aux frais de port
Montant de ma commande : _____ €

Règlement :

☐ par chèque joint à l'ordre du **Bouvet**

☐ par mandat (cachet de l'organisme payeur obligatoire)

☐ par carte bancaire [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] []

Expire le [] [] [] []

Code CVC [] [] []

Code vérification client (trois derniers chiffres
du n° figurant au verso de votre carte)

Signature

(pour CB uniquement)

* Tarif France métropolitaine – Autres destinations, consultez BLB-bois.martin-media.fr

BULLETIN DE COMMANDE D'ANCIENS NUMÉROS

à découper
ou photocopier

À renvoyer à : **Le Bouvet** – CDE

10 av. Victor-Hugo – CS 60051 – 55800 Revigny-sur-Ornain

► N° Indigo 0 825 82 63 63 – Fax : 03 29 70 56 74

www.BLB-bois.martin-media.fr



Les numéros
du **Bouvet** déjà
parus sont
disponibles
sous forme de
recueils brochés
(*Les Recueils
rouges*).

- | | |
|---|--|
| ☐ Recueil 1 (nos 1 à 6) | ☐ Recueil 15 (nos 85 à 90) |
| ☐ Recueil 2 (nos 7 à 12) | ☐ Recueil 16 (nos 91 à 96) |
| ☐ Recueil 3 (nos 13 à 18) | ☐ Recueil 17 (nos 97 à 102) |
| ☐ Recueil 4 (nos 19 à 24) | ☐ Recueil 18 (nos 103 à 108) |
| ☐ Recueil 5 (nos 25 à 30) | ☐ Recueil 19 (nos 109 à 114) |
| ☐ Recueil 6 (nos 31 à 36) | ☐ Recueil 20 (nos 115 à 120) |
| ☐ Recueil 7 (nos 37 à 42) | ☐ Recueil 21 (nos 121 à 126) |
| ☐ Recueil 8 (nos 43 à 48) | ☐ Recueil 22 (nos 127 à 132) |
| ☐ Recueil 9 (nos 49 à 54) | ☐ Recueil 23 (nos 133 à 138) |
| ☐ Recueil 10 (nos 55 à 60) | ☐ Recueil 24 (nos 139 à 144) |
| ☐ Recueil 11 (nos 61 à 66) | ☐ Recueil 25 (nos 145 à 150) |
| ☐ Recueil 12 (nos 67 à 72) | ☐ Recueil 26 (nos 151 à 156) |
| ☐ Recueil 13 (nos 73 à 78) | ☐ Recueil 27 (nos 157 à 162) |
| ☐ Recueil 14 (nos 79 à 84) | ☐ Recueil 28 (nos 163 à 168) |

29,90 € le recueil

NOUVEAUTÉ

Plus de détails sur chaque Recueil sur BLB-bois.martin-media.fr

+ 2 €* de participation aux frais de port.

Code **ABOU0003**

Montant de ma commande : €

Nom :

Prénom :

Adresse :

Code postal :

Ville :

E-mail :

Règlement :

☐ par chèque ci-joint à l'ordre du **Bouvet**

☐ par carte bancaire n°

Expire le

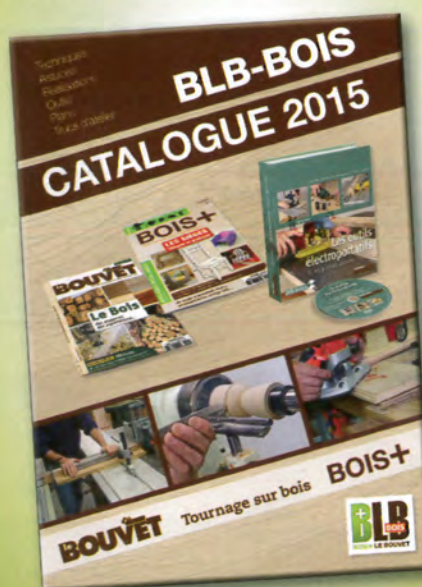
Signature
(pour CB uniquement) :

Code CVC

(Chiffres du n° figurant au verso de votre carte)

*Tarif France métropolitaine. Autres destinations, consultez www.BLB-bois.martin-media.fr

Demandez votre catalogue du travail du bois 2015



Gratuitement et sans engagement

au ► N° Indigo 0 825 82 63 63

ou rendez-vous sur
BLB-bois.martin-media.fr

Profitez d'une année de parution de la revue des amoureux du bois !

RECUEIL ROUGE n°28

(nov. 2013 à oct. 2014)



Dossiers : Les chambranles
• Fabriquer en bois massif •
Le logiciel gratuit SketchUp
• Les bonnes pratiques pour
l'atelier • Etc.

Techniques d'ébénisterie :

Le ravalement de moulure
• Les raccords • Les chevilles
en bois • Tenon-mortaise avec
feuilure ou rainure • Etc.

Plans :

Des volets persiennes
• Une console murale de salle
de bains • Une table-coffre
• Un chiffonnier • Un pont
japonais • Une table à plateau
en marqueterie épaisse •
Un ensemble complet pour
le jardin • Etc.

Et aussi de la sculpture, du
tournage, de la restauration,
des articles sur la quincaillerie.

Commandez sur
BLB-bois.martin-media.fr

Ou grâce au bon de commande à gauche

*Abonnez-vous
à la revue
des vrais passionnés
du travail du bois !*

Formule A

**Abonnez-vous 1 an =
6 numéros + 1 hors-série**

Formule B

**Abonnez-vous 1 an =
6 numéros + l'accès aux versions
numériques sur tablette + 1 hors-série**



Avec l'application BLB-bois, accédez aux 6 numéros compris dans votre abonnement (application iOS et Android pour tablette et smartphone, précisez bien votre email pour recevoir vos accès).



Renvoyez ce bulletin d'abonnement ou abonnez-vous en ligne sur notre boutique BLB-bois.martin-media.fr Rubrique Revues/Abonnement

Code ABOU0031

À découper ou photocopier

BULLETIN D'ABONNEMENT

BOUVET - ABT - 10, av. Victor-Hugo - CS60051 - 55800 REVIGNY
N° Indigo 0 825 82 63 63 - Fax 03 29 70 57 44 - BLB-bois.martin-media.fr

- | | | |
|---|----------------------------------|----------------------------------|
| ☐ OUI, je m'abonne au BOUVET | France métropolitaine | DOM (avion) Union Européenne |
| ☐ Formule A 1 an (6 n°s + 1 hors-série) | ☐ 37 € | ☐ 43,70 € |
| ☐ Formule B 1 an (6 n°s + versions numériques + 1 hors-série) | ☐ 45 € | ☐ 52 € |
| ☐ Formule A 2 ans (12 n°s + 2 hors-séries) | ☐ 68,60 € | ☐ 81,90 € |
| ☐ Formule B 2 ans (12 n°s + versions numériques + 2 hors-séries) | ☐ 81 € | ☐ 98 € |

- ☐ **OUI, je m'abonne au BOUVET et à BOIS+ et je profite de 20 % d'économie**
- | | | |
|--|----------------------------------|----------------------------------|
| ☐ Formule A 1 an (10 n°s + 2 hors-séries) | ☐ 58,90 € | ☐ 69,90 € |
| ☐ Formule B 1 an (10 n°s + versions numériques + 2 hors-séries) | ☐ 68,90 € | ☐ 79,90 € |

Règlement : ☐ par chèque ci-joint, à l'ordre de : Le Bouvet

☐ par carte bancaire n°

expire le CVC (trois derniers chiffres du n° figurant au verso de votre carte)

Signature : (uniquement pour CB)

Nom

Prénom

Adresse

Code postal

Ville

E-mail

Merci d'écrire votre e-mail de façon très lisible pour recevoir vos accès aux versions numériques

* Tarif France métropolitaine - Autres destinations, consultez BLB-bois.martin-media.fr

DÉVELOPPEZ ET PARTAGEZ VOTRE PASSION

sur www.BLB-bois.com



- Modèles
- Vidéos
- Dossiers techniques
- Outils de conception informatique

Découvrez de nombreux articles et vidéos réalisés par des passionnés du travail du bois, qui partagent avec vous leurs créations et leurs astuces.

Et comme ce site est aussi le vôtre, n'hésitez pas à présenter vos propres réalisations !

LA BOUTIQUE DU TRAVAIL DU BOIS

- Les numéros et hors-séries **BOIS+**, **le BOUVET** et **Tournage sur bois**
- Les livres techniques et DVD
- Les guides de réalisation
- Les beaux livres et encyclopédies



BLB-bois.martin-media.fr