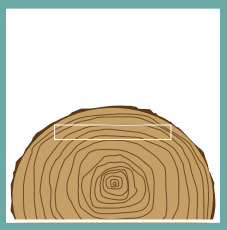
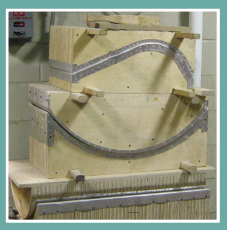
GUIDE D'APPRENTISSAGE

ÉBÉNISTE C3

Cintrage de pièces





COMITÉ SECTORIEL DE MAIN-D'OEUVRE
DES INDUSTRIES DES PORTES ET FENÊTRES,
DU MEUBLE ET DES ARMOIRES DE CUISINE

PRODUCTION

CEMEQ

2955, boulevard de l'Université, 5e étage
Sherbrooke (Québec) J1K 2Y3

Téléphone : 819 822-6886
Télécopieur : 819 822-6892

www.cemeq.qc.ca

André Laflamme, chargé de projet

Marcel roy, recherche et rédaction

Katherine Hamel, révision

Éric Lachèvre, spécialiste de contenu

Janvier 2009

ISBN : 2-9807923-7-3

Dans le présent document, la forme masculine désigne tout aussi bien les femmes que les hommes.

Ce document a été réalisé par le Comité sectoriel de main-d'œuvre des industries des portes et fenêtres, du meuble et des armoires de cuisine en partenariat avec Emploi-Québec. Nous tenons à remercier les entreprises et les organismes qui nous ont autorisés à utiliser certaines illustrations.

Responsable du projet CSMO

M. Christian Galarneau
Coordonnateur
Comité sectoriel de main-d'œuvre des industries des portes et fenêtres, du meuble et des armoires de cuisine

Membres du comité sectoriel

Marc La Rue
CSD
801, 4e Rue
Québec (Québec) G1J 2T7

Patrick Marleau
Fédération des travailleurs et travailleuses du papier et de la forêt (CSN)
550, rue Saint-Georges
Trois-Rivières (Québec) G9A 2K8

Virginie Cloutier
Association des fabricants et distributeurs de l'industrie de la cuisine de Québec
841, rue Des Œillets
Saint-Jean-Chrysostome (Québec) G6Z 3B7

Jean Tremblay
Association des industries de portes et fenêtres du Québec
2095, rue Jean-Talon, bureau 220
Québec (Québec) G1N 4L8

Raymond Thériault
Association des fabricants de meubles du Québec (AFMQ)
1111, rue Saint-Urbain, bureau 101
Montréal (Québec) H2Z 1Y6

Alain Cloutier
Syndicat des Métallos (FTQ)
5000, boul. Des Gradins, bureau 280
Québec (Québec) G2J 1N3

Gaston Boudreau
Syndicat canadien des communications, de l'énergie et du papier (SCEP-Québec)
2, boul. Desaulniers, bureau 101
Saint-Lambert (Québec) J4P 1L2

Jean-François Michaud
Association des fabricants de meubles du Québec (AFMQ)
1111, rue Saint-Urbain, bureau 101
Montréal (Québec) H2Z 1Y6

Jean-Robert Boisjoly
Emploi-Québec
276, rue Saint-Jacques Ouest, 6e étage
Montréal (Québec) H2Y 1N3

SOMMAIRE

C3.1 Interprétation des plans 8

C3.2 Cintrage des pièces 9

C3.3 Caractéristiques des matériaux pour le cintrage 15

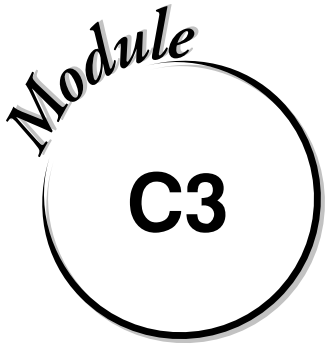
C3.4 Usinage et attendrissement des fibres 17

C3.5 Méthodes de cintrage manuel 20

C3.6 Méthodes de cintrage mécanique 31

C3.6 Contrôle de la qualité 34

Bibliographie 35



CINTRAGE DE PIÈCES

Le cintrage du bois remonte à l'Antiquité. Déjà, à cette époque, l'homme utilisait ce procédé pour fabriquer des paniers en osier. De même, les charpentes de marine employaient des pièces de bois cintrées pour remplacer les traditionnelles billes évidées. En raison de sa très grande élasticité naturelle, le bois pouvait être cintré, tout en conservant sa forme, à condition d'être maintenu solidement par d'autres pièces adjacentes formant une armature.

Aujourd'hui, on peut facilement cintrer une pièce de bois massif après en avoir préalablement attendri les fibres, ou encore cintrer et coller des couches de bois ou de placages de façon à former une pièce massive ayant l'épaisseur et la courbure désirées.

Le cintrage de bois chauffé par la vapeur est connu depuis fort longtemps. Les planches pour la construction des coques de bateaux, les manches de cannes et les chaises autrichiennes à dossier demi-rond en sont des exemples typiques. Le cintrage par chauffage à la vapeur nécessite une maîtrise parfaite de la technique et un savoir-faire important, notamment parce que le cintrage doit être réalisé immédiatement après le chauffage à la vapeur, pendant que le bois est toujours chaud. Par exemple, les pieds d'une table doivent ainsi être cintrés dans les trente secondes suivant la sortie des pièces de l'autoclave ou de l'étuve.

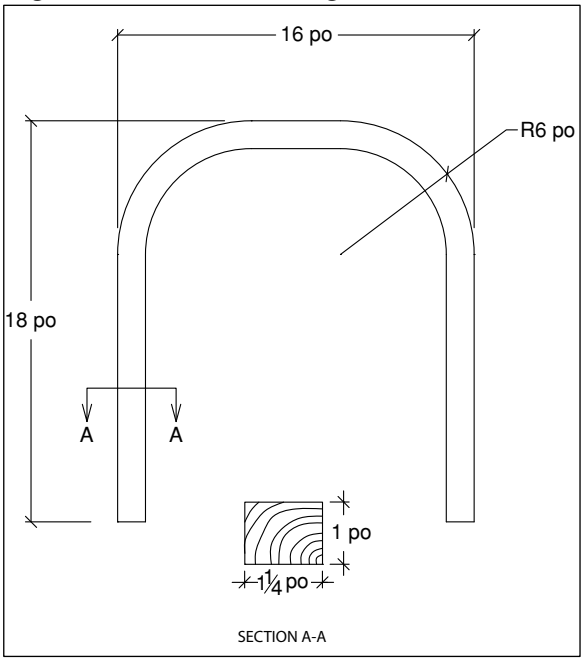
Dans ce module, vous verrez donc les différentes méthodes pour cintrer les bois massifs, les lamellés-collés et les contreplaqués.

C3.1 INTERPRÉTATION DES PLANS

L'interprétation des plans se fait à partir du plan de fabrication du meuble. À partir de ce plan, l'ébéniste doit réaliser le gabarit de cintrage correspondant à la pièce désirée. La figure C3.1.1 présente des chaises Costes. Pour réaliser les dossiers de ces chaises, l'ébéniste a dû produire un gabarit correspondant aux dimensions et aux rayons de courbure demandés. À la figure C3.1.2, on présente un plan de gabarit à réaliser pour fabriquer une pièce courbe.

Figure C3.1.1 Chaises costes

Figure C3.1.2 Plan de gabarit



C3.2 CINTRAGE DES PIÈCES

Le cintrage est un procédé mécanique de déformation plastique d'un profilé suivant un rayon et un angle donnés. Particulièrement utile pour un concepteur de meubles, la production de formes cintrées spécifiques est difficilement automatisable et principalement basée sur le savoir-faire. L'activité de cintrage nécessite une très grande technicité conférant une forte valeur ajoutée à ce type de production.

Depuis son introduction sur le marché en 1990, le bois malléable a été utilisé pour la réalisation de nombreux produits tels que rampes d'escaliers, plinthes, chaises, alèses de tables, divans, cannes, dormants de portes, bancs, pieds de tables, etc.

Les formes architecturales en bois peuvent être obtenues à partir de bois massif ou de bois lamellé. L'espèce de bois la plus appropriée au cintrage est le frêne, suivie du chêne, de l'orme, du hêtre, du cerisier, et autres. En revanche, les résineux, le bouleau, le gommier et les bois durs exotiques, tels que le teck et l'acajou, ne peuvent pas être cintrés facilement. Dans leur cas, on utilise le cintrage en lamelles.

CINTRAGE DU BOIS MASSIF

Le bois est une matière première précieuse qui possède des caractéristiques structurales particulières découlant de sa nature biologique. Contrairement à la déformation d'autres matériaux, notamment les métaux, la déformation du bois est très souvent imprévisible en raison de la distribution inhomogène des fibres le long d'une section.

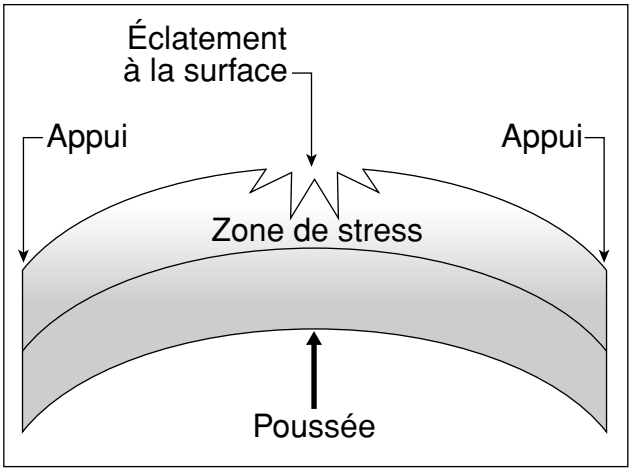
Dans les produits semi-ouvrés soumis à l'opération de cintrage, on remarque deux types d'efforts :

– effort de traction dans la zone périphérique convexe;

– effort de compression dans la zone intérieure concave de l'arc.

Soumis à des contraintes supérieures à la limite d'élasticité, le bois se casse à partir des couches superficielles de la partie extérieure de l'arc de cintrage (figure C3.2.1).

Figure C3.2.1 Au-delà de la limite d'élasticité



Pour demeurer dans le domaine des déformations élastiques, le cintrage à température ordinaire retourne à l'état primitif quand la contrainte cesse. Pour maintenir une déformation permanente, il faut donc augmenter la plasticité ou la maniabilité du bois, c'est-à-dire sa capacité de prendre une forme déterminée. Pour augmenter la maniabilité du bois massif, on procède à la plastification, c'est-à-dire qu'on l'humidifie. La plastification de la matière ligneuse augmente grâce au réchauffement, à partir de 70 °C, pour arriver au niveau optimal à 145-150 °C. Pour ce qui est de l'humidité, les valeurs optimales se situent aux environs de 14 à 16 %, mais peuvent atteindre 25 %. Du point de vue physique, on obtient la plastification maximale dans la zone de compression, et la plastification minimale dans la zone de traction (allongement). Pendant le traitement, l'axe neutre, soit la zone où les deux efforts s'équilibrent, a tendance à se déplacer vers l'extérieur de l'arc, augmentant ainsi la section plastique (figure C3.2.2). Pour faciliter davantage ce déplacement, il convient d'utiliser des dispositifs (gabarits) qui empêchent les allongements pendant le cintrage (figure C3.2.3).

Figure C3.2.2 Comportement du bois

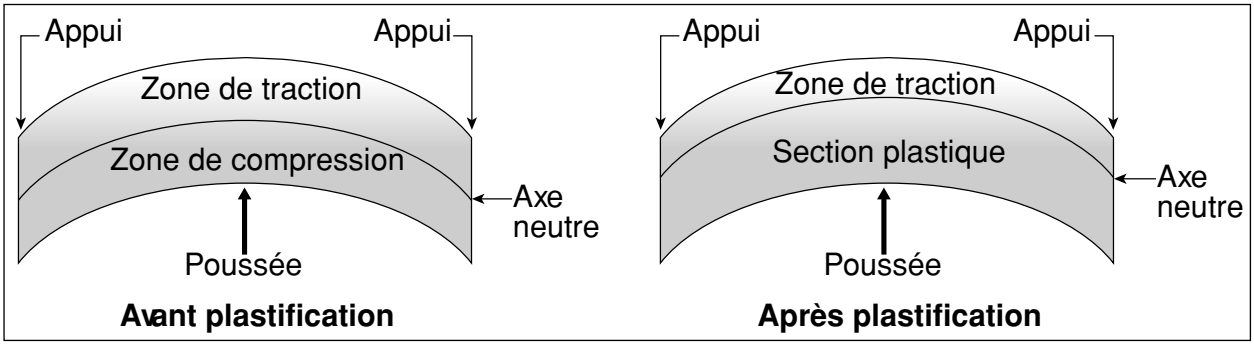
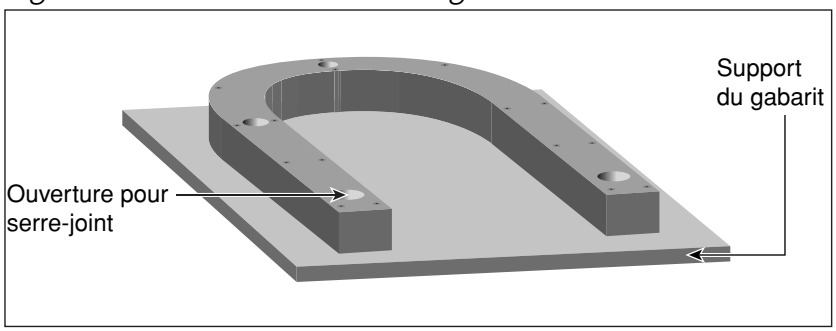


Figure C3.2.3 Gabarit de cintrage



Si on laisse refroidir et sécher le bois cintré chaud dans la forme désirée, le cintrage se stabilise et le bois retrouve sa résistance primitive.

La fabrication des bois massifs cintrés peut donc se résumer en trois étapes :

1. plastification par l'action de la chaleur;
2. cintrage;
3. stabilisation du cintrage par séchage du bois à des températures supérieures à 65 °C.

Pour obtenir des résultats satisfaisants, il faut utiliser du bois sans défauts, par exemple sans déviation des fibres et des tensions internes.

En milieu industriel, on utilise trois procédés de réchauffement pour le cintrage :

– réchauffement en bain d'eau;
– vaporisation;
– réchauffement diélectrique ou avec haute fréquence.

Réchauffement en bain d'eau

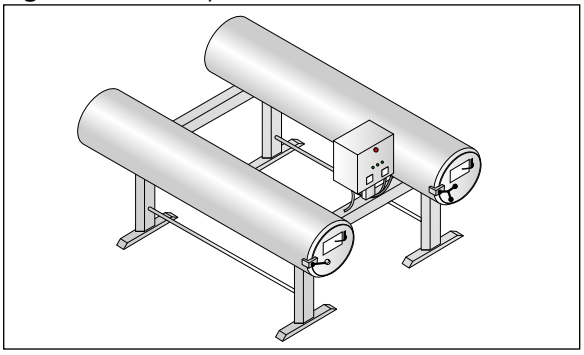
Dans le bain d'eau chaude, on maintient la température entre 70 et 80 °C pendant un temps d'immersion suffisant pour permettre de distribuer uniformément la chaleur le long de la section du bois.

Ce procédé, utilisé principalement pour le bouleau et le frêne, présente l'inconvénient de « trop mouiller » le bois, lequel devient mou, puis difficile à cintrer et à stabiliser. De plus, on observe souvent une désagréable variation de la couleur du bois. Par rapport aux deux méthodes décrites ci-après, le bain d'eau est toutefois avantageux dans les cas où le cintrage ne concerne qu'une partie de la longueur des pièces, puisqu'il est possible d'effectuer une immersion partielle.

Vaporisation

Utilisée généralement pour les feuillus, la vaporisation s'effectue dans des vaporisateurs métalliques à la pression atmosphérique, avec vapeur saturée à 100° C (figure C3.2.4).

Figure C3.2.4 Vaporisateur à double autoclave

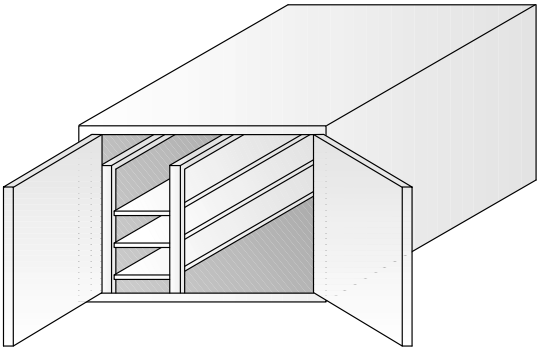


Le vaporisateur doit être bien isolé, en métal antirouille et protégé contre la corrosion. Pendant le traitement, les pièces deviennent humides à l'extérieur jusqu'à 25 %, et même jusqu'à 40 % si la vapeur d'eau condensée reste à l'intérieur du cylindre. Il a été établi qu'en présence de vapeur d'eau condensée, on obtient une meilleure plastification, et ce, plus rapidement.

En ce qui concerne les temps de traitement appropriés, il faut simplement éviter que le bois tende à trop plastifier et qu'il se déforme dans la section transversale pendant le cintrage. Une période de vaporisation de 45 à 60 minutes pour chaque 25 mm d'épaisseur, selon le type de bois, pourrait être suffisante.

À la fin du processus, on obtient un gradient d'humidité de l'extérieur vers l'intérieur qui facilite le séchage ultérieur dans un séchoir (figure C3.2.5).

Figure C3.2.5 Sechoir industriel



Four séchoir à bois, chauffé à la vapeur, au gaz ou à l'électricité

Réchauffement avec haute fréquence

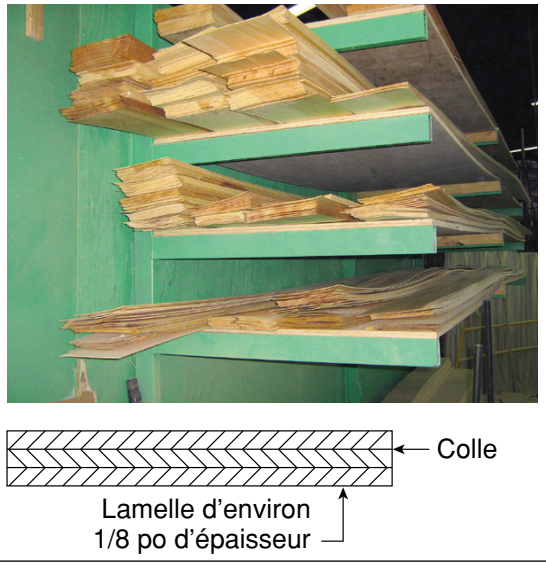
Ce dernier procédé, qui s'effectue à l'aide d'une presse spécialisée (figure C3.2.6), utilise du courant électrique à une fréquence allant de 5 à 15 MHz, lequel provoque le réchauffement immédiat de toute la masse de bois à 100°C, sans perte d'humidité. Le principal avantage de ce procédé est qu'il offre la possibilité de plastifier des produits en bois semi-ouvrés présentant des défauts dans la fibre. Son coût d'exploitation élevé, qui limite les secteurs d'utilisation, demeure cependant son principal inconvénient.

Figure C3.2.6 Presse avec équipement à hautes fréquences

Cintrage des lamellés-collés

On effectue le cintrage des lamellés-collés en superposant de minces lamelles de bois enduites de colle et ayant des fibres à peu près parallèles (figure C3.2.7). Celles-ci sont ensuite cintrées simultanément sur une seule forme. Dès que la colle sèche, les couches de bois ne peuvent plus se déplacer et la possibilité de déformation de la courbure imposée devient alors pratiquement nulle.

Figure C3.2.7 Lamelles de bois



Encollage des lamelles

Dans les petites et les moyennes usines, l'encollage peut se faire manuellement avec un pinceau ou un rouleau. Cependant, dans les usines où on fabrique des pièces cintrées en série, l'encollage est réalisé à l'aide d'encolleuses à rideau ou à rouleaux mécanisés. Au moment du collage, les surfaces doivent être propres et l'adhésif doit être appliqué uniformément.

Techniques de cintrage des lamellés

À cause de leur flexibilité due à la minceur des lamelles, les lamellés sont relativement faciles à cintrer et il est possible de réaliser des formes complexes. On peut utiliser les méthodes manuelles ou les machines à cintrer que l'on verra ultérieurement. Cependant, l'usage d'une table à cintrer ou d'une poche de séchage avec gabarit se prête bien à ce type de cintrage. Malheureusement, le cintrage des lamellés peut provoquer le débordement de la colle entre les lamelles, ce qui exige le nettoyage des équipements.

La figure C3.2.8 montre une forme de cintrage de lamellés. Dans un premier temps, on a cintré tout autour du gabarit, lequel est muni de segments détachables. On retire ceux-ci et on donne la forme finale en compressant aux endroits où les segments détachables ont été enlevés.

Figure C3.2.8 Gabarit avec segments détachables

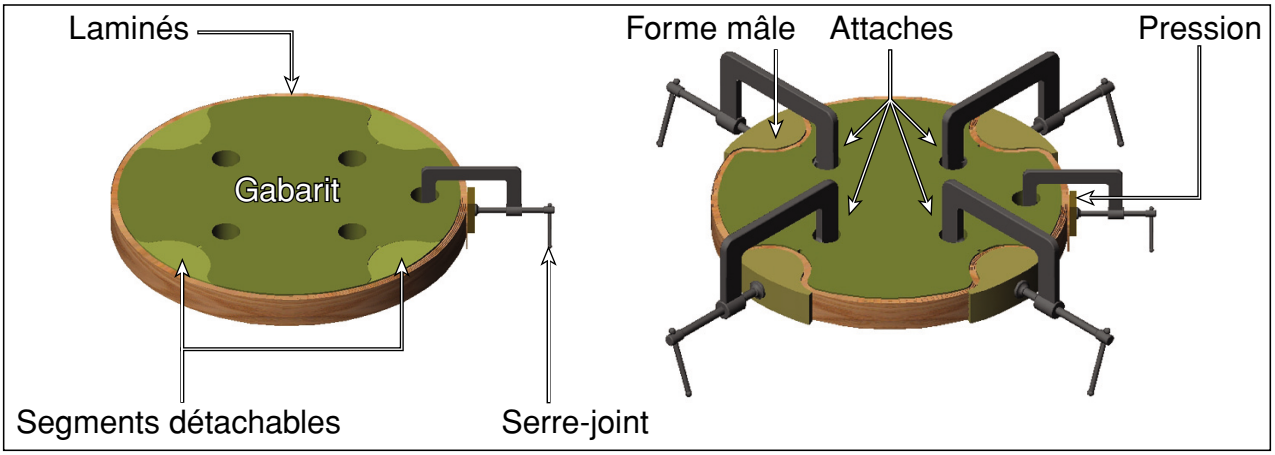
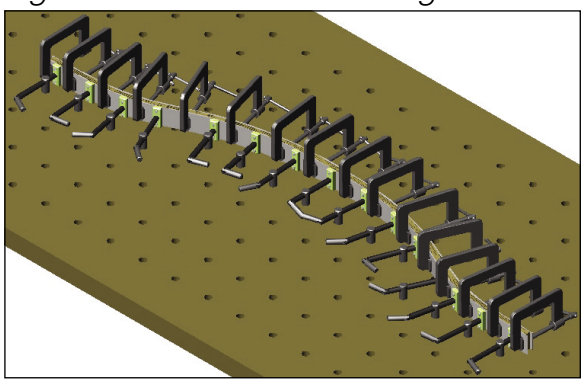


Table de cintrage

Une table de cintrage est composée de plusieurs cavités de différentes configurations, dans lesquelles on peut insérer des serre-joints à plusieurs endroits de façon à obtenir la courbure désirée (figure C3.2.9). Ainsi, à l'aide d'une pièce flexible (généralement du téflon) fixée aux serres de retenue et qui sert de gabarit, les lamellés sont fixés au gabarit durant le temps de séchage de la colle.

Figure C3.2.9 Table de cintrage



Poche de séchage

Le cintrage des lamellés avec gabarit et poche de séchage est relativement simple. Une fois les lamelles choisies, elles sont coupées de la longueur désirée, encollées, ou placées les unes sur les autres. Ensuite, les lamelles sont insérées dans le gabarit (figure C3.2.10). On donne la forme du gabarit aux lamelles en les fixant solidement avec des courroies de serrage (figure C3.2.11). Puis, le gabarit avec les lamelles sont ensachés dans la poche de séchage. Celle-ci est une membrane transparente scellée dans laquelle on fait le vide afin de presser les lamelles contre le gabarit, tout en éliminant l'humidité, ce qui permet donc d'accélérer le séchage (figure C3.2.12).

Figure C3.2.10 Insertion des lamelles

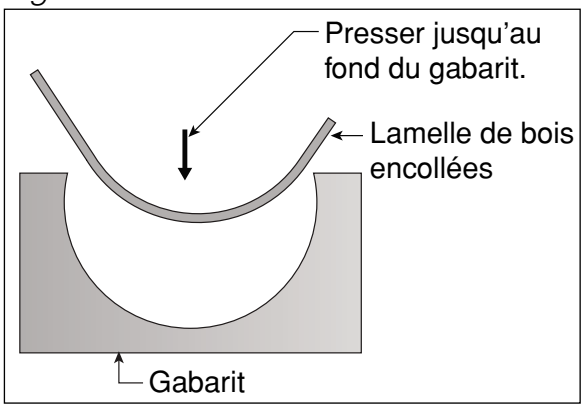


Figure C3.2.11 Fixation des lamelles

Figure C3.2.12 Poche de séchage

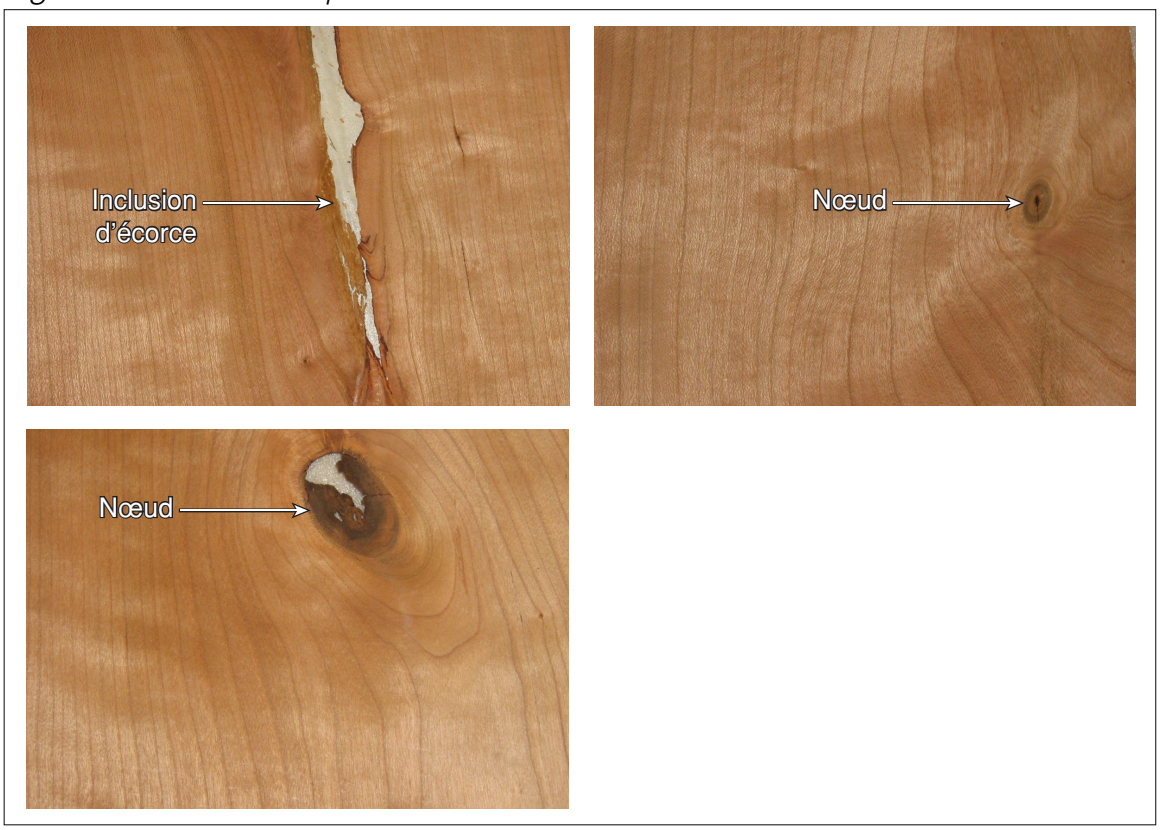
C3.3 CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX POUR LE CINTRAGE

Les principales caractéristiques des matériaux à prendre en considération en vue d'un cintrage sont les défauts, l'orientation des cernes, le type d'essence et la teneur en humidité.

CHOIX DES MATÉRIAUX

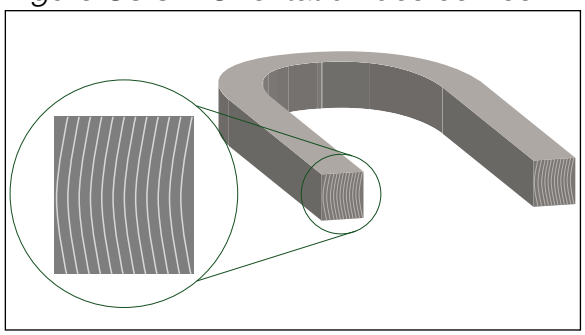
Il importe de choisir avec soin les matériaux de cintrage, car ils seront vraisemblablement soumis à de fortes compressions. Aussi, ils ne doivent pas comporter de zones affaiblies par des défauts comme des nœuds, des inclusions d'écorce ou d'autres défauts de surface (figure C3.3.1). Ces endroits céderaient sous une contrainte relativement faible. On réduit donc de beaucoup les chutes de fabrication en évitant de cintrer des pièces qui présentent de tels défauts.

Figure C3.3.1 Défauts possibles



Cependant, lorsqu'il s'avère impossible d'obtenir une pièce sans défaut, on doit faire en sorte que la zone faible se trouve près de la face convexe et, par conséquent, sur la fibre neutre ou à proximité de celle-ci, soit là où la contrainte est réduite au minimum. Idéalement, on choisit des pièces non seulement exemptes de défauts mais aussi de fil droit, particulièrement si la courbure imposée est très prononcée (figure C3.3.2).

Figure C3.3.2 Orientation des cernes



rappel

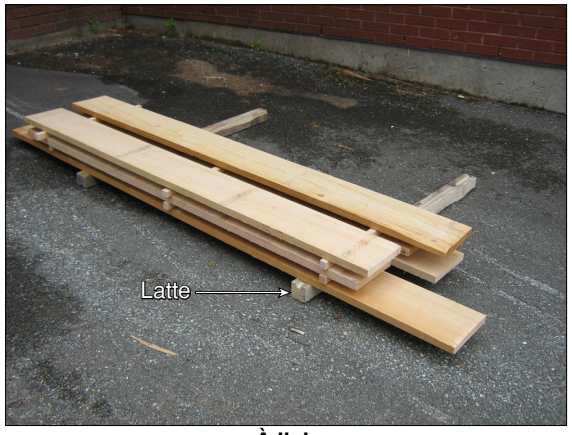
Les essences les plus utilisées pour le cintrage en ébénisterie sont le frêne et le chêne. On en trouve facilement, leur comportement au cintrage est excellent et ils peuvent servir à la fabrication de n'importe quel meuble.

TENEUR EN HUMIDITÉ

La teneur en humidité influe sur le comportement du bois lors du cintrage. Ainsi, la plupart des essences peuvent être cintrées à l'état vert. Cependant, contraintes à un faible rayon de courbure, certaines essences, comme l'orme et le chêne, ont tendance à se fendiller. Ce fendillement est provoqué par la pression hydraulique qu'exerce l'eau retenue dans les cellules du bois. Par ailleurs, le bois dont la teneur en humidité est ramenée entre 20 et 25 % par séchage au séchoir ou à l'air (figure C3.3.3) se comporte sensiblement comme le bois vert de même espèce.

Figure C3.3.3 Séchage

Au four



À l'air

Les inconvénients que présente l'emploi de matériaux séchés à l'air ou au four sont les suivants :

– De petites gerces peuvent se produire en surface lors du séchage et passer inaperçues ce qui risque de causer la rupture des fibres en compression.

– L'humidification des bois secs durant l'étuvage peut provoquer leur distorsion avant le cintrage.

– Le bois séché à l'air se prête mal au cintrage manuel.

Stockage

Si le bois doit être stocké et séché avant la malléabilisation, il faut tenir compte d'un traitement contre toute attaque bactérienne, les moisissures, etc., qui pourraient le tacher. Lors du stockage, le bois doit être enlacé par des lattes de pin ou de sapin (figure C3.3.3). L'humidité doit constamment être contrôlée, car un séchage trop rapide provoquerait des gerçures. Enfin, le bois ne doit jamais être exposé à la lumière directe du soleil.

C3.4 USINAGE ET ATTENDRISSEMENT DES FIBRES

Avant de procéder à l'attendrissement des matériaux destinés au cintrage, il faut d'abord passer par l'étape de l'usinage.

Usinage

L'usinage consiste à couper les pièces à angle droit et exactement à la longueur voulue (figure C3.4.1), sans oublier de prévoir un espace suffisant pour y fixer des attaches, si jamais l'opération se révélait nécessaire. Si les fibres s'allongent lors de l'étuvage, il convient de couper les pièces juste avant de les cintrer. Ce recoupage est souhaitable particulièrement lorsque les pièces doivent être cintrées côte à côte, en une seule opération. Les pièces doivent être surdimensionnées pour tenir compte des déformations de la section transversale durant le cintrage, du retrait du bois et des écarts inévitables de forme liés au cintrage des bois massifs. Il est fortement conseillé d'utiliser des matériaux aux faces lisses afin d'éviter le plissement que causent les aspérités. Des pièces rabotées sont donc préférables (figureC3.4.2).

Figure C3.4.1 Coupe à angle droit

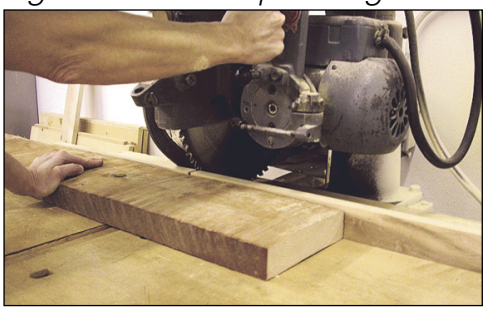
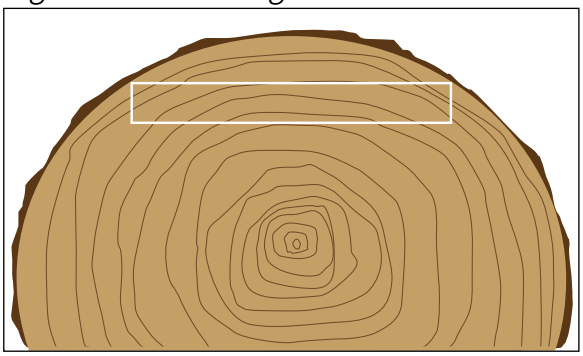


Figure C3.4.2 Rabotage

Il est possible de donner à une pièce une courbure complètement circulaire. Cependant, il ne faut pas oublier qu'en cours de cintrage, les faces se trouvent comprimées par la forme (gabarit) ce qui provoque une expansion latérale de la pièce. Précisons en outre que la distorsion des sections est parfois sans conséquence. On peut au besoin y remédier en les ponçant.

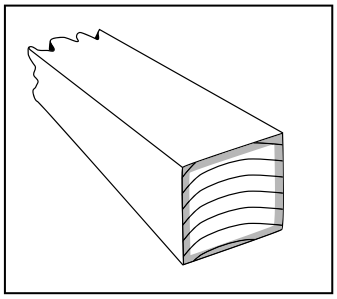
L'expérience a démontré, par ailleurs, que les matériaux sciés sur dosse et cintrés de façon que les cernes annuels à la face de la forme utilisée donnent des résultats supérieurs à ceux débités sur quartier et cintrés avec les cernes placés perpendiculairement à la face de la forme (figure C3.4.3).

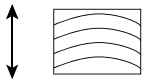
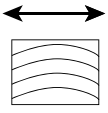
Figure C3.4.3 Sciage sur dosse



Les pièces doivent être suffisamment surdimensionnées par rapport à la taille finale souhaitée. Ceci est nécessaire, notamment à cause des pertes de volume lors du séchage et de l'usinage avant ou après le cintrage. Les pièces doivent aussi être plus longues, car elles peuvent perdre plus de 5 % sur la longueur lors de la malléabilisation (figure C3.4.4).

Figure C3.4.4 Surdimensionnement et pertes



Perte radiale	Perte tangentielle
3,6 %	6,6 %
	
Perpendiculairement aux cernes	Longitudinalement aux cernes

Perte de volume du hêtre lors d'un séchage de 25 % à 8% d'humidité

ÉTUVAGE

Pour rendre les bois malléables et compressibles de sorte qu'ils se prêtent bien au cintrage, il faut les humidifier et les chauffer. Il a été précisé que ceux dont la teneur en humidité varie entre 25 et 30 % contiennent suffisamment d'eau pour assurer leur malléabilité une fois chauffée. Des essais démontrent qu'il est inutile de les exposer à des températures bien au-dessus du point d'ébullition, soit 100 °C. En effet, ces essais ont révélé que les très hautes températures n'influent en rien sur les dispositions des bois au cintrage.

La méthode la plus courante et qui, de surcroît, donne les meilleurs résultats est probablement un traitement à la vapeur saturée effectué à la pression atmosphérique à l'intérieur d'une étuve. La figure C3.4.5 illustre un type d'autoclave, lequel est conçu pour qu'il soit facile d'y introduire et d'en retirer les pièces. Il est important que l'étuve soit munie d'une enveloppe isolante afin d'économiser de l'énergie. Dans certaines usines où on utilise de la vapeur à d'autres fins, on peut faire de la cogénération en utilisant les résidus de vapeur d'autres machines, à condition qu'on puisse maintenir la température au degré voulu. Il est inutile d'employer de la vapeur à une pression plus élevée que celle de la pression atmosphérique. D'une part, les propriétés du bois ne s'en trouvent que très peu améliorées, et d'autre part, l'autoclave doit être construit très solidement pour résister à des pressions élevées. Enfin, de très fortes pressions altèrent certains bois, en plus de leur faire subir une décoloration importante.

Figure C3.4.5 Étuve

À la vapeur saturée, c'est-à-dire à 100 °C, le temps de chauffage est d'environ 45 min par épaisseur de 25 mm. Le passage à la vapeur s'utilise aussi pour humidifier les pièces à faible taux d'humidité. Avec la haute fréquence, le chauffage est beaucoup plus rapide. Le temps de chauffage est d'environ 5 à 10 min suivant la capacité du générateur HF. L'utilisation des hautes fréquences en phase de chauffage nécessite un contrôle très strict de la température et de l'humidité, afin d'éviter les fissures dues à la montée rapide de la température.

En somme, l'étuvage constitue la méthode la plus utilisée pour rendre le bois semi-plastique. Toutefois, tout procédé permettant de le chauffer à une température approchant le point d'ébullition sans l'endommager ou le rendre trop sec est valable.

Jusqu'à maintenant, on a tenté de diverses façons d'attendrir les fibres des matériaux de cintrage à l'aide de produits chimiques. Cependant, personne n'a encore réussi à mettre au point une méthode efficace.

C3.5 MÉTHODES DE CINTRAGE MANUEL

Il existe plusieurs méthodes de cintrage de même qu'une gamme variée d'appareils. Cette section présente les méthodes les plus courantes tant au niveau artisanal qu'industriel.

CINTRAGE À FROID

Le bois à l'état naturel, c'est-à-dire sec et non traité, se prête bien au façonnage de courbures simples. Toutefois, il est impossible, mis à part quelques rares exceptions, d'atteindre un rayon de courbure relativement faible avec ce genre de matériaux sans que les fibres se rompent. La formule R/S = 50 permet de calculer approximativement le rayon de courbure limite de la plupart des essences de fil droit ne comportant pas de défaut. R correspond au rayon de courbure et S, à l'épaisseur de la pièce. Cette formule est loin d'être précise, mais elle indique néanmoins qu'une pièce de bois à l'état naturel, mesurant 25 mm d'épaisseur ne peut pas être contrainte à un rayon de courbure de moins de 1,2 m. Soumis à une courbure si peu prononcée, le bois, en raison de sa grande élasticité, ne conserve pas la déformation imposée.

Lorsque la résistance de la pièce utilisée importe peu et qu'une seule face sera visible, on peut effectuer, sur la face concave, des traits de scie. Grâce à ces entailles parallèles entre elles, mais transversales par rapport à la pièce, l'épaisseur de celle-ci s'en trouve diminuée et son cintrage facilité. De cette façon, le rayon de courbure peut être réduit sans provoquer la rupture des fibres. Les ébénistes utilisent fréquemment cette méthode pour la fabrication d'escaliers en colimaçon.

CINTRAGE À CHAUD SANS FEUILLARD DE SUPPORT

Il faut attendrir à chaud les pièces de bois qui seront soumises à un rayon de courbure relativement faible afin qu'elles conservent plus ou moins la courbure imposée. Le rayon de courbure de la plupart des bois peut être réduit grâce à ce traitement, parfois même sans l'aide d'un feuillard. Le tableau de la figure C3.5.1 indique les rayons minimaux admissibles de quelques essences après l'étuvage. Ainsi, on peut observer, par exemple, que le rapport R/S pour le chêne blanc d'Amérique se trouve diminué à une valeur approximative de 130.

Figure C3.5.1 Rayons de courbure limites

Essence (nom usuel)	**Rayons* (mm)**	
	Avec feuillard de soutien	Sans feuillard de soutien
Frêne d'Amérique	110	330
Bouleau jaune du Canada	76	430
Acajou d'Afrique	910	810
Acajou d'Amérique	710	300
Chêne blanc d'Amérique	130	330

*Rayons de courbure minimaux admissibles de diverses essences traitées à la vapeur (matériau d'une épaisseur de 24,5 mm, séché à l'air et étuvé)

Les méthodes que l'on utilise habituellement pour le cintrage à chaud sans feuillard sont les suivantes :

– Serrer la pièce entre des formes mâle et femelle possédant la courbure désirée (figure C3.5.2).

– Forcer les pièces à s'incurver à l'aide d'une forme en bois ou de préférence en métal, et la maintenir en position (figure C3.5.3).

Figure C3.5.2 Pliage avec formes mâle et femelle

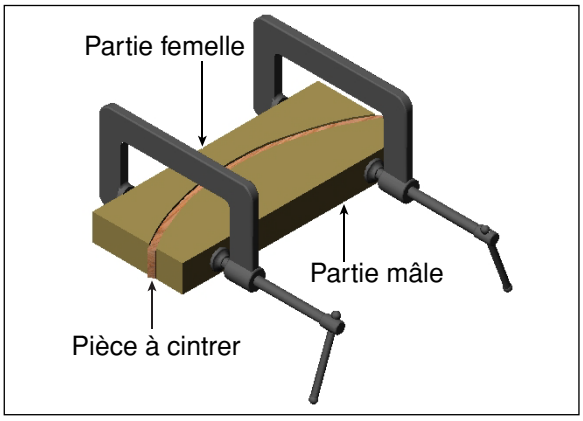


Figure C3.5.3 Pliage avec forme simple

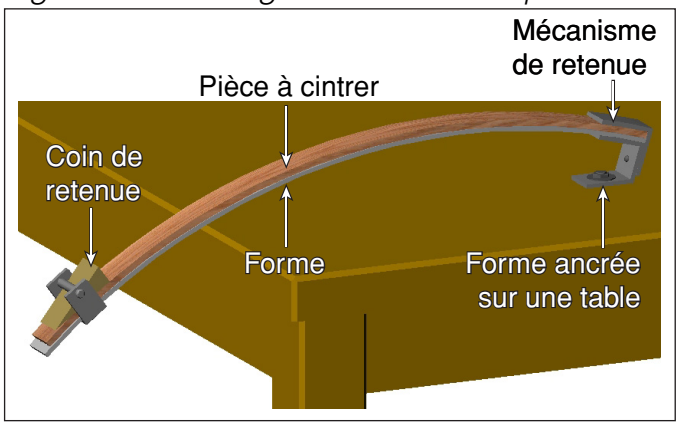
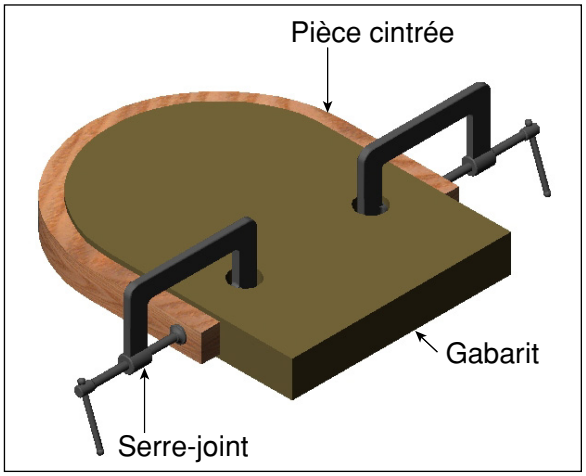


Figure C3.5.4 Pièce cintrée et fixer



Le cintrage à chaud sans feuillard peut également se faire sur gabarit (figure C3.5.4). Les pièces peuvent être cintrées sans l'aide de sangles lorsqu'il s'agit de grands rayons de courbure (figure C3.5.4), et que la pièce peut être maintenue en place à l'aide de serre-joints. Le cintrage doit s'effectuer de manière lente et régulière.

En règle générale, les limites suivantes peuvent être considérées pour un cintrage sans feuillard :

Section rectangulaire

- Hêtre

Rayon de cintrage minimal = 10 x épaisseur de la pièce – 50 mm

- Frêne

Rayon de cintrage minimal = 6 x épaisseur de la pièce

Section circulaire

- Hêtre

Rayon de cintrage minimal = 7 x épaisseur de la pièce + 30 mm

- Frêne

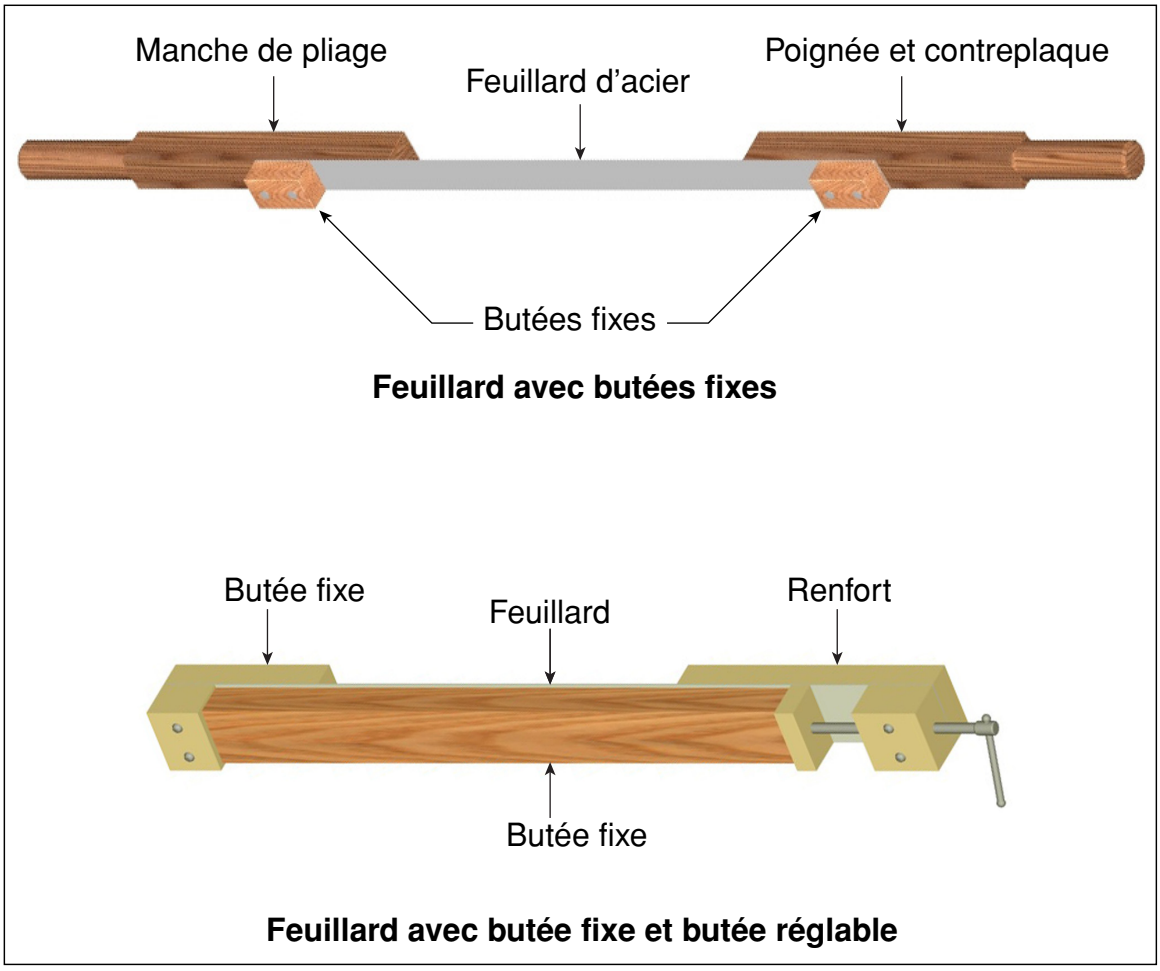
Rayon de cintrage minimal = 11 x épaisseur de la pièce – 100 mm

Il faut cependant noter que le cintrage à chaud sans feuillard de support est rarement utilisé, sauf par les artisans.

CINTRAGE À CHAUD AVEC FEUILLARD DE SUPPORT

Lorsque l'épaisseur de la pièce de bois et le rayon de courbure imposé le nécessitent, on utilise un feuillard afin d'éviter qu'il y ait rupture des fibres sur la face externe (Figure C3.5.5). Ce feuillard est généralement fait d'acier doux, d'acier inoxydable ou d'acier à ressort. En général, il est admis qu'un feuillard en acier de 1,2 mm d'épaisseur suffit à soutenir une pièce de 38 mm d'épaisseur et qu'au-delà de cette limite, il faut utiliser un feuillard de 2 mm d'épaisseur. Les feuillards de cintrage sont munis de deux butées fixes, ou d'une fixe et d'une réglable, qui maintiennent en place la pièce chauffée à la vapeur devant être cintrée. La longueur du feuillard est fonction de la longueur de la pièce à cintrer.

Figure C3.5.5 Types de feuillards pour cintrage manuel



De plus, il est important que le feuillard soit plus large que la pièce de bois, de manière à la couvrir entièrement et à lui assurer un support complet.

L'acier a tendance à tacher certaines essences. Il est donc souhaitable, au besoin, de recouvrir la face du feuillard en contact avec le bois avec un matériau qui ne tache pas, comme l'aluminium.

La figure C3.5.6, montre l'utilisation du feuillard à cintrer manuellement.

Pendant le cintrage, il peut être nécessaire de diminuer la pression à l'extrémité de la pièce, en dévissant la butée réglable. Si la butée n'est pas dévissée, lors de cintrages importants, la pression sur la face intérieure de la pièce devient si importante que le bois risque de se détériorer, voire froisser.

Lorsque la butée est serrée, la pression peut devenir si forte sur le feuillard que ce dernier glisse de la pièce. Lorsque cela arrive, la pièce n'est plus en pression. Afin d'éviter que le feuillard glisse, il doit être muni de barres longitudinales de renfort (figure C3.5.7). Ces barres doivent se trouver à chaque extrémité du feuillard et doivent être boulonnées à celui-ci, tout comme aux butées.

En règle générale, les limites suivantes peuvent être considérées pour un cintrage avec feuillard :

Section rectangulaire et circulaire

- Hêtre et Frêne

Rayon de cintrage minimal = 2 x épaisseur ou 2 x diamètre de la pièce

Figure C3.5.7 Feuillard avec et sans barre de renfort

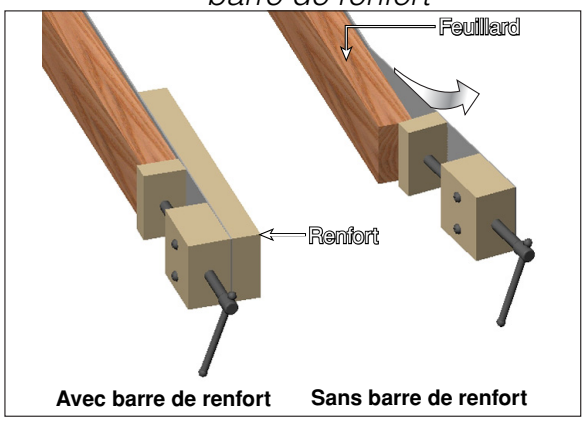
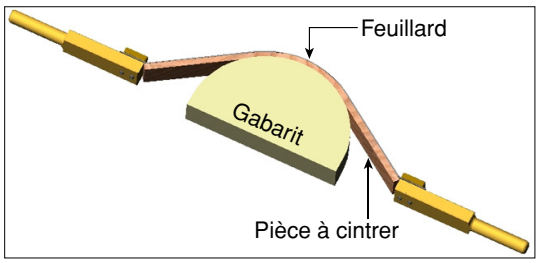
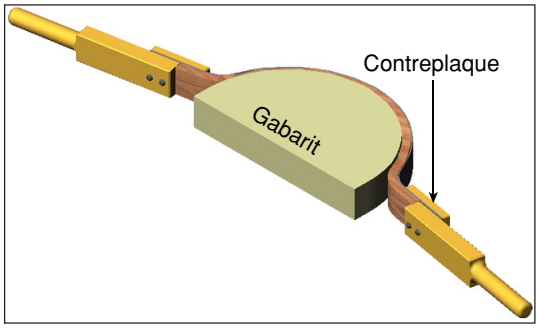


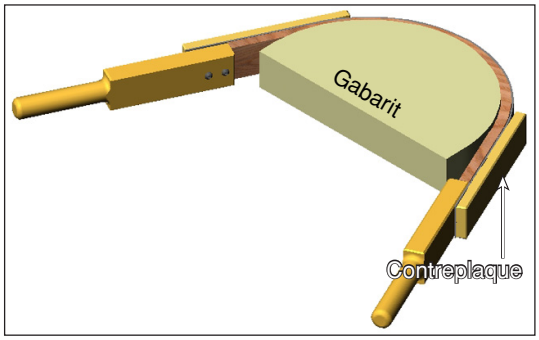
Figure C3.5.6 Cintrage manuel avec feuillard



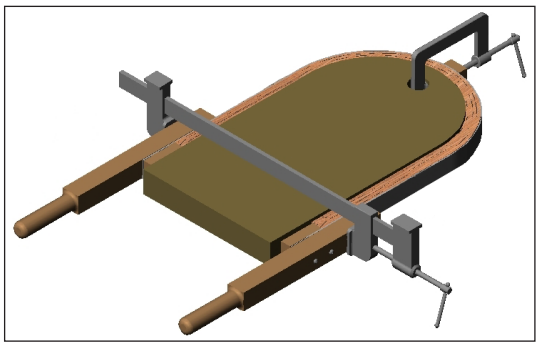
Cintrage sans contreplaque provoquant un pivotement des cales



Cintrage avec contreplaques trop courtes pour être efficaces



Cintrage approprié au moyen de contreplaques recouvrant une partie du feuillard

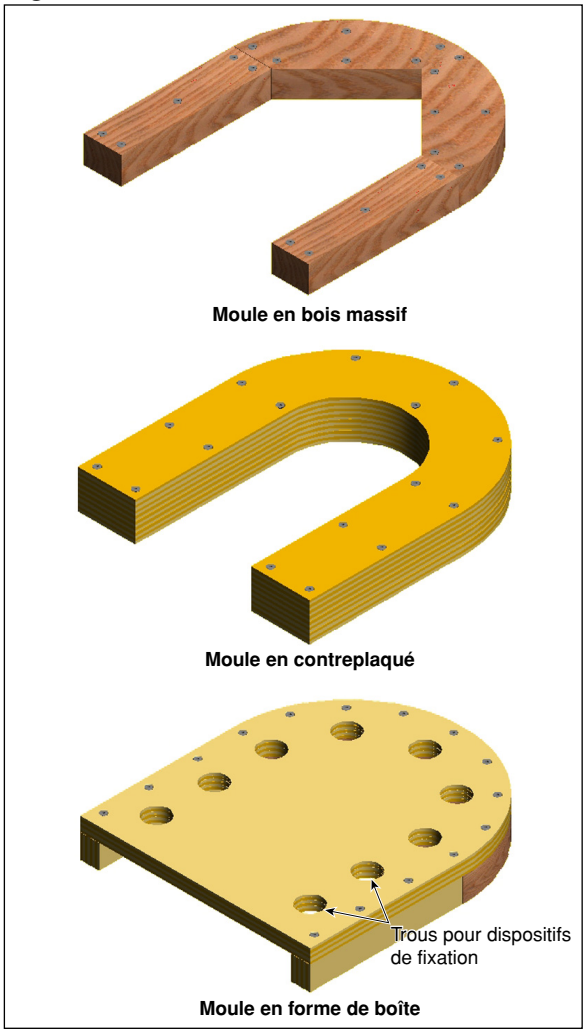


Ensemble bloqué après le cintrage et qui, une fois séché, gardera sa forme

GABARIT DE CINTRAGE

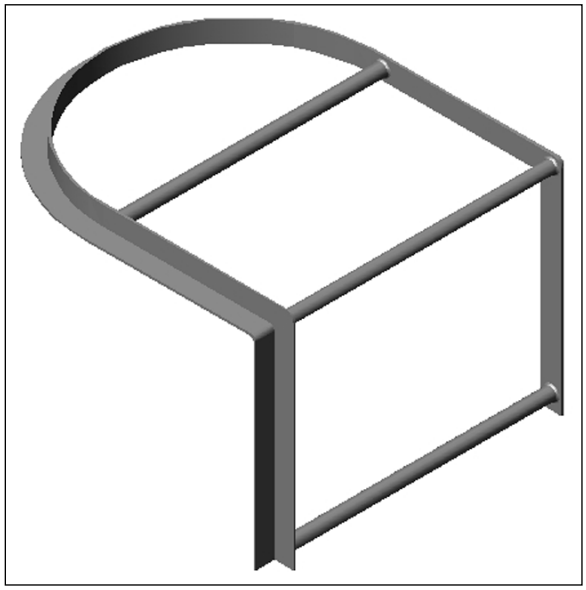
Le gabarit sur lequel le bois doit être cintré peut être fabriqué en bois ou en métal. Les gabarits en bois (figure C3.5.8) sont simples à fabriquer. Un gabarit pour un cintrage en un seul plan peut être fabriqué à partir d'un épais panneau de contreplaqué, de MDF (medium density fiberboard), ou de panneaux de particules, ou encore de plusieurs panneaux collés entre eux. Le panneau est découpé à la forme souhaitée. Aussi, les surfaces de coupe doivent être poncées, afin d'éviter les marques sur les pièces à cintrer.

Figure C3.5.8 Gabarit en bois



Les gabarits en métal (figure C3.5.9) sont souvent utilisés lorsque de grosses séries sont à envisager. Ils sont stables et faciles à équiper avec des pinces qui maintiennent la pièce cintrée en place. Par contre, ils coûtent plus chers à l'achat ou à fabriquer.

Figure C3.5.9 Gabarit en métal



Les profilés d'acier en cornière sont souvent utilisés pour fabriquer des gabarits en métal.

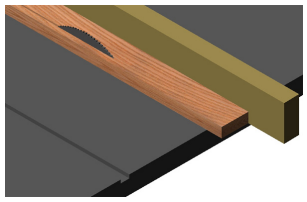
Les gabarits construits avec des profilés d'acier en cornière cumulent les avantages que sont la solidité et la facilité à installer des serre-joints.

CINTRAGE EN L OU EN U SIMPLE

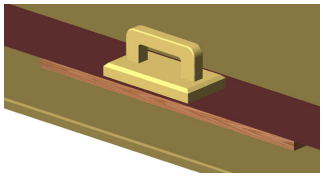
Le cintrage d'une pièce en L ou en U s'effectue de la façon suivante. Le bois doit de préférence être orienté côté cœur contre le gabarit. Le risque de rupture à l'étirement est alors considérablement réduit lors du cintrage, et le bois est plus facile à courber. Le feuillard est positionné sur la face extérieure du bois malléable. La pièce, côté butée fixe, est alors fixée au gabarit, puis cintrée autour de celui-ci. Petit à petit et très lentement, la pièce est cintrée et fixée au gabarit à l'aide de serre-joints ou de pinces. La figure C3.5.10 illustre bien toutes les étapes pour réussir un cintrage en L ou en U.

Pendant le cintrage, la pièce est en pression longitudinale dans le feuillard. Lors du cintrage en L, par exemple, la pression aux extrémités doit être relâchée, de manière à permettre la déformation longitudinale sur la face de traction de la pièce (face extérieure). Si la pression en bout de bois n'est pas relâchée, des froissements ou des plis apparaissent sur la face intérieure de la pièce. Une pression trop élevée en bois de bout entraîne également un aplatissement de la pièce sur sa partie la plus courbe (dans certains cas, la pièce peut diminuer de moitié). Le serrage à la clé dynamométrique permet de contrôler la pression lors du cintrage.

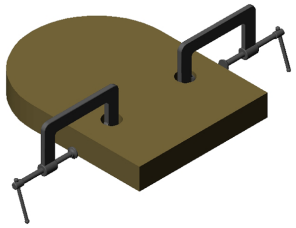
Figure C3.5.10 Étapes à suivre pour le centrage en U



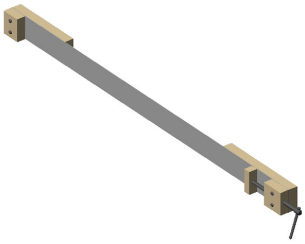
1. Débiter du bois malléable à dimension appropriée.



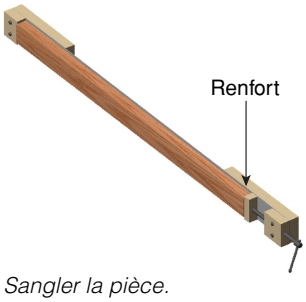
2. Percer le bois de façon à minimiser l'usinage après le cintrage.



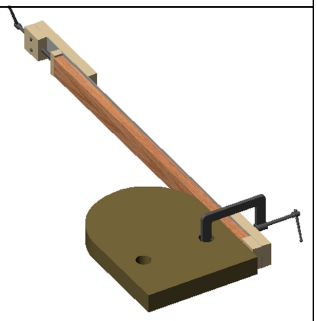
3. Installer le gabarit de cintrage pour une pièce en U.



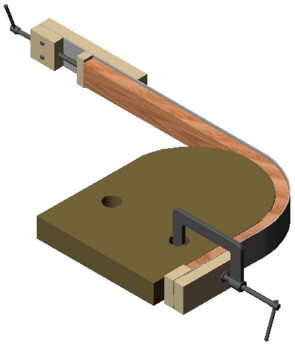
4. Installer le feuillard.



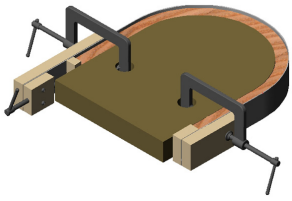
5. Sangler la pièce.



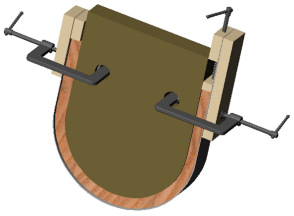
6. Bloquer la pièce sur le gabarit.



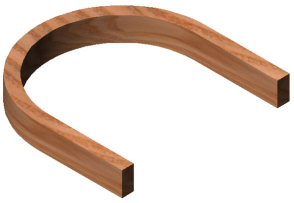
7. Cintrer le bois.



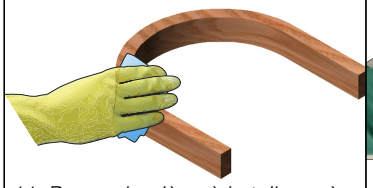
8. Bloquer la pièce au gabarit.



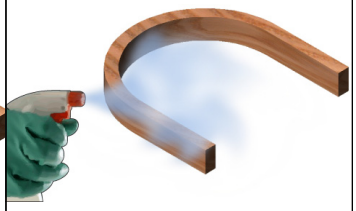
9. Sècher la pièce maintenue en pression sur son gabarit.



10. Enlever la pièce du gabarit.



11. Poncer la pièce à la toile ou à l'éponge.

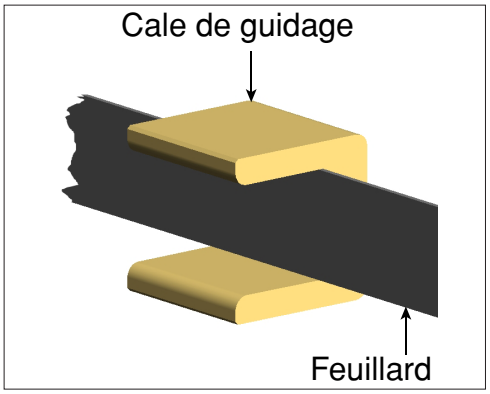


12. Vernir la pièce.

Lors du cintrage de pièces longues, il est nécessaire d'utiliser des cales de guidage (figure C3.5.11), ce qui évite à la pièce de glisser en dehors du feuillard lorsque la pression en bout de bois augmente. Les cales de guidage peuvent éventuellement être vissées au feuillard. À la place de cales de guidage, la pièce peut être guidée par des pinces qui la maintiennent en place.

Les outils servant au cintrage et au maintien de la pièce ne doivent pas laisser de marques sur la pièce.

Figure C3.5.11 Cale de guidage

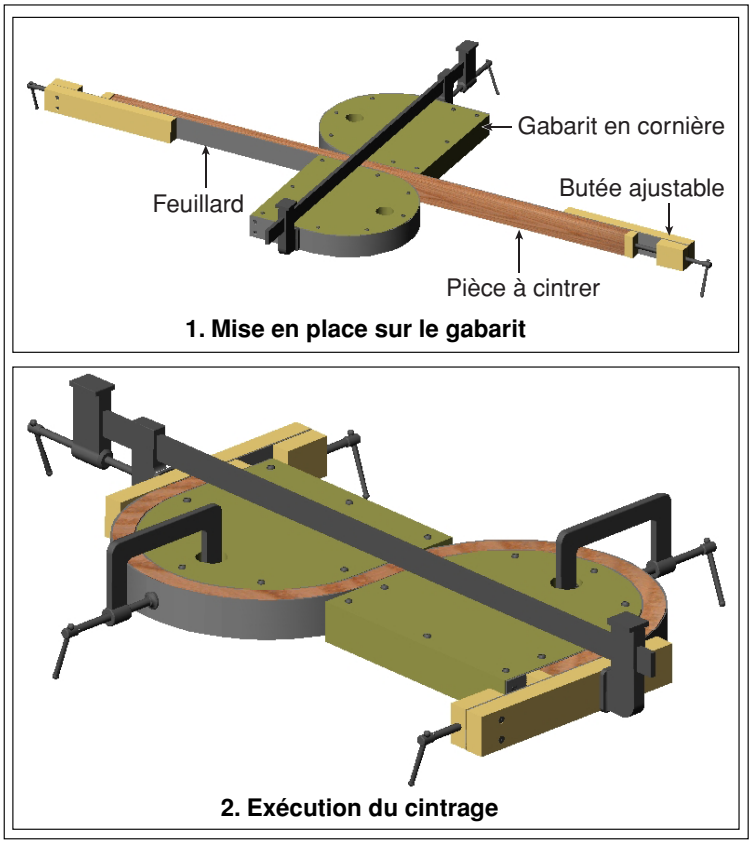


CINTRAGE EN S

Les règles appliquées pour les cintrages en L ou en U sont les mêmes que pour d'autres cintrages comme le cintrage en S. Dans ce cas toutefois, le cintrage s'effectue en deux phases.

Les pièces formées en S sont sanglées avec un feuillard en deux parties (figure C3.5.12). Le cintrage en S s'effectue comme deux cintrages en U en opposition, mais on commence par le centre du S. Les feuillards doivent être en appui sur les faces extérieures de la pièce.

Figure C3.5.12 Cintrage en S



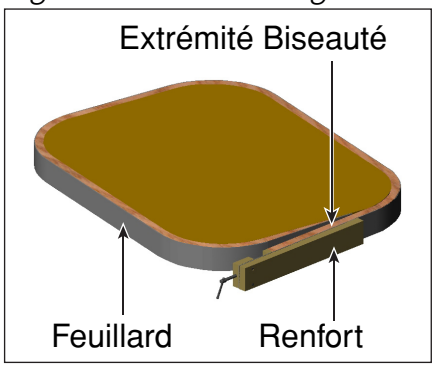
Cintrage en O

Le cintrage en O (assise de chaise, par exemple) est très facile. Le gabarit peut être de différentes formes : circulaire, ovale ou carré avec des coins arrondis. La procédure de courbure de la pièce demeure cependant la même que pour les autres formes de cintrage.

Le feuillard côté butée fixe est fixé au gabarit à l'aide de serre-joints ou de pinces, tandis que la pièce à cintrer est maintenue au feuillard. On commence la courbure de la pièce comme lors d'un cintrage en U. Au fil de la courbure de la pièce autour du gabarit, il est nécessaire de « bloquer » celle-ci à même le gabarit.

Si l'anneau doit être terminé par un assemblage biseauté, on doit usiner l'une des extrémités de la pièce à cet effet avant le cintrage. On commence ensuite le cintrage par cette extrémité (figure C3.5.13).

Figure C3.5.13 Cintrage en O



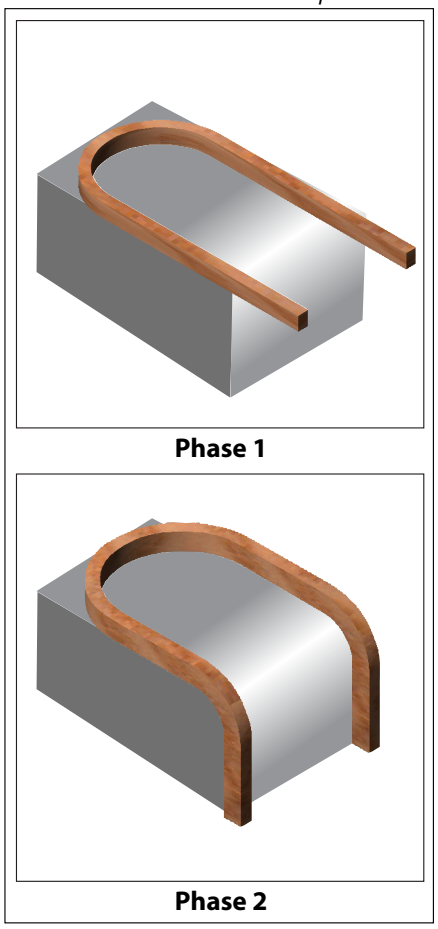
Cintrage sur deux plans

Peu importe le nombre de plans de cintrage, les feuillards doivent toujours couvrir toutes les faces convexes de la pièce.

Le cintrage en deux plans apparaît notamment dans la fabrication de chaises dont le dossier, les accoudoirs et les pieds avant forment une seule pièce. Le travail de cintrage se divise en deux phases (figure C3.5.14) :

1. cintrage du dossier en U (1er plan);
2. cintrage du passage des accoudoirs aux pieds (2ème plan).

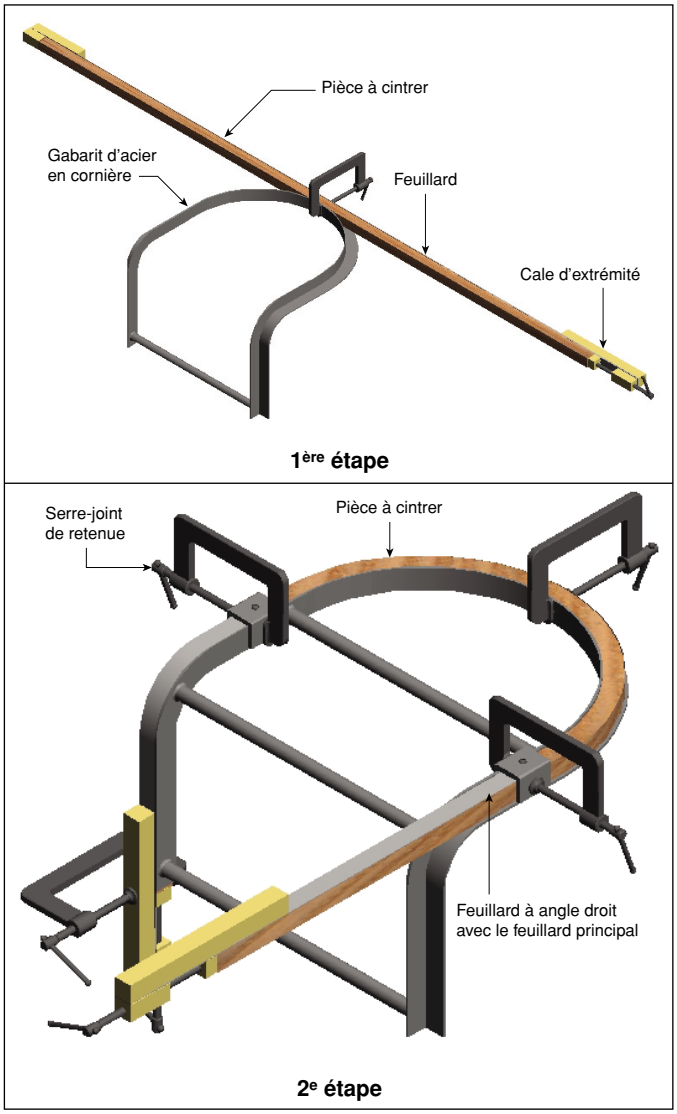
Figure C3.5.14 Phase de cintrage sur deux planes



La première phase consiste à effectuer un cintrage en U simple. On peut utiliser des serre-joints pour réduire les risques de déformation de la pièce et s'assurer que le feuillard demeure bien en place. La pièce est ensuite fixée à la forme et les cales d'extrémités sont retirées. Il importe ici de se rappeler qu'avant d'enlever les cales, les serre-joints doivent être solidement fixés afin d'éviter une rupture des fibres due au glissement du feuillard. Deux feuillards raccordés à angle droit du feuillard principal sont ensuite placés contre la pièce, puis munis des cales préalablement retirées du feuillard principal (figure C3.5.15).

Après avoir bien tendu les feuillards placés à angle droit avec le feuillard principal, on peut plier à angle droit par rapport au premier plan de cintrage les extrémités de la pièce (deuxième phase).

Figure C3.5.15 Centrage en deux phases



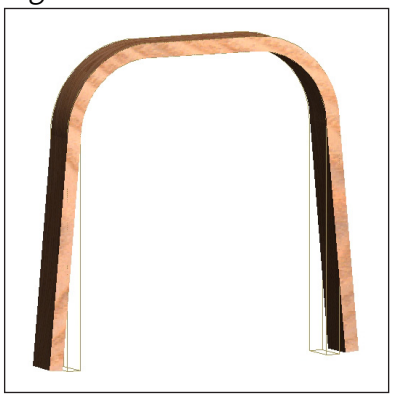
Pour réaliser ce cintrage, l'utilisation d'un gabarit fabriqué avec un profilé en cornière est fortement suggérée.

EFFET RESSORT

Le bois malléable produit, comme tout autre bois cintré, un effet ressort, c'est-à-dire que le cintrage se resserre lorsque la pièce sèche (le rayon de cintrage diminue) (figure C3.5.16). Pour certaines pièces, l'effet ressort est d'une telle importance qu'il est pris en considération lors de l'élaboration du gabarit.

Ce sont l'expérience et les essais et erreurs qui seront pris en compte lors de la fabrication des gabarits pour contrôler l'effet ressort.

Figure C3.5.16 Effet ressort

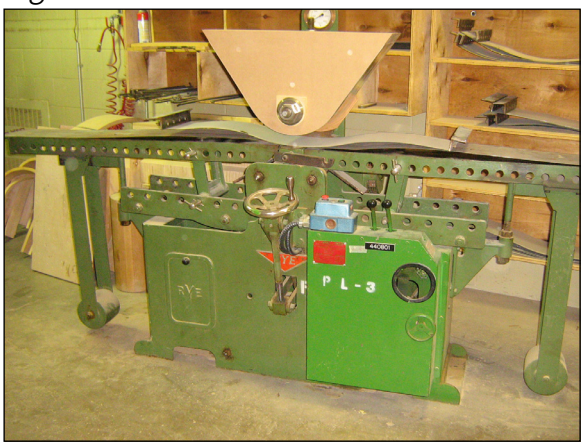


C3.6 MÉTHODES DE CINTRAGE MÉCANIQUE

Qu'il s'agisse de cintrage mécanique ou de cintrage manuel, les principes de base demeurent les mêmes. Cependant, contrairement à l'outillage simple employé pour le cintrage manuel, les appareils à cintrer permettent de fabriquer plusieurs pièces en une seule opération et ils facilitent le cintrage des pièces de grandes dimensions.

La plupart des appareils de cintrage mécanique sont actionnés par des vérins hydrauliques. Les entreprises ont développé plusieurs types de machines comportant certaines variantes qui font que chaque appareil répond à un besoin relié à leur propre production. En fait, le principe demeure le même pour toutes les machines.

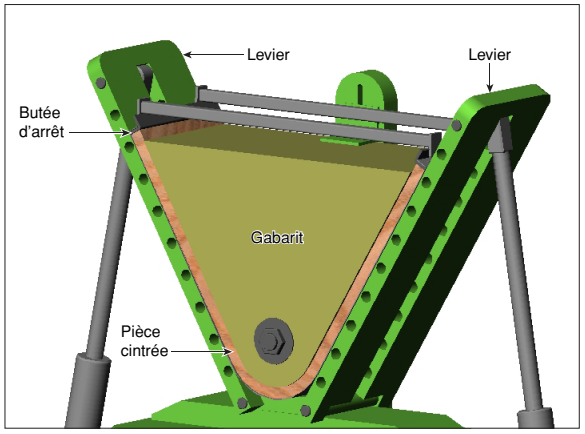
Figure C3.6.1 Cintreuse à leviers



CINTREUSE À LEVIERS

La cintreuse à leviers comporte des leviers en métal (figure 3.6.1) qui transmettent les forces de cintrage au feuillard et à la pièce. Ces leviers sont articulés par des vérins hydrauliques ou pneumatiques. La pièce à cintrer est installée sur le feuillard, puis une cale est placée pour combler l'espace libre entre la butée d'arrêt du feuillard et la pièce si nécessaire. Lorsque les leviers sont mis en fonction, ils donnent la forme du gabarit à la pièce à cintrer (figure C3.6.2).

Figure C3.6.2 Cintrage avec cintreuse à leviers



PRESSE HYDRAULIQUE

Le bois traité à la vapeur peut être cintré par pressage entre des formes mâles et femelles. L'emploi d'une série de formes placées sur une presse hydraulique de grande taille permet, entre autres, de cintrer plusieurs pièces en une seule opération.

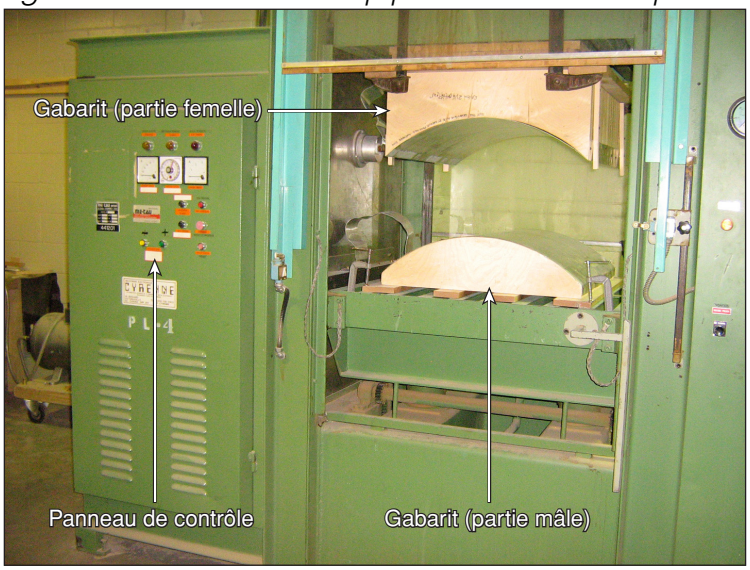
Afin d'accélérer le fixage des courbures, il est aussi possible que la presse soit pourvue de formes chauffées à la vapeur (figure C3.6.3). En pareil cas, les pièces demeurent sous pression jusqu'à ce que la courbure imposée soit fixée.

Figure C3.6.3 Presse chauffée à la vapeur

PRESSE AVEC ÉQUIPEMENT À HAUTES FRÉQUENCES

Ce type de presse fonctionne de la même façon que les autres presses en plus d'être muni d'un système de hautes fréquences. L'avantage de ce système est qu'il permet une diminution considérable du temps de fixation des pièces à cintrer (figure C3.6.4).

Figure C3.6.4 Presse avec équipement à hautes fréquences



Les presses sont toujours actionnées par des vérins hydrauliques ou pneumatiques.

Quel que soit le système de cintrage, ce sont toujours les gabarits qui servent à donner la forme cintrée. La figure C3.6.5 montre différentes formes de gabarits.

CINTREUSE À GABARIT ROTATIF

De nombreux cintrages peuvent être effectués sur une cintreuse à gabarit rotatif (figure C3.6.6). La table de la cintreuse est équipée d'un plateau tournant, lequel est commandé par un motovariateur électrique. On commence d'abord par la fixation du gabarit au plateau tournant. Le moteur entraîne lentement le gabarit contre le rouleau presseur qui plaque la pièce au gabarit. Le rouleau presseur pouvant effectuer un mouvement de translation, la cintreuse peut ainsi servir au cintrage de pièces de formes et de tailles très variées.

Figure C3.6.5 Gabarits

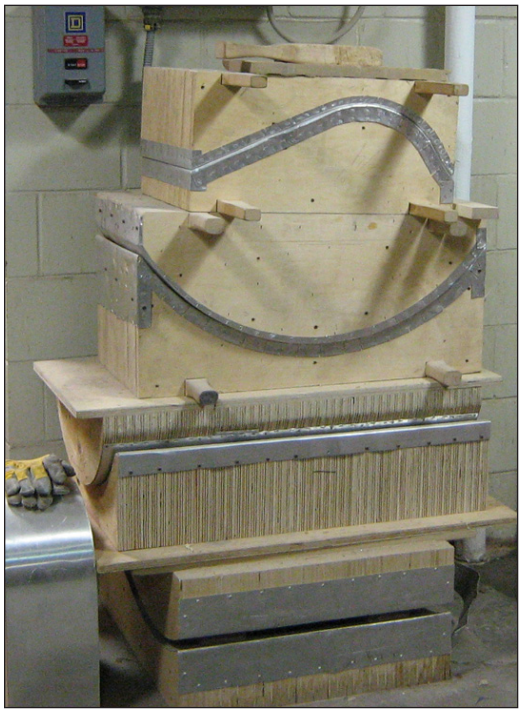
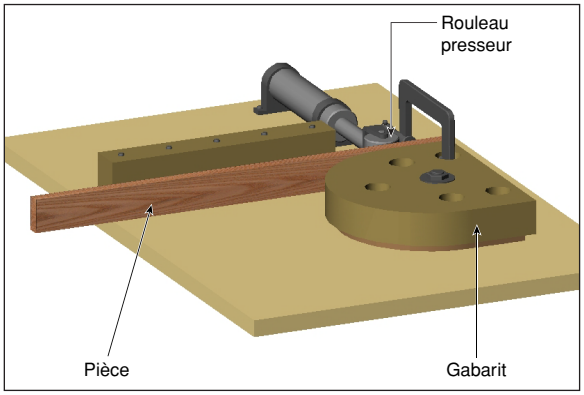


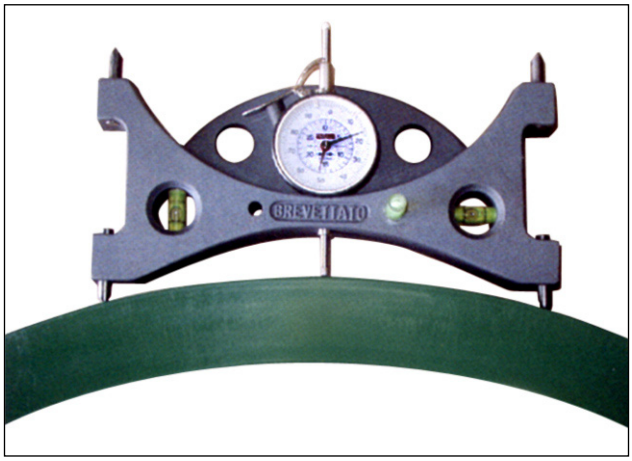
Figure C3.6.6 Centreuse à gabarit rotatif



C3.7 CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

Il faut se référer aux politiques de chaque entreprise en ce qui concerne le contrôle de la qualité. Chacune possède son programme en fonction de son type de production ou de sa certification ISO s'il y a lieu. Cependant, il existe un instrument en ce qui concerne la vérification des courbures. Il s'agit d'un mesureur de rayons qui peut s'avérer très utile lors du contrôle de la qualité (figure C3.7.1).

Figure C3.7.1 Mesureur de rayons (3C)



Les entreprises ont développé plusieurs méthodes de cintrage adaptées à leurs propres besoins. Ces techniques particulières sont généralement un secret bien gardé. Cependant, la technique de base demeure toujours la même partout où l'on fait du cintrage.

BIBLIOGRAPHIE

MODULE C3 CINTRAGE DE PIÈCES

COMITÉ SECTORIEL DE MAIN-D'ŒUVRE DES INDUSTRIES DES PORTES ET FENÊTRES ET DES ARMOIRES DE CUISINE. *Fabrication de formes architecturales*, Module C8, « Assembleur de portes et de fenêtres ».

DAY David, et Albert JACKSON. *Guide du bois, de la menuiserie et de l'ébénisterie*, La Maison Rustique, Coll. Bricolage, 2006, 352 p.