Technologie des métiers du bois

TOME 3

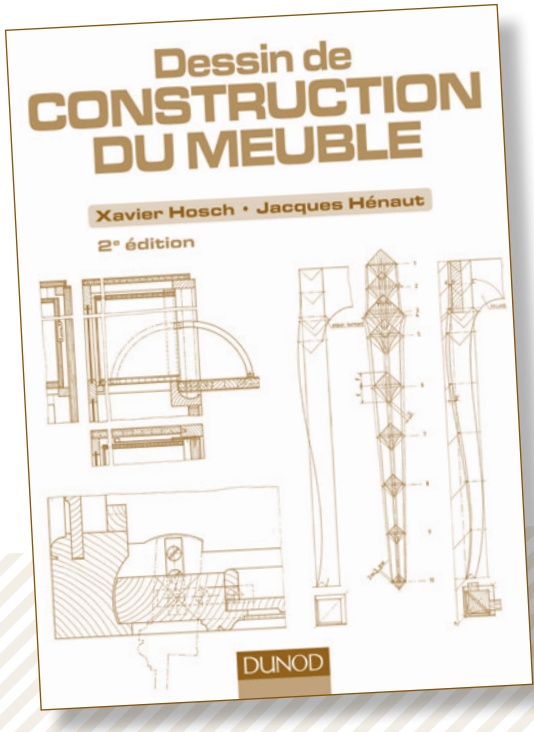
Techniques et documents de fabrication ▪ Agencement Gestion de production

Olivier **HAMON**
Vincent **ROULLAT**

Avec des tests d'auto-évaluation corrigés

DUNOD

TECHNOLOGIE DES MÉTIERS DU BOIS


Dessin de
CONSTRUCTION
DU MEUBLE
Xavier Hosch • Jacques Hénaut
2e édition
DUNOD

A. Aussel
Ch. Barjonet
Étude des
styles de
mobilier
Nouvelle édition enrichie tout en couleur
DUNOD

Colin EDEN-EADON
TRAVAIL
DU
BOIS
L'ENCYCLOPÉDIE ILLUSTRÉE
DUNOD

TECHNOLOGIE DES MÉTIERS DU BOIS

3

Techniques et documents de fabrication • Agencement • Gestion de production

Olivier HAMON
Vincent ROULLAT

DUNOD

Tout le catalogue sur
www.dunod.com

ÉDITEUR DE SAVOIRS

Couverture : wip-design
Photos de couverture : 1re : © TopSolid'Wood par Missler Software ; 2e, 3e, 4e : © Hamon/Roullat

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.
Le Code de la propriété intellectuelle du 1er juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.
Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).

© Dunod, Paris, 2013
ISBN 978-2-10-059362-0

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).
Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Table des matières

Table des matières suivant les différents métiers du bois 11

Partie 1 : **Techniques de fabrication**

Chapitre 1 : **Les pièces et panneaux cintrés et plaqués** 17
- 1.1 La conception et la réalisation d'une pièce cintrée 17
- 1.2 La méthode de plaque d'une pièce cintrée 22
- 1.3 La conception d'un panneau cintré 28
- 1.4 La conception d'un moule 32
- 1.5 La conception et le placage d'une surface galbée 38

Chapitre 2 : **Les montages d'usinage** 43
- 2.1 Généralités 43
- 2.2 L'isostatisme 44
- 2.3 La mise en position d'une pièce 46
- 2.4 Le maintien en position d'une pièce 50
- 2.5 La conception des montages d'usinage 57

Partie 2 : **Techniques de pose d'un ouvrage**

Chapitre 3 : **Le relevé de mesures** 67
- 3.1 La prise de mesures générales d'une pièce ou d'un local 67
- 3.2 Le relevé des plans horizontaux, des plans verticaux et des baies 70
- 3.3 Le relevé d'angles, de pentes et des formes 73
- 3.4 Le relevé des niveaux et de l'aplomb 76
- 3.5 Relevés divers 77

Chapitre 4 : **Les tracés de chantier** 81
4.1 Distribution et implantation 81
4.2 Le tracé d'implantation 82
4.3 Le traçage du trait de niveau 87

Chapitre 5 : **La fixation des ouvrages** 93
5.1 Identification des supports 93
5.2 Les types de liaison 94
5.3 Les sollicitations des organes de fixation 96
5.4 Autres facteurs de choix 97

Partie 3 : **Confort de l'habitat**

Chapitre 6 : **Le confort thermique** 103
6.1 La réglementation thermique 103
6.2 L'isolation thermique 105

Chapitre 7 : **Le confort acoustique** 113
7.1 La réglementation acoustique 113
7.2 Le son 116
7.3 L'isolation acoustique 118
7.4 La correction acoustique 119

Chapitre 8 : **La ventilation** 127
8.1 La dégradation de l'air dans les logements 127
8.2 Les systèmes de ventilation 129
8.3 Les différents systèmes de ventilation mécanique contrôlée 130

Chapitre 9 : **L'éclairage des locaux** 135
9.1 La lumière 135
9.2 L'éclairage des locaux 137
9.3 Les différents types d'éclairage et sources lumineuses artificielles 138
9.4 Les niveaux d'éclairement 140

Chapitre 10 : **L'étanchéité des menuiseries extérieures** 145
10.1 Principes et solutions 145
10.2 Exemples sur une croisée extérieure 146
10.3 Les produits d'étanchéité 147

Chapitre 11 : **Le bois et la sécurité incendie** 151
11.1 La tenue au feu du bois 151
11.2 Réaction et résistance au feu 152
11.3 Harmonisation européenne et Euroclasses 155

Chapitre 12 : **L'ergonomie** 161
12.1 Les proportions et les mensurations de l'être humain 162
12.2 Les dimensions de passage 163
12.3 L'agencement des cuisines 166

Partie 4 : **Communication technique**

Chapitre 13 : **Les documents de fabrication** 175
13.1 Le dossier de fabrication 175
13.2 Le contrat de phase 176
13.3 Notions d'isostatisme 180
13.4 La symbolisation des appuis et des maintiens en position 182
13.5 Les principaux croquis de phase 183
13.6 Les tolérances dimensionnelles 186
13.7 La cotation fonctionnelle 189
13.8 La fiche suiveuse 192

Chapitre 14 : **Les documents d'ordonnancement** 201
14.1 Sujet d'études 201
14.2 Le processus de fabrication 204
14.3 L'analyse de fabrication 208
14.4 Le planning des phases 211
14.5 La gamme d'usinage 214

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Chapitre 15 : **Les normes** 223
15.1 La normalisation 223
15.2 Standards, normes et réglementations 224
15.3 L'organisation de la normalisation 225
15.4 Les différents documents normatifs 226
15.5 Les documents techniques unifiés (DTU) 229

Partie 5 : **Gestion de production et CFAO**

Chapitre 16 : **La gestion de l'ordonnancement** 235
16.1 Généralités sur la gestion de production 235
16.2 La méthode PERT 238
16.3 Le diagramme de Gantt 247

Chapitre 17 : **Les coûts de fabrication** 259
17.1 Les coûts des matières premières et des produits 259
17.2 Les coûts de la main-d'œuvre 261
17.3 Le prix de vente 263
17.4 Le seuil de rentabilité 264

Chapitre 18 : **La qualité** 271
18.1 Définition et généralités 271
18.2 La carte de contrôle 272
18.3 Le diagramme de Pareto 279
18.4 Le diagramme de causes et effets 283

Chapitre 19 : **La gestion des stocks** 289
19.1 Généralités sur la gestion des stocks 289
19.2 La méthode de gestion des stocks 291

Chapitre 20 : **La maintenance** 297
20.1 Généralités 297
20.2 La maintenance corrective 299
20.3 La maintenance préventive 301

Chapitre 21 : **CFAO et commande numérique** 305
21.1 Les logiciels CFAO 305
21.2 Le centre d'usinage à commande numérique 309

Corrigés des tests 315

Index 329

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Table des matières suivant les différents métiers du bois

Chapitres et titres			Menuiserie	Agencement	Ébénisterie
1	Les pièces et panneaux cintrés et plaqués	1.1 La conception et la réalisation d'une pièce cintrée	✓	✓	✓
		1.2 La méthode de plaque d'une pièce cintrée			✓
		1.3 La conception d'un panneau cintré 1.4 La conception d'un moule	✓	✓	✓
		1.5 La conception et le placage d'une surface galbée			✓
2	Les montages d'usinage	2.1 Généralités 2.2 L'isostatisme 2.3 La mise en position d'une pièce 2.4 Le maintien en position d'une pièce 2.5 La conception des montages d'usinage	✓	✓	✓
3	Le relevé de mesure	3.1 La prise de mesures générales d'une pièce ou d'un local 3.2 Le relevé des plans horizontaux, des plans verticaux et des baies 3.3 Le relevé d'angles, de pentes et des formes 3.4 Le relevé des niveaux et de l'aplomb 3.5 Relevés divers	✓	✓	
4	Les tracés de chantier	4.1 Distribution et implantation 4.2 Le tracé d'implantation 4.3 Le traçage du trait de niveau	✓	✓	
5	La fixation des ouvrages	5.1 L'identification des supports 5.2 Les types de liaison 5.3 Les sollicitations des organes de fixation 5.4 Autres facteurs de choix	✓	✓	
6	Le confort thermique	6.1 La réglementation thermique 6.2 L'isolation thermique	✓	✓	

Chapitres et titres			Menuiserie	Agencement	Ébénisterie
7	Le confort acoustique	7.1 La réglementation acoustique 7.2 Le son 7.3 L'isolation acoustique 7.4 La correction acoustique	✓	✓	
8	La ventilation	8.1 La dégradation de l'air dans les logements 8.2 Les systèmes de ventilation 8.3 Les différents systèmes de ventilation mécanique contrôlée	✓	✓	
9	L'éclairage des locaux	9.1 La lumière 9.2 L'éclairage des locaux 9.3 Les différents types d'éclairage et les différentes sources lumineuses artificielles 9.4 Les niveaux d'éclairement	✓	✓	
10	L'étanchéité des menuiseries extérieures	10.1 Principes et solutions 10.2 Exemples sur une croisée extérieure 10.3 Les produits d'étanchéité	✓	✓	
11	Le bois et la sécurité incendie	11.1 La tenue au feu du bois 11.2 Réaction et résistance au feu 11.3 Harmonisation européenne et Euroclasses	✓	✓	
12	L'ergonomie	12.1 Les proportions et les mensurations de l'être humain 12.2 Les dimensions de passage 12.3 L'agencement des cuisines	✓	✓	✓
13	Les documents de fabrication	13.1 Le dossier de fabrication 13.2 Le contrat de phase 13.3 Notions d'isostatisme 13.4 La symbolisation des appuis et des maintiens en position 13.5 Les principaux croquis de phase 13.6 Les tolérances dimensionnelles 13.7 La cotation fonctionnelle 13.8 La fiche suiveuse	✓	✓	✓
14	Les documents d'ordonnancement	14.1 Sujet d'études 14.2 Le processus de fabrication 14.3 L'analyse de fabrication 14.4 Le planning des phases 14.5 La gamme d'usinage	✓	✓	✓
15	Les normes	15.1 La normalisation 15.2 Standards, normes et réglementations 15.3 L'organisation de la normalisation 15.4 Les différents documents normatifs 15.5 Les documents techniques unifiés (DTU)	✓	✓	✓

Chapitres et titres			Menuiserie	Agencement	Ébénisterie
16	La gestion de l'ordonnancement	16.1 Généralités sur la gestion de production 16.2 La méthode PERT 16.3 Le diagramme de Gantt	✓	✓	✓
17	Les coûts de fabrication	17.1 Les coûts des matières premières et des produits 17.2 Les coûts de la main d'œuvre 17.3 Le prix de vente 17.4 Le seuil de rentabilité	✓	✓	✓
18	La qualité	18.1 Définition et généralités 18.2 La carte de contrôle 18.3 Le diagramme de Pareto 18.4 Le diagramme de causes et effets	✓	✓	✓
19	La gestion des stocks	19.1 Généralités sur la gestion des stocks 19.2 La méthode de gestion des stocks	✓	✓	✓
20	La maintenance	20.1 Généralités 20.2 La maintenance corrective 20.3 La maintenance préventive	✓	✓	✓
21	CFAO et commande numérique	21.1 Les logiciels CFAO 21.2 Le centre d'usinage à commande numérique	✓	✓	✓

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Partie 1

Techniques de fabrication

Les pièces et panneaux cintrés et plaqués

chapitre 1

Figure 1.1 *Pièce cintrée*

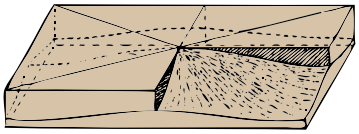


Figure 1.2 *Pièce galbée*

De nombreux ouvrages de style ancien ou contemporain possèdent des formes courbes. Les pièces qui les constituent sont **cintrées** (courbe sur un seul plan) ou **galbées** (courbe sur plusieurs plans). La réalisation de ces pièces peut s'avérer parfois longue.

Les pièces galbées sont particulièrement complexes à réaliser. Leur fabrication nécessite une reprise de la forme avec des outils manuels.

Les pièces et les panneaux cintrés, suivant leurs formes et surtout leurs dimensions, ne sont pas conçus et réalisés de la même manière. Il faut adapter les matériaux et la méthode suivant les situations.

1.1 La conception et la réalisation d'une pièce cintrée

Pièce en bois massif découpée

Figure 1.3 *Pièce capable*

La pièce est simplement découpée dans un volume de bois plus important, appelé **pièce capable** (figure 1.3), formant un parallélépipède autour de la pièce finie. Cette méthode est utilisée lorsque la pièce est de faible largeur, par exemple pour des façades de tiroir ou des traverses. À condition qu'elle ait un rayon de courbure assez faible par rapport à l'orientation des fibres du bois.

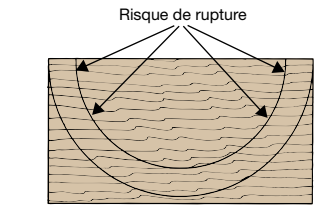


Figure 1.4 *Pièce cintrée avec risque de rupture*

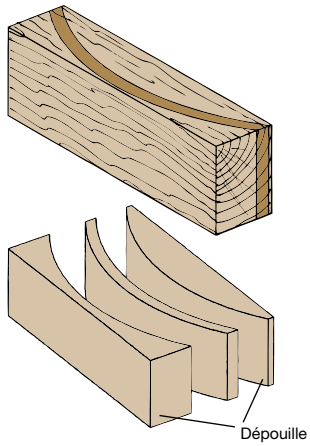


Figure 1.5 *Pièce massive, avec dépouille*

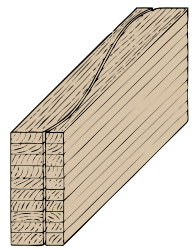


Figure 1.6 *Pièce massive lamellée, avec dépouille*

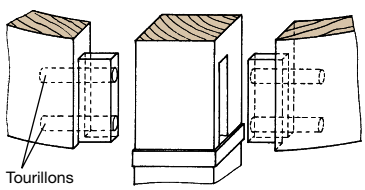


Figure 1.7 *Renfort de tenon par tourillons*

Si le fil du bois est trop en travers de la pièce, on a un risque plus ou moins important de rupture des fibres à ce niveau (figure 1.4).

La découpe est réalisée à la scie à ruban, les faces sont ensuite reprises :

- soit avec des outils manuels : râpes, rifloirs, wastringue… ;
- soit avec des outils mécaniques : calibrage à la toupie.

La réalisation peut être effectuée intégralement avec un centre d'usinage (3 ou 5 axes).

L'obtention de cette pièce, par **chantournement** dans une pièce de bois **capable** (plus épais), engendre **une chute de bois** (figure 1.5) appelée **dépouille**, d'un volume parfois très important, ce qui n'est pas économique.

Pièce plaquée

Si la pièce est ensuite plaquée, la chute a l'avantage d'avoir exactement la forme inverse de la pièce. Elle sert alors de cale en forme pour le collage du placage.

Lorsque la pièce est de taille plus importante, et afin d'obtenir le volume capable, il est indispensable de constituer le bloc de bois par un collage à plat joint de plusieurs pièces (figure 1.6).

Renforcement des tenons

Les traverses cintrées possèdent généralement des tenons à leurs extrémités. Avec l'orientation de la fibre du bois, ces tenons se retrouvent alors affaiblis, pouvant aller jusqu'à la rupture.
Pour les renforcer, des trous sont percés dans l'épaisseur du tenon, avec une profondeur minimale de deux fois la longueur du tenon. Puis des tourillons y sont collés, et ensuite les tenons sont exécutés (figure 1.7).

Pièces massives cintrées avec assemblage

Pour la réalisation d'une pièce de plus grande longueur ou avec un rayon de courbure plus important, il est nécessaire de la constituer avec plusieurs petites pièces. Cela afin de limiter les déformations et d'augmenter la résistance mécanique de la pièce. Plusieurs méthodes sont envisageables.

• Pièce massive assemblée en coupe de pierre

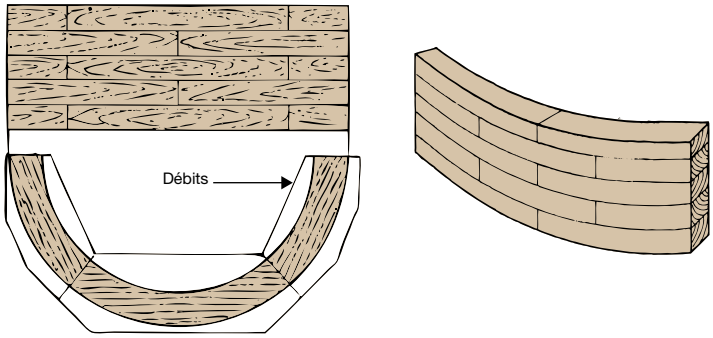


Figure 1.8 *Assemblée en coupe de pierre*

Pour conserver **la fibre du bois dans le sens de la courbe** de la pièce, la courbe est **fractionnée en plusieurs sections**. Ces sections sont assemblées par collage à plat joint (sans assemblage), en les chevauchant les uns par rapport aux autres, du type **coupe de pierre.**

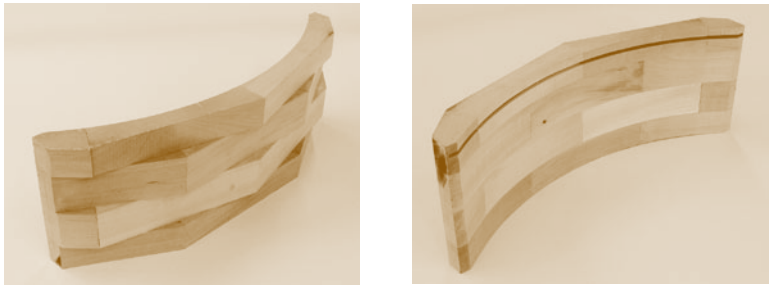


Figure 1.9 *Façade de tiroir assemblée*

Une fois l'ensemble collé, il forme le volume capable de la future pièce cintrée, prête à être calibrée.

Cette méthode est utilisée pour des pièces de faible largeur (façade de tiroir ou traverse).

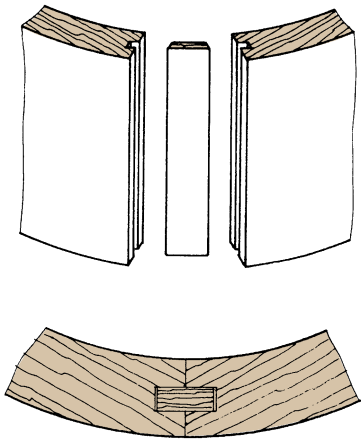


Figure 1.10 *Pièce assemblée par embrèvement*

• Pièce massive assemblée avec le fil du bois en travers ou en long

La méthode est utilisée pour les pièces de moyenne ou de grande dimension en bois massif (exemple : panneau de porte). La fibre du bois est orientée en travers ou en long par rapport à la courbure du cintre.

Pour assembler ce type de pièce, l'assemblage peut être à plat joint ou par embrèvement (exemples : simple ou double rainure et languette, languette rapportée, enture multiple…).

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

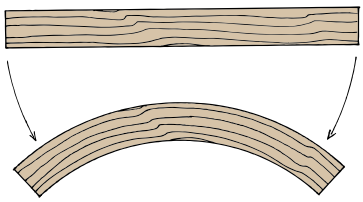


Figure 1.11 *Pièce cintrée dans le sens des fibres*

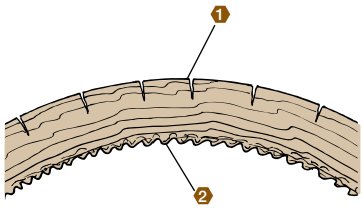


Figure 1.12 *Compression* ❷ *et extension des fibres* ❶

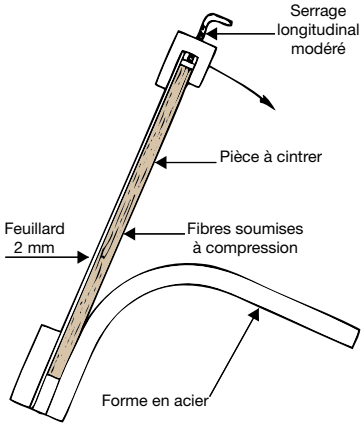


Figure 1.13 *Méthode de cintrage avec feuillard*

Figure 1.14 *Chaise n°14 de Thonet 1859*

Pièce massive cintrée à chaud

• Pièce massive cintrée dans le sens des fibres

Le cintrage d'une pièce massive **dans le sens des fibres du bois** est assez difficile (figure 1.11), car le bois est très résistant dans le sens longitudinal. L'avantage d'un tel résultat est que la pièce conserve toute sa résistance mécanique, du fait que la fibre du bois reste intégralement dans le sens de la pièce.

Pour obtenir la forme cintrée, le procédé consiste à cintrer à chaud une pièce à l'origine plane (en bois massif). Pour cela, on rend la pièce momentanément souple en le traitant par immersion en eau bouillante ou par autoclave avec de la vapeur surchauffée. Ensuite elle est placée sur un calibre et maintenue en forme par serrage pendant le temps du séchage.

Cette méthode exige un équipement et un savoir-faire très particulier.

Les limites de la courbure sont proportionnelles à l'épaisseur de la pièce : plus la pièce est épaisse, moins il est possible de la cintrer. Les fibres du bois n'étant pas extensibles à l'infini, il y a des risques de « claquage » (figure 1.12) : certaines fibres se trouvant en extension ❶ (à l'extérieur de la courbe) alors que d'autres sont en compression ❷ (à l'intérieur de la courbe).

Pour éviter le claquage des fibres, **un feuillard** (une lamelle de métal) et une vis de serrage compriment les fibres avant le cintrage (figure 1.13). Les bois les plus aptes au cintrage sont le frêne, le hêtre et le noyer blanc.

Cette technique a été perfectionnée et développée à un niveau industriel durant le XIX^e^ siècle par **Michael Thonet**.

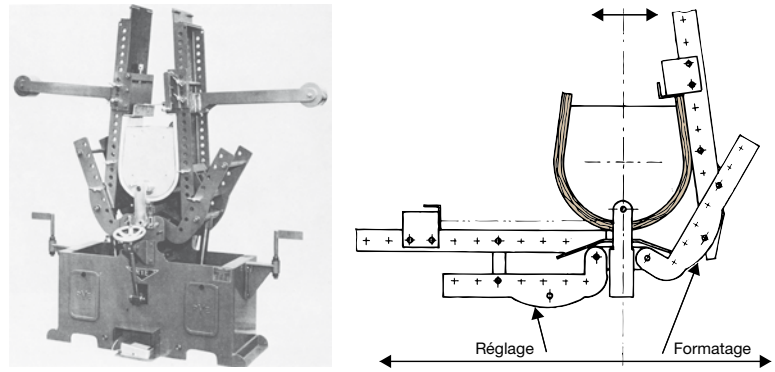


Figure 1.15 *Machine de cintrage*

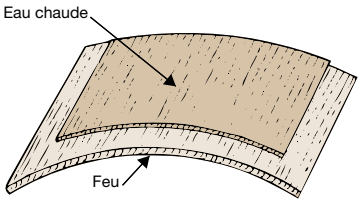


Figure 1.16 *Panneau cintré en fil travers, à chaud*

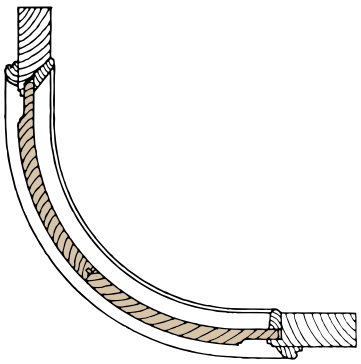


Figure 1.17 *Assemblage avec la traverse et montant*

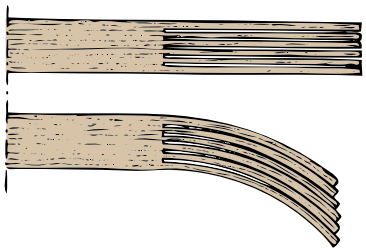


Figure 1.18 *Méthode par refend*

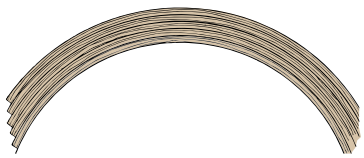


Figure 1.19 *Pièce cintrée en lamellée-collée*

• Panneau massif mince, cintré avec fil travers

Les panneaux de porte de fine épaisseur peuvent êtres cintrés en utilisant **les déformations du bois liées à l'hydrométrie** (figure 1.16). Sur une face de la pièce, le bois est humidifié (la fibre se rallonge) et sur l'autre face on place une source de chaleur (la fibre se rétracte) ; par cet effet conjugué, le panneau se cintre (la face humide à l'extérieur).

Il est assez difficile de contrôler le rayon de courbure du cintrage, voire impossible de garantir qu'il gardera la forme. Il est donc indispensable de le maintenir par des traverses assemblées à vif dans une rainure ou une feuillure avec parclose (figure 1.17).

Pièce massive cintrée, assouplie par coupes

Pour assouplir un bois, il est possible de couper les fibres dans le sens du bois (sens longitudinal), afin de lui réduire sa résistance à la flexion. Il conservera sa forme par collage, sur une cale de forme.

• Pièce cintrée par refend (figure 1.18)

Cette technique est utilisée pour les pièces ayant une extrémité droite et l'autre courbe.

Elle est réalisée par le **refend** de la pièce, **dans le sens des fibres du bois.** Cela s'obtient avec plusieurs coupes à la scie à ruban (ou scie circulaire). La pièce est immobilisée en forme :

» soit en garnissant de colle les traits de scie, puis en serrant le tout sur une cale de forme. Dans ce cas, les chants visibles doivent être alaisés ou plaqués ;

» soit en insérant entre les traits de scie une fine épaisseur de bois (identique à l'épaisseur de la lame). L'ensemble est collé et serré sur une cale de forme.

Pièce cintrée lamellée-collée

La pièce cintrée est constituée de plusieurs lamelles minces, toutes orientées dans le sens de la longueur. Pour une résistance optimale, elles peuvent être constituées d'une multitude de placages 6/10 de mm.

Au final, les fibres du bois sont dans le sens de la courbe. Plus la pièce possède un nombre de lamelles important, plus elle sera résistante.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

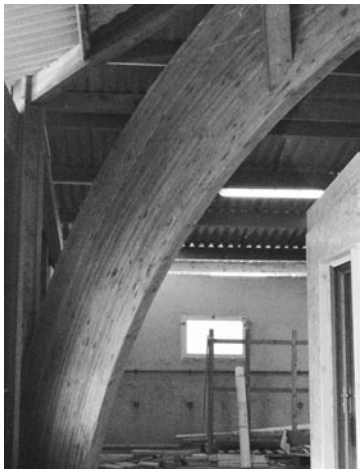


Figure 1.20 *Accoudoir de fauteuil et poutres en lamellé-collé*

Les lamelles sont recouvertes de colle et maintenues soit sur une cale de forme avec des serre-joints, soit serrées dans un moule.

Ce type de pièce comporte des avantages :

- **une très grande résistance mécanique à la flexion,** du fait que les fibres restent dans le sens de la pièce ;
- **une stabilité importante**, limitant les déformations ;
- toutes les faces de la pièce sont esthétiques ;
- la possibilité de réaliser des pièces de **très grande longueur**.

La méthode est employée en menuiserie et en charpente, pour obtenir des pièces ou même des poutres de très longue portée, qu'elles soient cintrées ou rectilignes. Les lamelles sont alors rallongées par un assemblage en enture multiple aux extrémités.

Pièce en multiplis ou contreplaquée

La pièce cintrée en multiplis est constituée de plusieurs lamelles minces croisées alternativement à 90° (voir au paragraphe 1.3). **Par rapport aux pièces lamellées-collées, la résistance à la flexion est plus beaucoup plus faible.**

1.2 La méthode de plaque d'une pièce cintrée

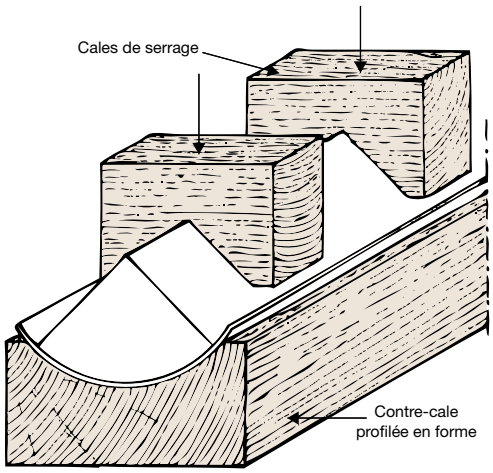
Cale contre-forme

Lors de la coupe d'une forme cintrée en massif (figure 1.5), la chute est parfois trop mince ou inexploitable. Pour coller le placage sur la pièce, il faut alors fabriquer une contre-forme de celle-ci. **Cette cale doit être le « négatif » de la pièce**, afin d'obtenir un contact parfait sur toute la surface, et donc un collage convenable du placage.

La contre-forme est découpée et préparée séparément de la pièce cintrée. Dans certains cas, pour assurer le serrage de l'ensemble, une cale de forme est positionnée aussi du côté de la pièce. Au moment du collage, il est nécessaire d'intercaler entre

la cale et le placage un carton, pour absorber les dernières petites irrégularités de la surface, et une feuille de papier.

Figure 1.21 *Contre-forme pour collage de placage*



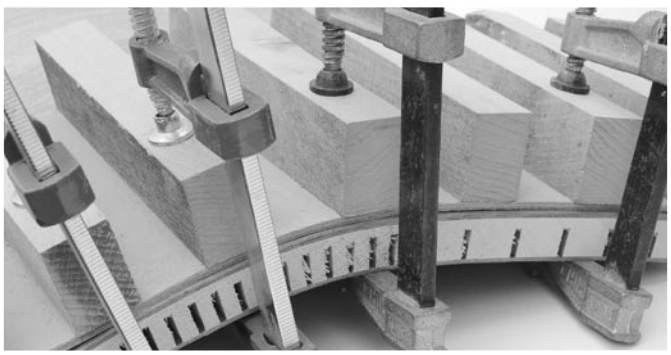
Cale « flexible »

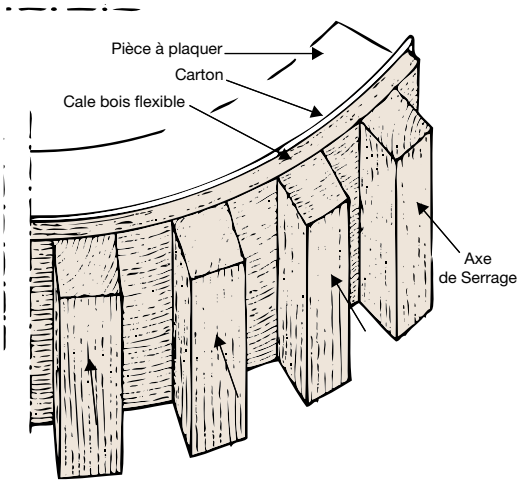
Une cale « flexible » est composée d'une pièce de bois mince (et souple) sur laquelle on fixe des cales de serrage.

Elle a l'avantage :

- d'être une garantie que la cale « épouse » parfaitement la pièce ;
- d'être facile à réaliser ;
- d'être réutilisable avec d'autres pièces ayant des courbures différentes.

Figure 1.22 *Cale flexible*





© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Le serrage se fait sur les cales, celles-ci répartissant la force du serrage sur la couche de bois « souple » qui se fléchit pour se mettre au contact de la pièce cintrée. Ce serrage peut être fait avec des serre-joints, mais aussi avec des sangles.

Cette méthode peut être aussi **utilisée pour le collage de la structure d'une pièce cintrée ;** pièce lamellée-collée (ou multipli), pièce massive cintrée avec assemblage ou par rainurage.

Figure 1.23 *Collage au feuillard*

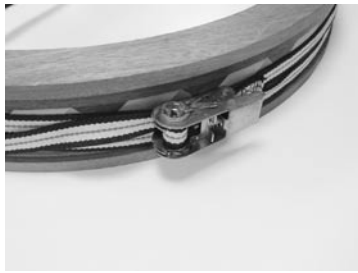


Figure 1.24 *Collage avec une sangle à cliquet*

Serrage à la sangle ou au feuillard

• Une sangle avec tendeur à « cliquet » ou un feuillard (lamelle de métal)

Elles peuvent remplacer les serre-joints, car elles ont l'avantage de serrer « en rond » et de s'adapter à toutes les courbes possibles.

Ce type de serrage fonctionne sur **le principe du rétrécissement du périmètre**, ce qui exerce une force de serrage sur les pièces situées à l'intérieur de la sangle (ou du feuillard). Avec des cales de forme et de maintien, il est possible d'adapter cette méthode à de nombreux cas, comme les formes cylindriques, coniques, angulaires…

Traditionnellement, d'autres outils étaient ou sont toujours utilisés pour cette méthode, comme :

• Une corde

Le serrage est obtenu par le rétrécissement de la corde créé par sa torsion, en faisant tourner une clé. Principe identique à celui de la tension de la scie à cadre.

• Une sangle de chanvre

Utilisée pour coller un placage sur support ayant une forme cylindrique ou conique. La méthode est la suivante :

» ❶ **appliquer** la colle puis le placage sur le support,

» ❷ **enrouler** la bande autour du support, en la chevauchant à chaque tour de la moitié de sa largeur. Fixer le début et la fin de la sangle avec des pointes,

» ❸ **humidifier** convenablement la sangle,

» ❹ **chauffer** l'ensemble au-dessus d'une source de chaleur. La bande va alors se rétracter et serrer plus fortement le placage. Si la colle utilisée est de la colle forte, la chaleur va la rendre fluide pour qu'elle puisse mieux pénétrer dans le bois,

» ❺ une fois sec, **recouper et ajuster** le joint de la feuille de placage, qui s'est chevauché.

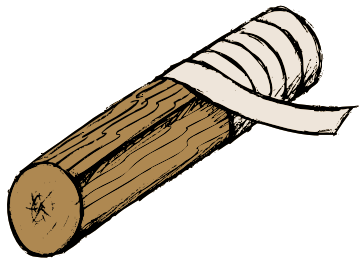


Figure 1.25 *Pose de la sangle* ❷

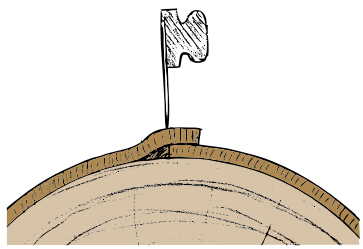


Figure 1.26 *Ajustage du joint* ❺

Collage de stratifié par colle contact

Le stratifié est le seul décor de surface suffisamment stable et rigide pour être collé par cette méthode. Ce matériau et cette méthode sont couramment employés en agencement.

Plus d'informations

Voir *Technologie des métiers du bois*, tome 2, chapitre 7 (éditions Dunod).

• Les colles contact de type polychloroprène ou néoprène

L'application de ces colles peut s'effectuer à la main, à l'aide d'une spatule crantée. La colle dite « contact » assure un maintien instantané du collage, cela permet de les réaliser sans moyens de serrage.

• Mise en œuvre à l'aide des colles polychloroprènes

❶ Appliquer la colle **sur la plaque de stratifié et sur le support**.

❷ Laisser sécher jusqu'à ce que la colle soit sèche au toucher.

❸ Appliquer le stratifié sur son support en commençant par le milieu. Attention, la prise est instantanée, il est ensuite impossible de séparer les deux surfaces sans risque de casse.

❹ Maroufler à l'aide d'un rouleau caoutchouté, en allant du centre vers les bords, en dessinant en étoile pour chasser les bulles d'air.

❺ Réaliser le contrebalancement suivant la même méthode.

Stabilité des panneaux par contrebalancement

Quel que soit le type de panneau, lorsqu'on ajoute une couche décorative sur une surface (placage, stratifié…), il est recommandé d'équilibrer la face opposée du panneau, en collant le même matériau. Le contrebalancement permet d'obtenir des tensions symétriques sur les deux faces.

Autres méthodes

D'autres méthodes peuvent être utilisées (voir les paragraphes 1.4 et 1.5) comme le serrage par dépression, ou le collage traditionnel au marteau à plaquer.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Ce qu'il faut retenir

Pièce en bois massif découpée

La pièce est découpée dans un volume de bois plus important. Méthode destinée à des pièces de faible largeur et avec un faible rayon de courbure. Cette méthode engendre une chute de bois, d'un volume parfois important. Néanmoins si la pièce est ensuite plaquée, la chute a l'avantage d'avoir exactement la forme inverse de la pièce. Elle sert alors de cale en forme pour le collage du placage.

Pièce massive assemblée en coupe de pierre

La courbe de la pièce est fractionnée en plusieurs sections. Les sections sont assemblées par collage à plat joint, en les chevauchant les unes par rapport aux autres, du type « coupe de pierre ». Ensuite, la pièce capable est prête à être calibrée.

Pièce massive assemblée avec fil travers ou long

Pour pièces de moyenne ou de grande dimension. La fibre du bois est orientée dans le sens ou en travers du cintre, l'assemblage peut être à plat joint ou par embrèvement.

Pièce massive cintrée à chaud dans le sens des fibres

Ce procédé consiste à cintrer à chaud (eau bouillante ou vapeur) une pièce plane en bois massif. Ensuite elle est placée sur un calibre et maintenu en forme par serrage pendant le temps du séchage. La pièce conserve toute sa résistance mécanique. Il y a un risque de « claquage », car certaines fibres se trouvent en extension et d'autres en compression.

Panneau massif cintré à chaud avec fil travers

Les panneaux de fine épaisseur peuvent êtres cintrés en humidifiant le bois d'un côté (la fibre se rallonge) et en chauffant de l'autre (la fibre se rétracte).

Pièce massive cintrée par rainurage

On coupe les fibres du bois par une rainure, afin de lui réduire sa résistance à la flexion. Elles sont réalisées à la scie circulaire. Plus elles sont proches et profondes, plus la pièce sera souple. La pièce est maintenue en position par le collage d'une « contreplaque ».

Pièce cintrée par refend

Le « refend » est réalisé par plusieurs coupes à la scie, dans le sens des fibres du bois de la pièce. La pièce est encollée entre les coupes, serrée sur une cale de forme.

Pièce cintrée lamellée-collée

Elle est constituée de plusieurs lamelles minces, orientées dans le sens de la longueur.

Les avantages sont la très grande résistance mécanique à la flexion et la possibilité de réaliser des très grandes longueurs (poutre lamellée-collée avec enture multiple).

Pièce cintrée en multiplis ou contreplaquée

La pièce est constituée de plusieurs lamelles minces croisées alternativement à 90°.

Collage de placage avec une cale contre-forme

La cale contre-forme est découpée suivant la forme « en négatif » de la pièce, elle est en contact parfait sur toute la surface de la pièce pour bien serrer le placage.

Collage de placage avec une cale « flexible »

C'est une cale « souple », qui épouse parfaitement la pièce, tout en étant facile à réaliser et, en plus, elle est réutilisable pour d'autres pièces. Elle est composée d'une pièce de bois mince et souple sur laquelle on fixe des cales.

Collage de placage avec une sangle ou un feuillard

Ce serrage fonctionne sur le principe du rétrécissement du périmètre, ce qui exerce une force de serrage sur les pièces situées à l'intérieur de la sangle. Il a l'avantage de s'adapter à toutes les courbes possibles (cylindriques, coniques, angulaires…).

Traditionnellement on peut aussi serrer avec une corde torsadée par une clé ou une sangle de chanvre enroulée autour de la pièce (humidifiée puis chauffée).

Collage de stratifié par colle contact

Le stratifié (employé en agencement) est le seul décor de surface pouvant être collé avec une colle contact type « néoprène ». L'avantage de cette colle dite « contact », c'est qu'elle ne nécessite pas de contre-forme pour appliquer le stratifié.

Testez vos connaissances

1. Pour une pièce cintrée en bois massif (découpée sans assemblage), décrivez le risque lié à un rayon de courbure trop important :

•

2. Quelle peut être l'utilité de la chute de bois issue de la découpe d'une pièce en bois massif :

•

3. Nommez les avantages d'une pièce lamellée-collée :

•

•

•

4. Décrivez la différence entre une pièce en lamellé-collé et une en multiplis :

•

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

5. Est-il possible de coller du placage avec de la colle néoprène :

a ☐ *oui*

b ☐ *cela dépend du support*

c ☐ *non*

6. Nommez les avantages à l'utilisation d'une cale flexible pour coller du placage :

•

•

1.3 La conception d'un panneau cintré

La composition des différents éléments du panneau peut être très variable. Sa réalisation passe une préparation des éléments, le tout collé et serré dans ou sur un moule. Ce même moule sert également pour y coller, dans un second temps, le placage.

Choix et conception

Le choix et la conception de la structure d'un panneau cintré sont faits sur plusieurs critères :

- **le type d'ouvrage ;**
- **la qualité recherchée ;**
- **la rapidité d'exécution** et donc le coût de sa fabrication ;
- **les compétences** du personnel et **l'outillage** disponible ;
- **les techniques de moulage** pratiquées dans l'entreprise.

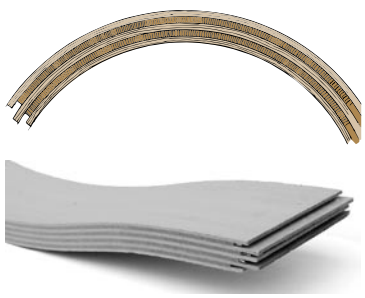


Figure 1.27 *Panneau cintré en contreplaqué*

Panneau contreplaqué cintré

Également appelé **panneau multipli**, le contreplaqué est constitué d'une superposition de couches de bois mince, appelé **contreplaque**. Ces plis (au minimum 3 plis) sont toujours en **nombre impair et croisés à 90°.**

Les essences de bois choisies pour les plis peuvent être du samba, du bouleau, du hêtre, du peuplier, de l'okoumé ou de

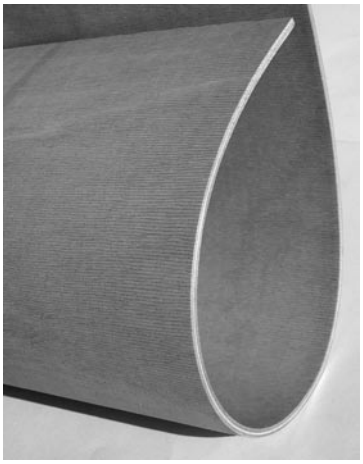


Figure 12.28 *Contreplaqué souple « cintrable »*

l'acajou. Les contreplaques ont une épaisseur comprise entre 1 et 5 mm.

Le procédé est assez long à mettre en œuvre et relativement coûteux, mais il donne **un panneau de grande qualité et très résistant**.

Pour le coût, la facilité et la rapidité d'exécution, on emploie de plus en plus **des panneaux souples en contre-plaqué cintrable**, qui sont spécialement conçus à cet effet.

Plus d'informations

Voir *Technologie des métiers du bois*, tome 1, paragraphe 7.1 (éditions Dunod).

Dans le cas du **contreplaqué souple « cintrable », le pli central est très mince et en bois dur, alors que les plis extérieurs sont épais et en bois tendre**, ce qui donne une grande souplesse au panneau dans le sens transversal au fil du bois apparent. Il existe en épaisseur de 5, 7 et 9 mm.

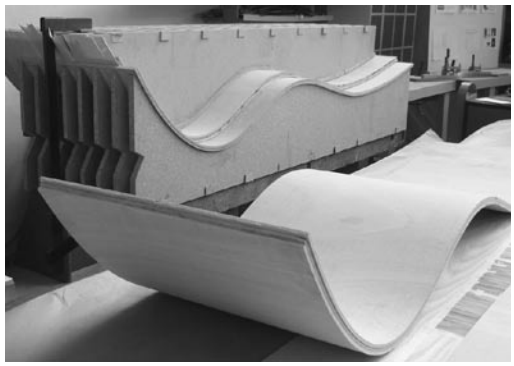


Figure 1.29 *Panneaux cintrés en contreplaqué souple*

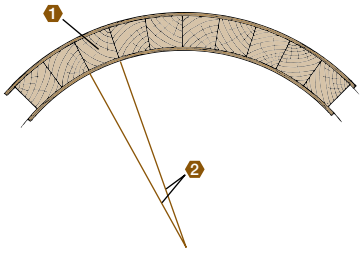


Figure 1.30 *Panneau cintré latté*

Panneau latté cintré

L'âme (le pli central) est constituée de **lattes juxtaposées**, fixées par collage à plat joint. L'ensemble est recouvert de deux plis de contreplaque, croisés à 90° avec les lattes. On obtient **un panneau contreplaqué latté** (appelé « latté »). Les lattes sont orientées dans le sens transversal à la courbe.

Pour obtenir un joint de qualité entre les lattes, elles doivent toutes avoir **une section de forme trapézoïdal** ❶, avec un angle plus ou moins important suivant le rayon de la courbure ❷.

Ce procédé permet d'avoir **une excellente résistance mécanique dans le sens des lattes** et un faible poids. Par contre, ce type de panneau traditionnel est très long à réaliser.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Panneau cintré avec âme massive rainurée

Pour assouplir un bois avant de le maintenir par collage, il est possible de couper partiellement les fibres du bois par une rainure, afin de réduire sa résistance à la flexion. Suivant la forme, **la coupe peut être transversale ❶ ou longitudinale ❷ aux fibres.** Le bois étant beaucoup plus résistant dans le sens longitudinal, il est alors nettement plus difficile à cintrer.

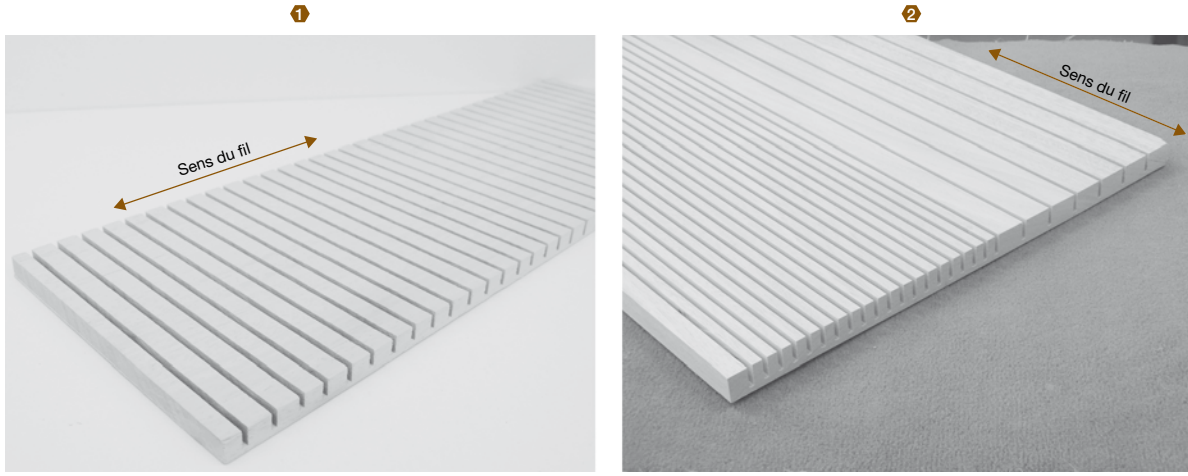


Figure 1.31 *Trait de scie transversale ❶ et longitudinale ❷*

Les pièces sont assouplies par des **traits de scie :** plus les rainures (appelées aussi « traits de scie ») sont proches et profondes, plus la pièce sera souple. Attention de ne pas en abuser, car elles affaiblissent la résistance mécanique de la pièce. Elles sont généralement réalisées à la scie circulaire.

• Choix des faces

La face sur laquelle sont réalisées les rainures peut laisser apparaître des facettes à sa surface. Pour éviter cela :

- on choisit donc de les exécuter en priorité sur le contreparement du panneau (la face la moins visible) ;
- il est préférable de positionner les rainures du côté creux de la forme, afin qu'elles se rapprochent une fois la pièce cintrée. Cela réduit les facettes et évite des espaces vides trop importants ;
- il faut limiter la profondeur des rainures et augmenter l'épaisseur de la contreplaque ;
- suivant la complexité de la forme et ses rayons de courbure, les rainures peuvent être sur les deux faces.

Figure 1.32 *Panneaux avec âmes en bois massif assouplies par rainures à double face*

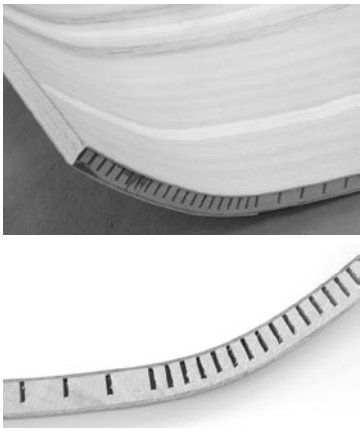


Figure 1.33 *Panneau cintré avec âme rainurée longitudinale avec contreplaque transversale sur les deux faces*

La pièce rainurée formant l'âme du panneau **est maintenue en position par le collage de deux contreplaques, croisées à 90°.** Elle peut être collée uniquement sur la face rainurée, mais le risque de déformation ultérieur est nettement plus important.

Les espaces vides des rainures persistent sur les deux chants (inférieur et supérieur). Si besoin est, ils peuvent être alaisés ou rebouchés (avec du mastic) et plaqués.

Panneau cintré en MDF cintrable

Le MDF est un panneau de fibre de moyenne densité.

Pour des raisons de productivité et de coût, l'utilisation de panneau en MDF cintrable est en expansion.

À l'inverse du bois massif rainuré, le panneau de MDF est déjà commercialisé avec les rainures, afin de lui conférer la souplesse nécessaire. Existe en épaisseur de 8 et 9,5 mm.

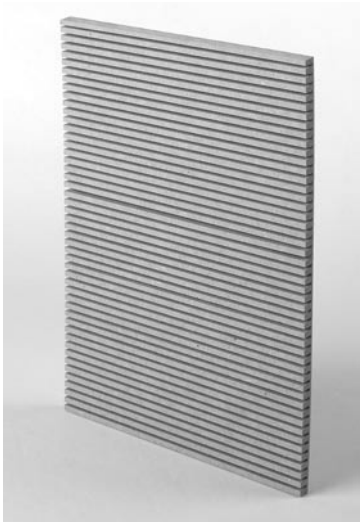


Figure 1.34 *MDF cintrable*

Plus d'informations

Voir *Technologie des métiers du bois*, tome 1, paragraphe 7.4 (éditions Dunod).

Ce type de panneau ne nécessite pas le collage de contreplaque supplémentaire. Il est indispensable de coller au minimum deux épaisseurs de panneau (en MDF cintrable), en positionnant les faces rainurées l'un contre l'autre.

L'inconvénient majeur de ce type de panneau est la mauvaise qualité esthétique et mécanique des chants.

Figure 1.35 *Panneau cintré en MDF cintrable*

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

1.4 La conception d'un moule

Principe et coût d'un moule

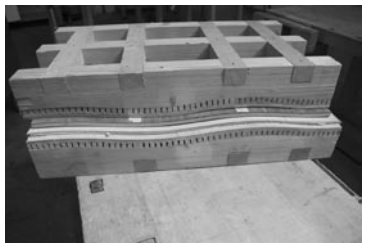


Figure 1.36 *Moule et contre-moule*

• **Le principe du moulage consiste** à appliquer de la colle entre plusieurs couches de bois. Puis de les serrer dans (ou sur) un moule, pour lui conférer la forme recherchée. Une fois que la colle est sèche, le panneau conserve la forme du moule.

» **Le moule** sert de matrice et de référence pour la forme.

» **Le contre-moule** sert à appliquer et serrer le panneau contre le moule.

Moule et contre-moule sont également appelés **forme et contre-forme**.

• **Coût de fabrication**

La fabrication d'un moule est une étape assez **longue** et donc **coûteuse** en main-d'œuvre. Une entreprise essayera d'optimiser cet investissement en réutilisant ces moules pour d'autres fabrications. Il est donc judicieux d'adapter les ouvrages créés suivant les moules déjà existants.

Composition d'un moule

❶ **Les nervures,** appelées aussi **supports** : leurs formes donnent la courbure au moule.

❷ **Les traverses de liaison** : elles maintiennent l'écartement entre les nervures et répartissent la force du serrage. Elles sont fixées par vissage et insérées dans des entailles faites dans les nervures.

❸ **Les tabliers,** appelés aussi **berceaux** : ces pièces massives ou panneaux sont mis en forme sur les nervures.

❹ **Les cartons** : ils servent à compenser les défauts de surface, et à comprimer le placage contre le panneau moulé.

❺ **Les papiers** : ils évitent que le carton reste collé au placage.

❻ **Les placages** (ou autres décors de surface) et leur contrebalancement sur l'autre face.

❼ **Le panneau à cintrer** : sa structure est très variable (voir au paragraphe 1.3).

❽ **Les systèmes de guidage** : ils aident le contre-moule à rester « dans l'axe » idéalement prévu par rapport au moule. Si le contre-moule « glisse », cela crée un espace et par conséquent un mauvais collage.

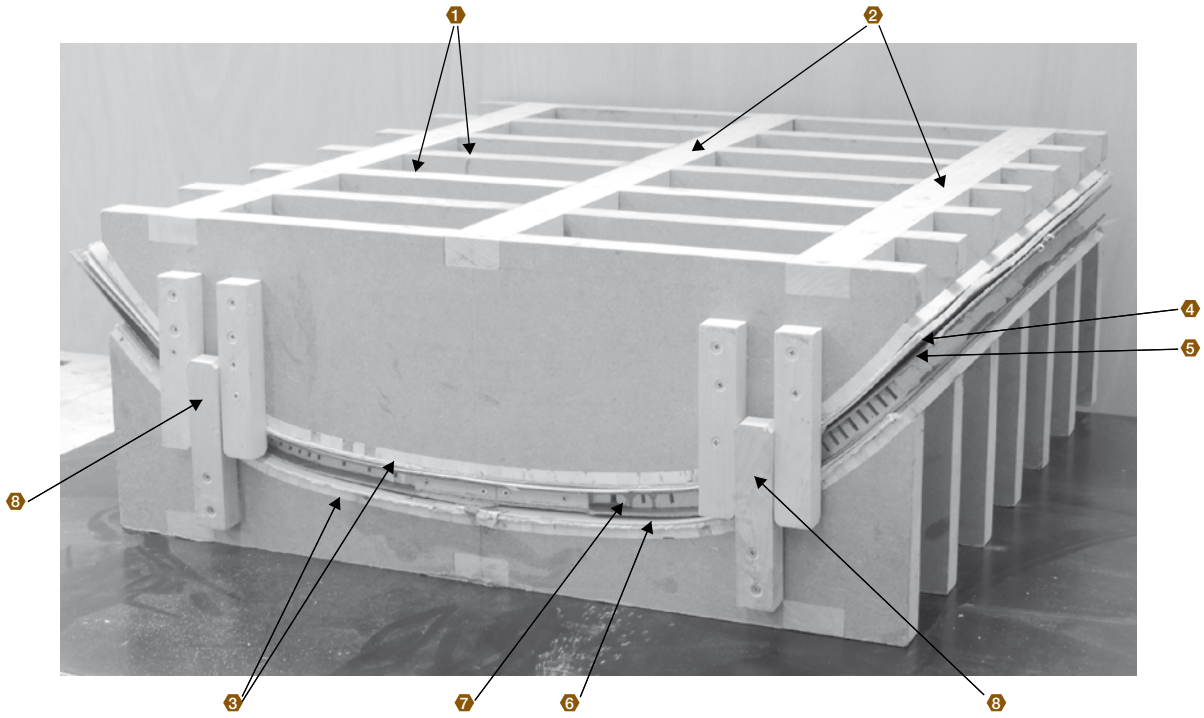
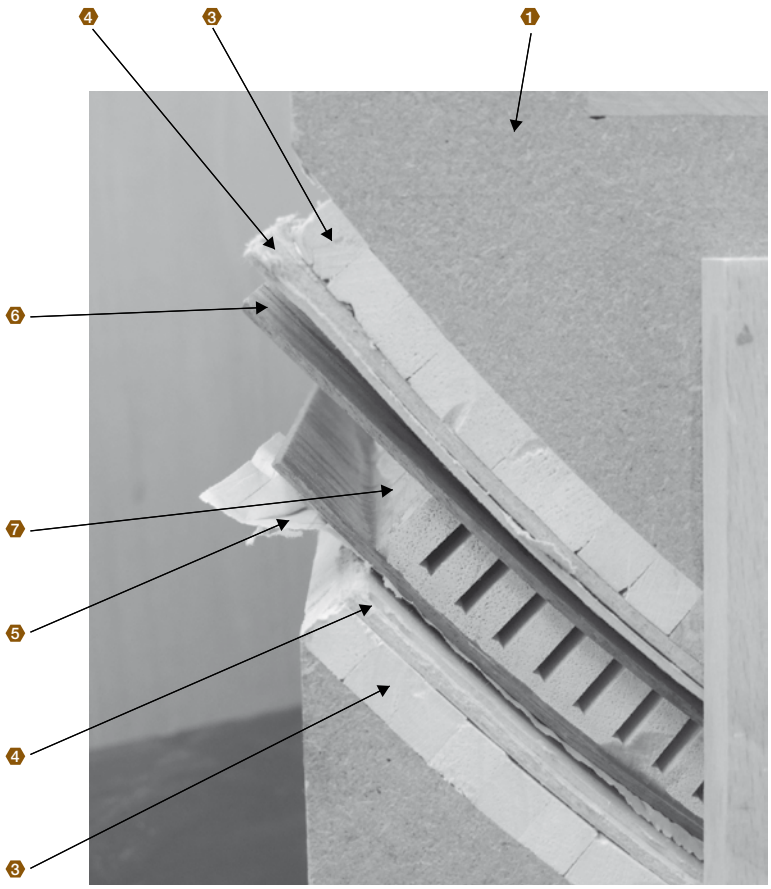


Figure 1.37 *Composition d'un moule*



© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Les nervures

Elles peuvent être réalisées en bois massif ou en panneau dérivé. Plus les nervures sont épaisses et résistantes, plus l'espace entre elles peut être important. Les chants sont chantournés suivant la courbure du panneau à cintrer.

Pour déterminer la forme des nervures, il faut tenir compte de :

- la courbure du panneau à cintrer ;
- l'épaisseur finie du panneau à cintrer (avec le placage) ;
- l'épaisseur des cartons ;
- et de l'épaisseur des tabliers.

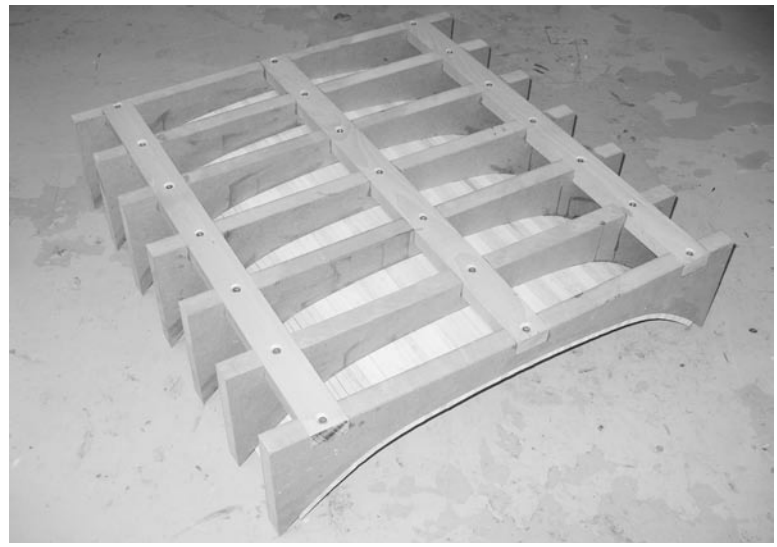


Figure 1.38 *Traverses et nervures*

Exemple

On prévoit qu'un panneau cintré aura un rayon de courbure extérieure de 500 mm et une épaisseur finie de 22 mm. Le carton plus le tablier ont une épaisseur cumulée de 15 mm.
Les nervures du moule (côté concave) correspondent à la face intérieure du panneau. Le rayon de courbure des nervures est de : 500 – 22 – 15 = 463 mm.
Les nervures du contre-moule (côté convexe) correspondent à la face extérieure du panneau. Le rayon de courbure des nervures est de : 500 + 15 = 515 mm.

Le tablier

Il peut être réalisé :

- sous forme d'une **multitude de lattes en bois massif**, clouées sur les nervures. Elles forment une succession de facettes, qui sont ensuite atténuées au rabot (droit ou cintré), à la wastringue et à la râpe ;
- avec une **pièce de bois massif assouplie par rainurage** parallèle à la fibre du bois (voir au paragraphe 1.1) en **contre-plaqué ou MDF cintrable**.

Si la courbure est très faible, une pièce massive ou un panneau peuvent être mis en force contre les nervures.

Figure 1.39 *Tablier latté, cloué sur les nervures*

Plus le tablier est épais et résistant, plus l'espace entre les nervures peut être important.

Il est fixé par clouage et collage sur les nervures. Attention de bien « chasser » les pointes (enfoncer les têtes) pour qu'elles ne marquent pas le placage.

Collage avec moule et contre-moule

Le serrage d'un moule se fait soit avec des serre-joints soit dans une presse hydraulique.

Pour obtenir des panneaux plaqués, il faut faire le collage en deux temps : le premier pour la structure du panneau et le second pour coller le placage dessus.

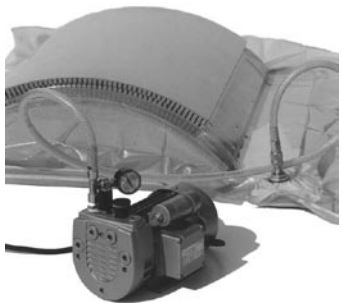
© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

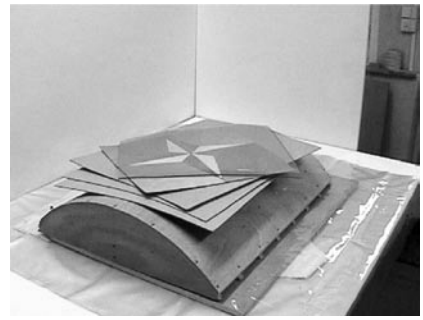
Collage par serrage par dépression

La fabrication des contre-formes étant coûteuse, **pour mouler et plaquer des surfaces courbes ou galbées**, on utilise de plus en plus des systèmes de serrage par dépression.

Le principe est de **remplacer la contre-forme par une membrane en caoutchouc** qui épouse la forme à plaquer par dépression de l'air intérieur.

- **Le procédé est le suivant :**
  - » on installe dans une poche le moule, les éléments du panneau à mouler (déjà encollé) ou le placage ;
  - » puis on ferme la poche (ou le cadre avec la membrane) afin de la rendre étanche à l'air ;
  - » ensuite, l'air est extrait de la « poche » par une pompe, créant le vide d'air à l'intérieur. Cette dépression interne exerce une force de pression sur l'extérieur dans toutes les directions autour de la « poche ».





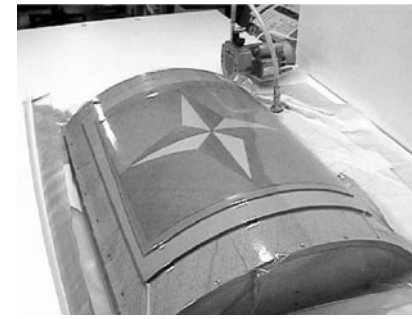
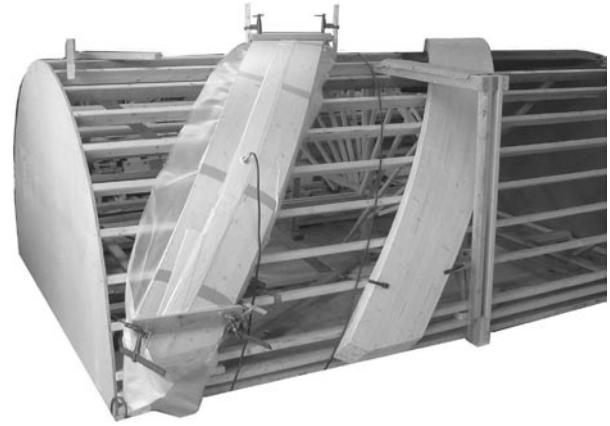


Figure 1.40 *Poche portative pour collage de panneau plaqué*

- **Différents modèles existent :**
  - » **poche à dépression portative** dans laquelle sont insérés la pièce à coller et le moule. La poche est ensuite fermée et mise sous vide d'air ;

Figure 1.41 *Moulage par dépression d'un limon cintré en lamellé-collé*



» **machine à membrane par dépression :** la pièce et le moule sont posés sur une table, ensuite un cadre avec la membrane est descendu dessus ;

Figure 1.42 *Machine par dépression à membrane*

» **machine à membrane par pression :** à l'inverse du précédent, c'est une pression d'air qui est exercée sur l'extérieur de la membrane.

Certaines industries sont spécialisées dans la confection des pièces cintrées, elles utilisent toutes cette technologie pour sa rapidité et son faible coût.

Choix des colles pour panneau cintré

Le choix de la colle utilisée pour les différents éléments d'un panneau moulé (ou d'une pièce cintrée) a une grande importance pour la rigidité de celui-ci.

Les colles thermodurcissables sont les plus appropriées pour leurs duretés :

- les colles aminoplastes (Urée-formol, colle mélamine) ;
- les colles phénoplastes (résorcines, phénol-formol) ;
- les colles époxydes ;
- et les colles polyuréthanes.

La colle vinylique, très utilisée dans nos ateliers pour sa facilité d'emploi et son faible coût, reste « élastique » après le collage. Cela peut devenir un inconvénient dans le cas d'un panneau dont le cintre aura tendance à revenir vers une forme plus plane. Néanmoins elle convient très bien pour coller (dans un second temps) des placages sur les faces d'une pièce ou d'un panneau cintré.

Les colles les moins recommandées à cause de leurs difficiles de mise en œuvre dans un moule sont celles ayant besoin d'une source de chaleur pour être appliquées (colle forte, colle thermofusible « hotmelt »). C'est également le cas pour les colles dites « contact », comme les colles néoprène.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

1.5 La conception et le placage d'une surface galbée

Fabrication d'une pièce galbée

La forme d'une pièce ou d'un panneau galbé est cintrée dans tous les sens. Les pièces galbées sont particulièrement complexes à réaliser.

• La fabrication traditionnelle

Elle nécessite de nombreuses étapes et demande une adresse particulière, proche du travail de la sculpture.

La pièce galbée peut être parfois décomposée en plusieurs pièces et être dégrossie avec une scie à ruban ou une toupie. Il est dans tous les cas indispensable de faire une reprise de la forme avec des outils manuels : wastringue, râpe, rifloir et gouges.

Pour pouvoir maîtriser la forme, des gabarits (fait d'après les plans de l'ouvrage) servent de référence durant le façonnage.

• La fabrication industrielle

Les centres d'usinage 5 axes permettent de nos jours une réalisation de ce type de pièce de manière très rapide et industrielle. Une légère finition manuelle de la surface reste encore à faire.

Préparation d'un placage pour une surface galbée

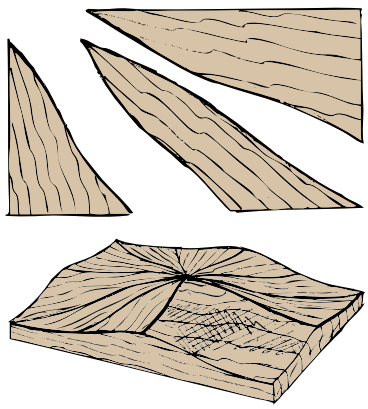


Figure 1.43 *Préparation du placage sur forme galbée*

Les surfaces galbées ne sont pas « développables » et ne peuvent être recouvertes d'une seule pièce de placage plane. Si l'essai est fait, le sommet de la partie bombée se déchire car pour la recouvrir il faut plus de surface qu'à son pourtour.

Les placages sont découpés en plusieurs « secteurs » et ajustés directement sur la pièce galbée. Il faut choisir un motif de placage permettant l'orientation des fibres de façon que l'élasticité de la matière lui permette d'épouser au mieux le galbe. Des marqueteries et des frisages en soleil sont traditionnellement employés dans ce cas.

Le galbe impose une forme curviligne des secteurs de placage ; cela rend la découpe et l'ajustage très délicats à réaliser.

Plaque d'une pièce galbée

La complexité d'une pièce galbée rend extrêmement difficile, voire impossible, la réalisation d'une contre-forme en bois massif.

La méthode de collage avec un système de serrage par dépression (décrite au paragraphe 1.4) est très appropriée pour plaquer des surfaces galbées. Elle a de nombreux avantages, elle est rapide, précise, réutilisable et sans préparation ni fabrication de contre-forme.

Il existe des méthodes traditionnelles et plus anciennes, spécifiques aux panneaux galbés.

Cale contre-forme en plâtre

La méthode consiste à réaliser une cale de plâtre, moulée directement sur la pièce à plaquer.

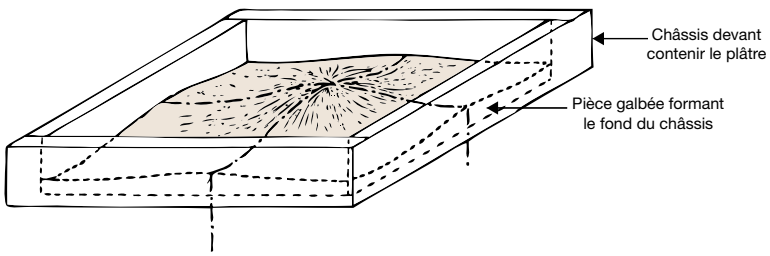


Figure 1.44 *Cale de plâtre*

On monte un châssis entourant le panneau à plaquer. Les espaces entre les deux sont comblés avec de la terre à modeler. Le bois est protégé pour éviter que le plâtre adhère dessus.

Puis on coule le plâtre dans le châssis, en le renforçant avec du fil de fer et de la filasse. Une fois sèche, l'empreinte laissée dans le plâtre est la forme négative de la pièce, cette cale est donc parfaite pour coller le placage.

Pour le collage à la colle forte, la cale de plâtre est chauffée.

Cette méthode est efficace mais assez longue. Les surfaces galbées ne sont jamais parfaitement identiques, donc le moule est à usage unique.

Serrage au sac de sable

Le principe est d'intercaler entre la surface galbée et les serre-joints un sac de toile très résistant rempli de sable fin. L'intérêt du

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

sable est sa fluidité qui lui confère la faculté d'épouser toutes les surfaces.

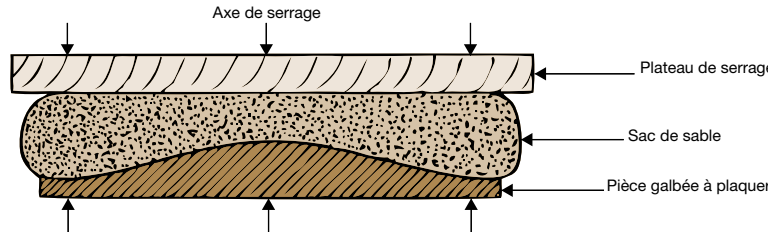


Figure 1.45 *Serrage au sac de sable*

Le sac est fait sur mesure et il doit recouvrir exactement la surface à plaquer sans déborder.

Pour le collage à la colle forte, au moment du serrage, le sable est chauffé vers 80 °C puis versé dans le sac par une ouverture d'angle qui est ensuite fermée.

Le serrage du sac se fait par l'intermédiaire d'un plateau ; il sert d'appui et repartit la force de serrage des serre-joints

Collage au marteau à plaquer

Figure 1.46 *Pot à colle chaude et marteau à plaquer*

Cette technique de collage, très traditionnelle, utilise une colle ancienne, la colle forte qui est à base d'os et de nerf de bœuf. Elle est encore employée en restauration de meuble ancien, car la plupart d'entre eux sont plaqués avec cette colle.

Ce procédé est utilisé aussi bien pour les surfaces planes que cintrées et galbées.

La colle forte est travaillée uniquement lorsqu'elle est liquéfiée à chaud, **dans un pot spécial au bain-marie**. Une fois chaude, elle est étendue sur la pièce à plaquer, puis le placage est positionné dessus.

Un fer chaud est appliqué sur le placage pour ramollir la colle au-dessous. Aussitôt, on promène la panne large du **marteau à plaquer** sur le placage en appuyant de plus en plus, pour pousser la colle dans la fibre du bois et pour chasser l'excédent de colle vers l'extérieur du panneau. Pour cela, le sens de déplacement du marteau part du **centre vers l'extérieur** (en forme d'étoile), tout en évitant de passer en travers du fil du bois (risque de déchirer le placage).

Ce qu'il faut retenir

Le choix et la conception de la structure d'un panneau sont faits sur plusieurs critères :

- le type d'ouvrage et la qualité recherchée ;
- la rapidité d'exécution et donc le coût de sa fabrication ;
- les compétences du personnel et l'outillage disponible.

Panneau cintré contreplaqué (ou « panneaux multiplis »)

Le contreplaqué est constitué de contreplaques en nombre impair et croisées à 90°. Il donne un panneau très résistant et stable. Il peut être composé avec des contreplaqués « cintrables ».

Panneau cintré latté

L'âme est constituée de lattes juxtaposées, fixées par collage à plat joint. Elles doivent toutes avoir une forme trapézoïdale (suivant la courbure). L'ensemble est recouvert de deux plis de contreplaque, croisés à 90° avec les lattes. Ce procédé est très long à réaliser.

Panneau cintré avec âme massive rainurée

L'âme est en massif assoupli par des rainures et recouvert sur les deux faces par des contreplaques, croisées à 90° avec l'âme. Les rainures sont réalisées à la scie circulaire.

Panneau cintré en MDF cintrable

Le panneau est commercialisé rainuré permettant un coût et un temps de fabrication très faibles.

Choix des colles pour panneau cintré

Les colles thermodurcissables sont les plus appropriées pour leurs duretés. Les colles sont : Urée-formol, mélamine, résorcines, époxydes, polyuréthanes…
La colle vinylique a l'inconvénient de reste « élastique » après le collage.

Conception d'un moule

Le moule et son contre-moule sont longs et coûteux à réaliser. Composition d'un moule :

- les nervures (ou « support ») : leurs profils dépendent de la courbure du panneau à mouler ;
- les tabliers : ils servent d'appui au moulage du panneau (et collage du placage) ;
- les traverses de liaison : elles raccordent les nervures entre elles ;
- le carton et le papier : ils compensent les défauts de surface ;
- le système de guidage : il maintient le contre-moule dans l'axe du moule.

Serrage par dépression

La contre-forme est remplacée par une membrane en caoutchouc, qui épouse la forme à plaquer, par dépression de l'air intérieur.

Fabrication d'une pièce galbée

Une pièce ou un panneau galbé est particulièrement complexe à réaliser.

- fabrication traditionnelle : la pièce galbée est décomposée en plusieurs pièces et usinées, puis reprise avec des outils manuels suivant des gabarits ;
- fabrication industrielle : usinage rapide et industriel par centres d'usinage 5 axes.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Préparation d'un placage pour une surface galbée

Les surfaces galbées ne sont pas « développables ». Les placages sont découpés en plusieurs « secteurs » et ajustés directement sur la pièce galbée.

Plaque d'une pièce galbée

- **cale contre-forme en plâtre** : elle est moulée directement sur la pièce à plaquer ;
- **serrage au sac de sable** : un sac rempli de sable fin est intercalé entre la surface galbée et les serre-joints ;
- **collage au marteau à plaquer** : technique traditionnelle utilisant la colle forte, pour plaquer des surfaces planes, cintrées et galbées.

Testez vos connaissances

7. Décrivez la forme de la section des lattes dans un panneau cintré en latté :

•

8. Désignez le panneau préfabriqué, facilitant la fabrication d'un panneau cintré multiplis :

•

9. Est-il préconisé d'utiliser de la colle vinylique pour réaliser un panneau cintré :

a ☐ *oui, pour coller la structure du panneau et le placage*

b ☐ *oui, mais pour coller uniquement le placage*

c ☐ *non, dans tous les cas*

10. Pour réaliser les nervures d'un moule, indiquez d'après quels éléments dépendent leurs profils :

•

•

11. Nommez les procédés évitant toute fabrication ou préparation d'un contre-moule spécifique au panneau à plaquer :

•

•

12. Nommez la machine-outil pouvant réaliser une pièce galbée :

•

13. Indiquez le type d'incident provoqué par le collage d'une simple feuille de placage (plane) sur une pièce galbée et dites pourquoi :

•

Les montages d'usinage

chapitre 2

La conception, la fabrication, puis l'utilisation des montages d'usinage sont des étapes courantes et indispensables, quel que soit le métier du bois. Les montages d'usinages sont adaptés à une seule opération et pour une machine précise.

2.1 Généralités

Définition

Un montage d'usinage (MU) est un dispositif, positionné entre les plans de référence de la machine (table, guide) et les surfaces de référence de la pièce à usiner (SR1, SR2 et SR3). Il est utilisé dans l'espace de travail de l'outil de coupe de la machine.

Objectif d'un montage d'usinage

Le choix d'utiliser un montage est pris lorsque les machines-outils, dans leurs configurations « normales », ne permettent plus l'usinage d'une pièce. On peut faire un montage pour toutes les machines existantes et même pour les portatives.

Le choix est pris dans les cas suivants :

» lorsque **la pièce ne peut pas être maintenue en position sur les appuis de la machine** (surfaces de références), à cause de :

- **la position de la pièce par rapport aux surfaces de références de la machine ou de l'outil**. Exemples : une mortaise oblique ou un gainage de pied à la raboteuse ;

- **la forme complexe de la pièce**, ne permettant pas son maintien sur les surfaces de référence de la machine. Exemples : une pièce cintrée ou une pièce de forme angulaire ;

» lorsque **l'usinage n'est plus linéaire, mais doit suivre une trajectoire précise**. Elle peut être de forme très variée. **Le montage d'usinage sert de guidage** pour reproduire cette forme. Ce type de montage est principalement utilisé pour le travail avec la toupie.

La conception d'un montage s'inscrit au sein d'un processus global de la fabrication, et il est établi par le bureau des méthodes.

Un montage d'usinage doit garantir :

» **une mise en position précise** et parfaitement identique pour chaque pièce ;

» **le maintien et la stabilité de la pièce** sous les sollicitations dues aux efforts de coupe ;

» **la qualité de l'usinage** et le respect des tolérances ;

» **un libre accès des outils** de coupe aux surfaces à usiner ;

» **une évacuation** efficace des copeaux ;

» **un montage et un démontage aisé et rapide** de la pièce ;

» **la sécurité de l'opérateur**.

Choix d'un montage d'usinage

Il est utilisé pour le travail unitaire jusqu'à la très grande série. Néanmoins, le temps de fabrication d'un montage n'est pas négligeable. Plus le nombre de pièces usinées est important, plus le coût de fabrication du montage est amorti.

2.2 L'isostatisme

La mise en position d'une pièce sur un montage d'usinage respecte le même principe que le maintien d'une pièce sur les surfaces de référence des machines. C'est-à-dire en respectant le principe de l'isostatisme.

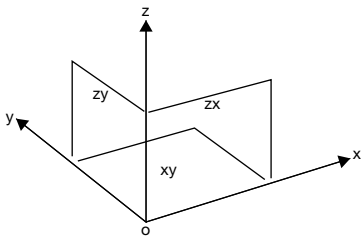


Figure 2.1 *Axes tri-directionnels*

L'espace tri-directionnel

La position d'un élément dans l'espace se détermine **par rapport à trois axes (OX, OY et OZ)**. Ils ont tous pour origine O et forment trois plans de référence, appartenant à un espace tri-directionnel (en 3D). **Ces trois plans de référence sont : XY, ZX et ZY.**

Les six degrés de liberté

Afin de pouvoir maintenir en position un élément dans son espace, il nous faut connaître ses mouvements possibles, par rapport aux trois axes (X, Y et Z).

Sur les trois axes la pièce peut :

» **se déplacer parallèlement dans l'axe**, on dit qu'il effectue une **translation (T)** ;

» **tourner autour de l'axe**, on dit qu'il effectue une **rotation (R)**.

Les six mouvements de liberté suivant les trois axes :

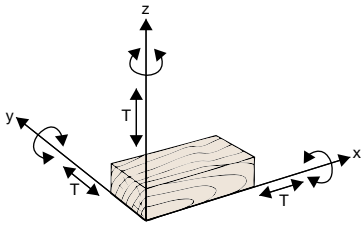


Figure 2.2 *Les six degrés de liberté*

Axes	Mouvements possibles
X	1 translation (T) 1 rotation (R)
Y	1 translation (T) 1 rotation (R)
Z	1 translation (T) 1 rotation (R)
	= 6 mouvements (6 degrés de liberté)

Une pièce dans l'espace possède donc **6 mouvements possibles**. Ces mouvements sont appelés **degrés de liberté** : **3 translations et 3 rotations**, un pour chaque axe (X, Y et Z).

L'isostatisme est définie par l'immobilisation de ces six degrés de liberté, cela assurant le positionnement et le maintien d'une pièce dans l'espace.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Immobilisation des six degrés de liberté

6 points de contact pour 6 degrés de liberté

Appui	Degrés de liberté supprimée	Nombre de contacts (d'appuis) théorique	Numéro des appuis	Position sur le plan tri-directionnel	Surface de référence de la pièce positionnée sur l'appui
PLAN	1 T (axe Z) 2 R (axes X et Y)	3 points non alignés (en triangle)	n° 1, 2 et 3	Plan XY	SR1 (un plat de la pièce)
LINÉAIRE	1 T (axe Y) 1 R (axe Z)	2 points sur une droite	n° 4 et 5	Plan ZX	SR2 (un chant de la pièce)
PONCTUEL	1 T (axe X)	1 point	n° 6	Plan ZY	SR3 (un bout de la pièce)
	= 6 degrés de liberté (3T et 3R)	**= 6 points de contact**			

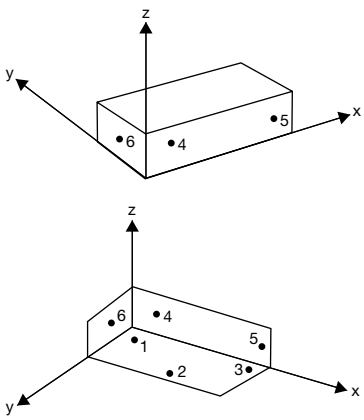


Figure 2.3 *Position et numéro des appuis*

En résumé :

- **l'appui plan** (appuis n° 1, 2 et 3) est toujours sur le plan XY. Il s'applique contre la surface de référence SR1 (le plat) ;
- **l'appui linéaire** (n° 4 et 3) contre le chant (SR2) ;
- **l'appui ponctuel** (n° 6) contre le bout (SR3).

2.3 La mise en position d'une pièce

Pour une mise en position précise et constante de la pièce sur le montage d'usinage, il suffit de mettre en application les principes d'isostatisme.

Chaque appui théorique se matérialise sur le montage d'usinage par un élément auxiliaire (vis, papier abrasif, etc.).

❶ **Appui plan** : les trois points de contact (formés par les trois morceaux de papier abrasif) stoppent la rotation autour des axes X et Y, et également la translation sur l'axe Z.

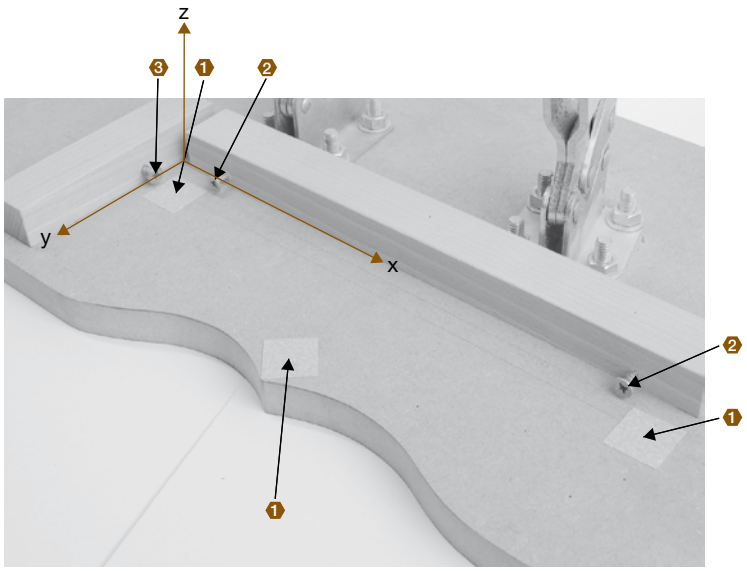


Figure 2.4 *Les appuis sur un montage d'usinage pour toupie*

❷ **Appui linéaire** : les deux butées empêchent toute rotation sur l'axe Z et la translation sur Y.

❸ **Appui ponctuel** : la butée représente le point de contact théorique bloquant la translation sur l'axe X.

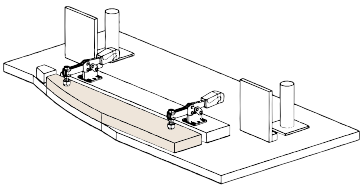


Figure 2.5 *Pièce en appui plan sur son plat (SR1)*

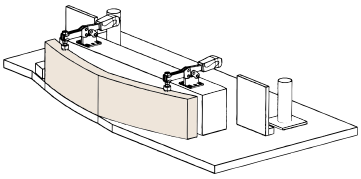


Figure 2.6 *Pièce en appui plan sur son chant (SR2)*

Figure 2.7 *Cale de forme pour pied galbée*

L'appui plan

C'est un **appui surfacique**, car c'est toute la surface de la pièce qui est en appui. Sur un montage d'usinage, il correspond au support du montage, c'est-à-dire le panneau formant la base du montage. Celui-ci peut être réalisé dans de nombreux types de panneaux dérivés, voir en métal pour une fabrication en très grande série. Il faut éviter le bois massif, car il conserve un taux de rétractabilité et de déformation trop important pour assurer un usinage constant.

Par principe, sur cette surface est appliquée **la face de référence (SR1) de la pièce**. Néanmoins, la pièce doit parfois être positionnée sur son chant, par exemple pour réaliser une façade de tiroir cintrée avec la toupie. Il faut alors mettre **en appui plan sur le montage le chant de la pièce (SR2)**.

On peut être amené à concevoir un support complexe pour former l'appui plan. Suivant la forme de la pièce (cintrée ou gainée) ou la forme de l'usinage (oblique), il est parfois nécessaire **d'intercaler entre le montage et la pièce une « cale de forme »**.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

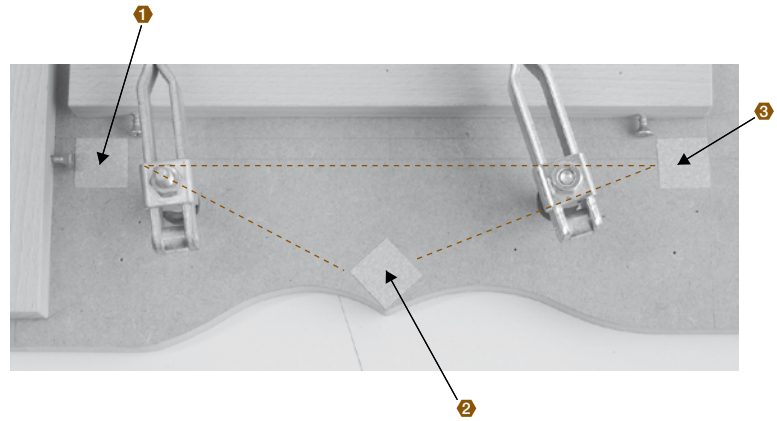


Figure 2.8 *Les trois points de contact en papier abrasif*

Le principe théorique des 3 points de contact est mis en application par l'apport **de 3 « pastilles » de papier abrasif** ❶ ❷ ❸, collées sur le support formant l'appui plan. Ils sont disposés en forme de triangle, le plus ouvert possible. Le papier abrasif supprime le risque de glissement de la pièce lors de l'effort de coupe de la pièce.

L'appui linéaire

Sur un montage d'usinage, il correspond aux deux butées (généralement réglables) sur lesquelles vient se mettre en appui le chant de la pièce. Celui-ci peut être réalisé en panneaux dérivés, en bois massif ou aussi en métal.

Les deux butées représentent les deux points de contact théoriques de l'isostatisme. Il existe plusieurs manières pour réaliser ce type de butée.

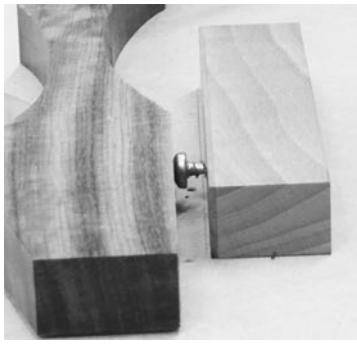


Figure 2.9 *Cale avec vis de réglage*

• Appui sur cale et vis

Ce sont **des appuis ponctuels**, car le point de contact entre la pièce et la butée est extrêmement réduit.

La méthode, rapide et très employée dans l'artisanat, est de fixer par vissage (et collage si nécessaire) une cale de bois sur le montage. Puis dans celle-ci, d'y visser deux vis à chaque extrémité.

L'intérêt d'intercaler deux vis entre la cale et la pièce à usiner, c'est que l'on peut obtenir **un réglage micrométrique des butées**, en vissant ou dévissant ces deux vis.

• Appui direct sur cale (sans vis)

En raison d'un manque de place, il est parfois impossible d'intercaler une vis entre l'appui formé par la cale et la pièce.

Il peut être intéressant de mettre (l'appui) la cale de bois directement au contact de la pièce. Pour un travail en bois de bout, **la cale peut faire office de pare-éclats**.

• Appui sur équerre et boulon

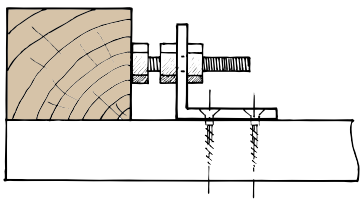


Figure 2.10 *Équerre avec boulon*

Les deux butées peuvent être facilement réalisées en utilisant deux équerres métalliques et deux boulons. Un côté de l'équerre est vissé dans le montage (le support) et l'autre sert de maintien au boulon.

L'intérêt de ce système est qu'il est rapide à mettre en œuvre et que les butées sont réutilisables très facilement. Évidemment, le boulon avec son écrou permet, comme pour la vis, un réglage micrométrique de la butée.

• Butée escamotable

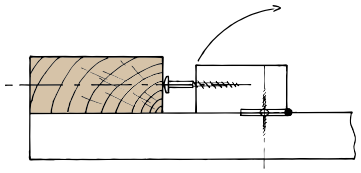


Figure 2.11 *Butée escamotable*

Il est parfois possible d'utiliser le même montage pour deux opérations différentes. À condition que la forme de l'usinage soit la même. Pour cela, il est envisageable de réaliser des butées escamotables (démontables ou rabattables) pour les appuis linéaires et ponctuel. Même pour l'appui plan, une cale de forme peut également être escamotable (exemple : gainage de pied).

L'appui ponctuel

Dans sa conception, il est similaire à l'appui linéaire, sauf qu'il ne possède qu'un seul point de contact (une seule vis ou boulon).

Position des appuis linéaires et ponctuels

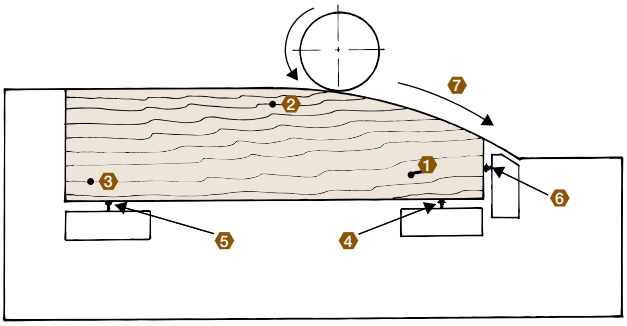


Figure 2.12 *Position des appuis et sens d'usinage*

Les trois appuis plans ❶ ❷ ❸ (en dessous de la pièce) : en triangle le plus ouvert possible.

Les deux appuis linéaires ❹ ❺ : il faut essayer de positionner les deux points de contact (vis ou boulons) le plus loin possible l'un de l'autre. Mais il faut essayer aussi qu'ils soient en face de la zone de coupe, afin de contrer l'effort de coupe exercé sur la pièce (pour éviter sa déformation).

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

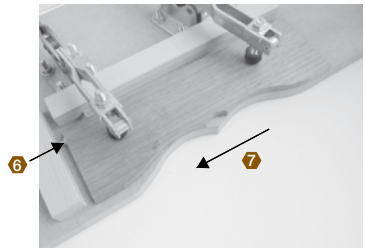
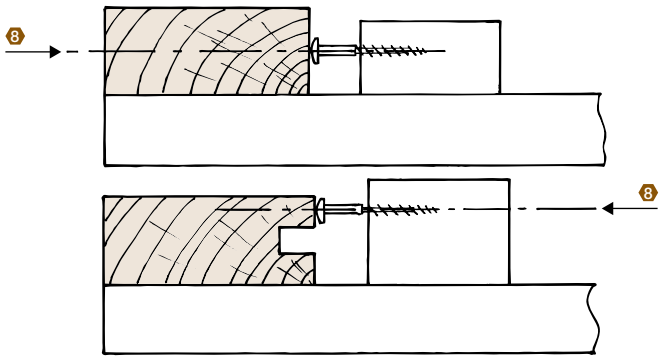


Figure 2.12 (suite) *Position des appuis et sens d'usinage*

Figure 2.13 *Appui sur le chant*

L'appui ponctuel ❻ : prend appui sur l'un des bouts de la pièce (SR3), **du côté opposé au sens de déplacement de l'outil** ❼ de coupe (ou du montage). Afin que l'effort de coupe exercé sur la pièce soit bloqué par cet appui.

Sur le plan de la hauteur ❽ : ils doivent s'appuyer sur le milieu de l'épaisseur de la pièce à usiner. Si le chant possède un profilage, il doit en tenir compte pour rester sur la surface de référence.



2.4 Le maintien en position d'une pièce

Une fois la mise en position assurée par les 6 appuis, il faut garantir le maintien de la pièce sur le montage d'usinage.

Les organes de serrage doivent être rapides à manipuler et suffisamment puissants pour éviter tout déplacement de la pièce lors de l'usinage. Cela pour la sécurité de l'opérateur et la qualité de l'usinage.

Les organes de serrage

Dans certains cas, **on peut utiliser l'organe de serrage propre à la machine** (tenonneuse, mortaiseuse…), qui vient directement serrer la pièce sur le montage et sur l'appui plan de la machine.

Sinon, il existe différents systèmes et appareillages pour exercer le serrage :

- ❶ **le serrage par came à vis**, réalisé sur mesure, à serrer avec un écrou à main ;
- ❷ **le serrage par came excentrique**, avec son levier pour exercer le serrage ;
- **le serrage par coin :** il est mis en force entre un support fixe et la pièce à usiner ;
- ❸ **le serrage par vis de serrage ;**
- ❹ **le serrage par vérin pneumatique :** destiné à l'industrie pour le travail en grande série ;
- ❺ **le serrage par dépression :** le maintien se fait par ventouse. Le vide d'air est fait sous la pièce et un joint caoutchouc assure l'étanchéité. Procédé utilisé pour les centres d'usinage et le travail l'industriel ;
- ❻ **le serrage par sauterelle est celui le plus employé** pour sa facilité de mise en œuvre et de manipulation.

Il est déconseillé d'utiliser un serre-joint « classique » d'atelier, car par les vibrations de la machine, il risquerait de se desserrer durant l'usinage.

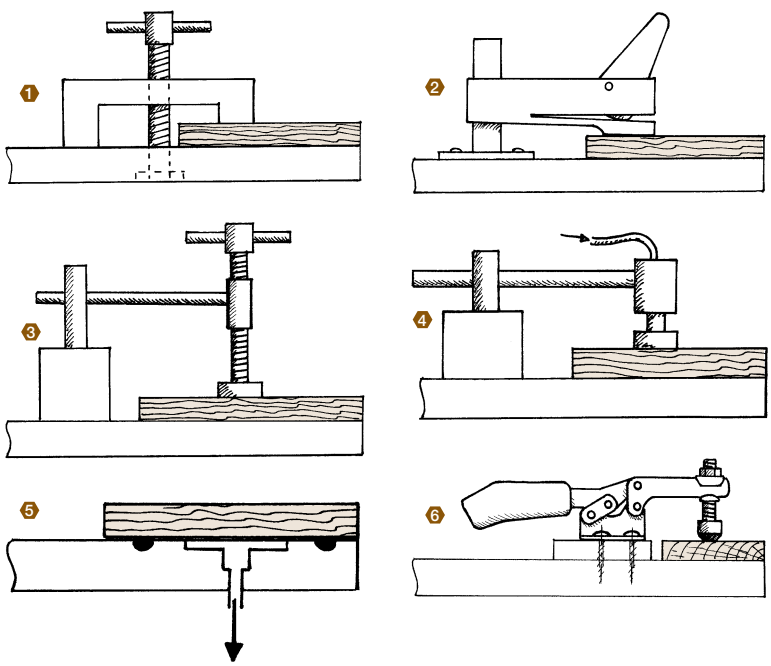


Figure 2.14 *Les organes de serrage*

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Le serrage par sauterelle

Les sauterelles sont des éléments de bridage indispensables et incontournables dans de nombreux montages d'usinage.

Figure 2.15 *Différents modèles de sauterelle*

Figure 2.16 *Sauterelle sur montage toupie*

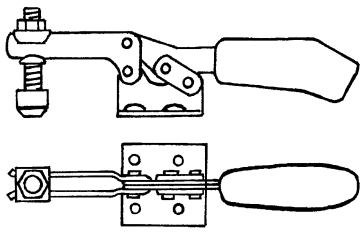


Figure 2.17 *Dessin d'une sauterelle tirée*

• Principe de fonctionnement

Les sauterelles exercent leurs forces de serrage sur la pièce en déplaçant manuellement un levier en position verticale ou horizontale. Un jeu de plusieurs pièces mécaniques est articulé autour d'au moins trois axes de rotation décalés. Ce système de levier est appelé **levier à genouillère** ; par ce fait, la sauterelle est aussi parfois appelée **genouillère**.

• Les avantages sont :

» la facilité de fixation sur le montage, par simple vissage (ou boulonnage) ;

» la forte pression de serrage (entre 50 et 200 daN) obtenue sans effort grâce au levier à genouillère, tout en étant manipulable sans un trop grand effort physique ;

» la force de serrage est facile à régler, par le déplacement micrométrique des écrous ;

» le réglage du point de pression par rapport à la pièce, en déplaçant latéralement le boulon sur le bras de serrage ;

» la sécurité absolue par le verrouillage automatique en position serrée grâce au débattement de 95° de la poignée ;

» la possibilité de monter des embouts néoprène pour éviter tout marquage des pièces.

Figure 2.18 *Sauterelle tirée*

Figure 2.19 *Sauterelle poussée*

Figure 2.20 *Sauterelle pneumatique*

Figure 2.21 *Sauterelle à tige coulissante tirée*

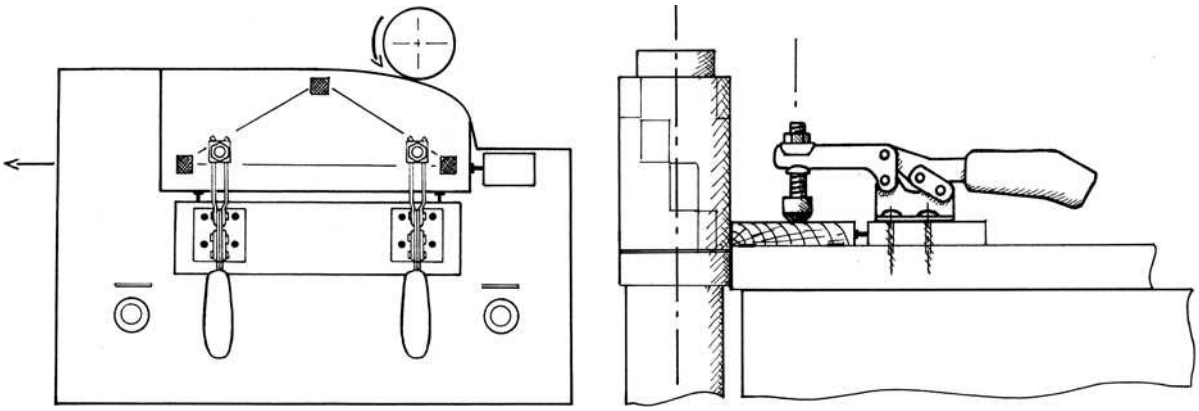
Figure 2.22 *Position des organes de serrage*

- **Les différents modèles :**
  - » **les sauterelles tirées** : le levier doit être tiré en position horizontale pour verrouiller le serrage ;
  - » **les sauterelles poussées** : le levier doit être poussé en position verticale pour verrouiller le serrage ;
  - » **les sauterelles à serrage pneumatique :** le serrage se fait par l'action d'un vérin pneumatique, actionné par l'opérateur. Ce système nécessite un appareillage spécifique. Il est surtout utilisé dans l'industrie pour le travail en grande série ;
  - » **les sauterelles à tige coulissante, tirées ou poussées** : le levier doit être tiré ou poussé (suivant les modèles) en position verticale ou horizontale. Le serrage se fait par le déplacement horizontal de la tige sur le chant de la pièce. Ce type de serrage est utilisé que dans certains cas, où il est nécessaire de dégager toute la surface supérieure de la pièce à usiner. Il est préconisé, de manière générale, le serrage vertical de la pièce contre l'appui plan du montage.

Positionnement des organes de serrage

Le maintien de la pièce peut être composé d'un seul ou de plusieurs points de serrage. En général, on utilise deux points espacés suffisamment l'un de l'autre, tout en étant en face de la zone d'usinage de la pièce.

Les serrages sont positionnés **au-dessus et à l'intérieur du triangle formé par les trois points de contact** (les trois morceaux d'abrasif). Suivant les situations, ils peuvent être **légèrement orientés en opposition au sens d'usinage.**



© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Sur le plan vertical, les axes de serrage sont **perpendiculaires à l'appui plan** de la pièce.

Attention

Il faut vérifier que l'organe de serrage ne soit pas sur la trajectoire de l'outil ; il risquerait de rentrer en contact avec celui-ci.

Ce qu'il faut retenir

Objectif et définition

Un montage d'usinage (MU) est un dispositif positionné entre les plans de référence de la machine et les surfaces de référence de la pièce à usiner. Il est utilisé lorsque :

- la pièce ne peut pas être maintenue sur les appuis de la machine, soit pour une pièce ou un usinage oblique, soit une pièce cintrée ou angulaire ;
- l'usinage doit suivre une trajectoire courbe ; le montage sert de guidage pour la reproduire.

Un montage d'usinage doit garantir :

- un accès des outils sur la surface à usiner et l'évacuation des copeaux ;
- la mise en position, la stabilité et le serrage de la pièce ;
- la qualité de l'usinage et le respect des tolérances ;
- un montage et un démontage aisé et rapide de la pièce ;
- la sécurité de l'opérateur.

L'espace tri-directionnel

La position d'un élément dans l'espace se détermine par rapport à trois axes (X, Y et Z). Ils ont tous pour origine O et forment trois plans de référence : XY, ZX et ZY.

Les six degrés de liberté

Une pièce possède 6 mouvements possibles : 3 translations et 3 rotations, un pour chaque axe (X, Y et Z).

L'isostatisme

C'est l'immobilisation des 6 degrés de liberté par 6 points de contact.

- **l'appui plan : 3 points de contact** (n° 1, 2 et 3), il est sur le plan XY. Il s'applique contre la surface de référence SR1 (le plat de la pièce) ;
- **l'appui linéaire : 2 points de contact** (n° 4 et 5), en appui contre le chant (SR2) ;
- **l'appui ponctuel ; 1 point de contact** (n° 6), en appui contre le bout (SR3).

L'appui plan

Il correspond au support formant la base du montage (en panneau dérivé).

Sur cette surface est appliqué le plat de référence (SR1) de la pièce. Parfois, il faut mettre le chant de la pièce (SR2) en appui plan.

Le principe théorique des trois points de contact est mis en application par l'apport de trois « pastilles » de papier abrasif, collées (en forme de triangle) sur l'appui plan.

Suivant la forme de la pièce ou la forme de l'usinage, il est parfois nécessaire d'intercaler entre le montage et la pièce une cale de forme.

L'appui linéaire

Il correspond à deux butées sur lesquelles vient se mettre en appui le chant de la pièce. Elles représentent les deux points de contact théorique. Il en existe plusieurs types :

- cale fixée sur le montage avec deux vis de réglage ;
- équerre fixée sur le montage avec boulon et écrou de réglage ;
- appui formé d'une cale escamotable, pour plusieurs usinages.

Les points de contact doivent être espacés, mais situés en face de la zone de coupe, et s'appuyer sur le milieu de l'épaisseur de la pièce.

L'appui ponctuel

Il possède qu'un seul point de contact et prend appui sur l'extrémité de la pièce (SR3), située du côté opposé au sens de déplacement de l'outil de coupe (ou du montage).

Le maintien en position

Les organes de serrage doivent être rapides à manipuler et puissants.

On peut utiliser les systèmes de serrage propre à la machine. Sinon, il existe différents dispositifs et appareillages pour exercer le serrage : le serrage par bride, par coin, par came excentrique, par vis, ou encore par vérin pneumatique. Mais le serrage par sauterelle est celui le plus employé, pour sa facilité de mise en œuvre et de manipulation.

Le serrage par sauterelle

Les sauterelles sont des éléments de bridage qui exercent leur force de serrage sur la pièce si on déplace manuellement un levier. Elles sont aussi appelées « genouillères ».

Elles ont de nombreux avantages :

- une facilité de pose et de réglage de la position et de la force (micrométrique) ;
- une forte pression de serrage, avec une rapidité et une manipulation sans effort.

Les modèles peuvent être poussée (levier vertical), tirée (levier horizontal), pneumatique ou à tige coulissante (pour un serrage horizontal).

Les points de contact doivent être :

- espacés suffisamment l'un de l'autre, mais en face de la zone de coupe ;
- perpendiculaires à l'appui plan ;
- au-dessus et à l'intérieur du triangle formé par les trois points de contact.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Testez vos connaissances

1. Indiquez les trois plans de référence du positionnement tri-directionnel :

a ☐ *XY, ZX et ZY*

b ☐ *OX, OY et OZ*

c ☐ *X, Y et Z*

2. On prend la décision d'utiliser un montage d'usinage, lorsque :

a ☐ *la pièce ne peut pas être maintenue sur les appuis de la machine*

b ☐ *la pièce peut être maintenue sur les appuis de la machine*

3. Complétez le tableau suivant :

Appui	Degrés de liberté supprimée	Nombre de contacts (d'appuis) théorique	Numéro des appuis	Position sur le plan tri-directionnel	Surface de référence de la pièce positionnée sur l'appui
Plan					
Linéaire					
Ponctuel					

4. Décrivez le positionnement des points de contact formant l'appui plan :

•

5. Indiquez dans quel matériau sont faits ces trois points de contact (appui plan) :

•

6. Nommez l'autre appellation d'un serrage par sauterelle :

•

7. Expliquez comme on peut réaliser une butée linéaire réglable (non escamotable) :

•

•

8. Désignez les critères pour définir la position d'un organe de serrage sur le montage. Les organes de serrage doivent être :

•

•

•

2.5 La conception des montages d'usinage

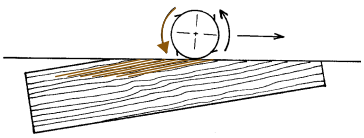


Figure 2.23 *L'usinage en concordance avec les fibres du bois*

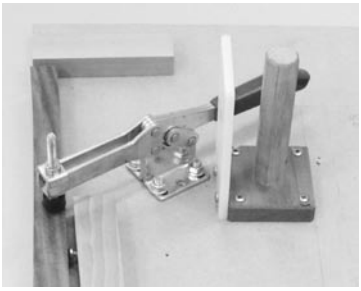


Figure 2.24 *Poignée et écran protecteur*

Figure 2.25 *Protecteur avec buse d'aspiration pour toupie*

Généralités

Pour concevoir un montage d'usinage, quelle que soit la machine, **il faut définir les points suivants** :

- **la machine utilisée** (fixe ou portative) ;
- **les caractéristiques de l'outil** de coupe ;
- **la forme et les dimensions** de l'usinage et de la pièce ;
- **les matériaux utilisés** pour le montage ;
- **le sens d'usinage par rapport à l'orientation des fibres du bois** (pièce en bois massif). Pour ne pas voir apparaître des éclats sur la surface usinée, il faut s'assurer que **le sens d'avance de l'outil est en concordance avec l'orientation des fibres du bois**. On appelle cela ; « **coucher le fil du bois** » ;
- **le type et la position des appuis et du serrage ;**
- **le guidage ou le maintien du montage** sur la machine ;
- **les éléments de prise en main et de protection** pour l'opérateur (poignée, écran protecteur pour les mains…) ;
- **l'orientation et l'évacuation des copeaux ;**
- **les organes de protection et les consignes de sécurité propres à la machine utilisée qui sont conservés**.

• Sécurité

L'utilisation d'un montage d'usinage ne doit jamais être au détriment de la sécurité. Il faut conserver les protecteurs ou en utiliser d'autres plus adaptés à l'usinage envisagé. Le montage doit toujours permettre l'usage du système d'aspiration des copeaux et des sciures de bois.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

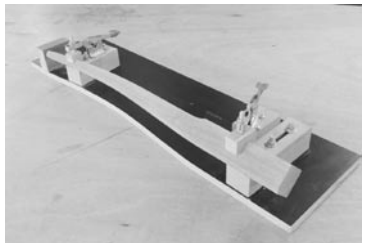


Figure 2.26 *Calibrage de pièce cintrée*

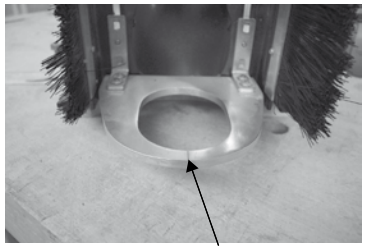


Figure 2.27 *Guidage sur guide à lunette*

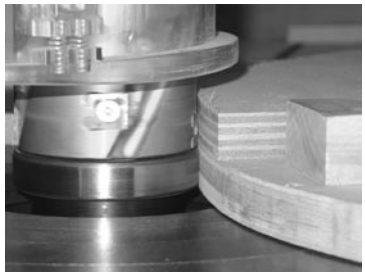


Figure 2.28 *Guidage sur bague et outil de calibrage*

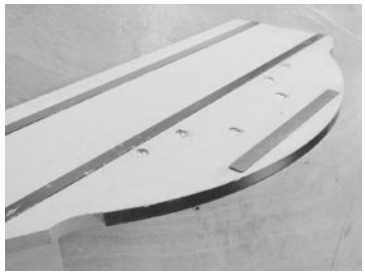


Figure 2.29 *Bandes de fortement*

Montages d'usinage pour toupie

La toupie est la machine où l'utilisation des montages d'usinage est courante et souvent indispensable. Elle est la seule machine « traditionnelle » capable de réaliser des calibrages de forme cintrée (massif ou panneau dérivé). Dans l'industrie, les centres d'usinage (défonceuses à commande numérique) ont remplacé l'usage de ce procédé.

• Mode de guidage

Le montage est posé et déplacé sur la table de la toupie. Il est guidé par son chant, qui prend appui :

» **soit sur le guide linéaire de la toupie** (configuration normale) ;

» **soit sur un guide à lunette :** dispositif spécial fixé sur la table ;

» **soit encore sur une bague de guidage** (sur roulement à bille) montée directement sur l'arbre de toupie, positionnée en dessous de l'outil de coupe.

Ces guidages s'appuient directement sur le chant du montage d'usinage. Celui-ci correspond parfaitement à la forme à reproduire sur la pièce, située juste au-dessus du chant.

Pour plus d'information

Voir *Technologie des métiers du bois*, tome 2, paragraphe 18.4 (éditions Dunod).

• Surfaces de guidage

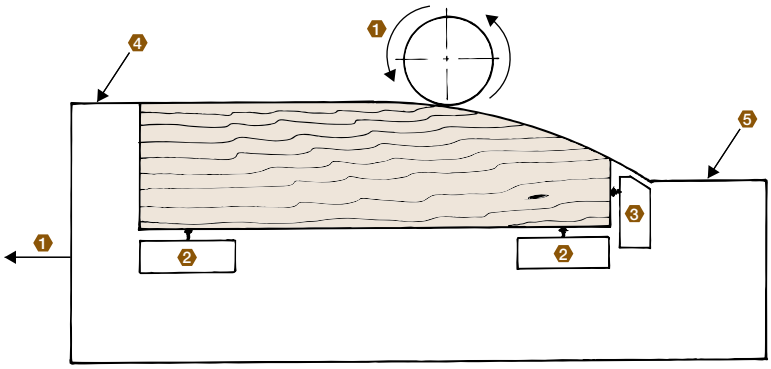
Suivant le nombre de pièce à usiner, le frottement répété du guide sur le chant peut engendrer son usure prématurément. L'utilisation d'un matériau résistant à l'usure est alors préconisée : bois dérivé dense, bois dur, stratifié, lamelle de métal ou plastique…

Le déplacement du montage sur la table représente une surface de frottement important. Pour limiter cette surface de contact, il est conseillé de coller deux bandes de frottement sous le montage (de très fine épaisseur, type stratifié) dans le sens du mouvement de l'usinage.

• Conception d'un montage pour un usinage courbe

Le sens de rotation de l'arbre porte-outil est toujours en opposition au sens de déplacement du montage ❶. Avec cela, il faut prévoir et adapter l'usinage de la pièce et la position des appuis linéaires ❷ et ponctuels ❸.

Figure 2.30 *Sens d'usinage et appuis*

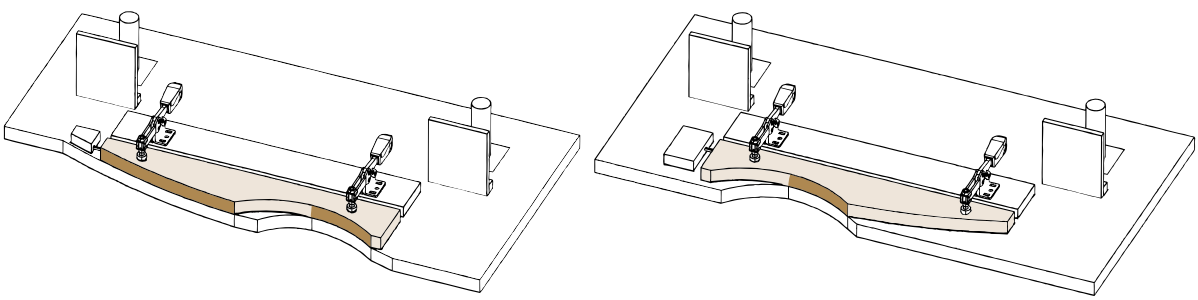


Le montage d'usinage sert de guidage au niveau de la zone d'usinage. Il faut également prévoir en plus deux surfaces d'appui du guide, avant ❹ et après ❺ cette zone d'usinage, pour sécuriser le début ❹ et la fin de l'usinage ❺.

• Pour le travail d'une pièce en bois massif

On doit contrôler et adapter le sens de coupe de l'outil à l'orientation des fibres du bois. Parfois, la forme à réaliser présente une partie où la fibre du bois sera « couchée » et une autre « à contre-fil » (risque important d'éclats). L'usinage se fera donc en deux passages différents à la machine.

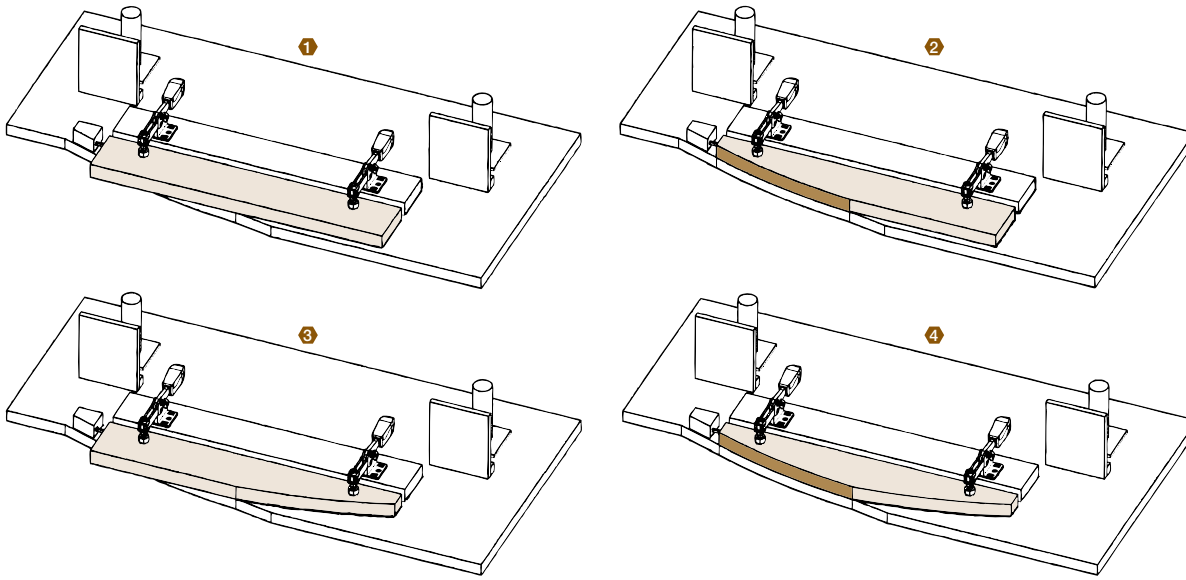
Figure 2.31 *Usinage par deux montages avec retournement de la pièce*



© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Si la forme possède un axe de symétrie, le second usinage se fera **par retournement de la pièce sur le même montage**. Sinon il faudra concevoir un deuxième montage pour que la coupe soit toujours en « couchant le fil du bois ».

Figure 2.32 *Usinage par retournement (même montage)*



Montage d'usinage pour raboteuse

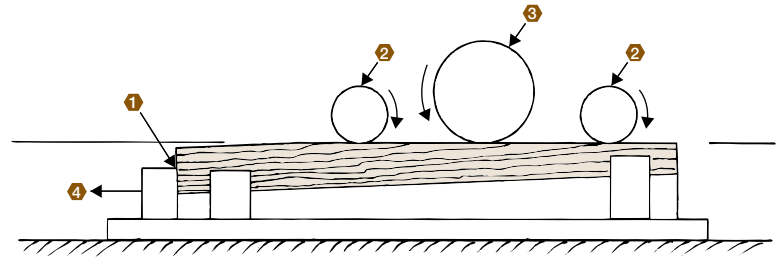
Les usinages ne peuvent être que linéaires et sur bois massif. Les montages sont rapides à réaliser et donnent des résultats de qualité.

- **Les appuis**

» **Appui plan :** le montage est guidé uniquement par la table de la raboteuse. Il est amené vers l'outil par les rouleaux entraîneurs d'entrée et de sortie propres à la raboteuse.

» **Appui linéaire :** la pièce usinée a besoin des deux appuis linéaires, sur un des chants au choix. Néanmoins, pour éviter que la pièce s'échappe du montage, il faut un maintien sur l'autre chant. Il faut donc prévoir soit juste un simple appui, soit un système de serrage horizontal.

Figure 2.33 *Position de l'appui ponctuel*



» **Appui ponctuel :** il doit absolument être contre l'extrémité de la pièce, situé à l'avant du montage ❶. Car l'amenage du montage se fait par les rouleaux entraîneurs ❷, qui poussent la pièce vers l'avant, contre cet appui ponctuel. Cette force est en opposition au cylindre de coupe ❸. C'est ce contact entre le bout de la pièce et l'appui qui entraîne le montage dans la raboteuse ❹.

» **Maintien en position :** avec la raboteuse, la configuration de l'usinage rend impossible le positionnement d'un serrage vertical sur la pièce. Celui-ci rentrerait en contact avec l'outil. Le maintien en position est assuré par les rouleaux entraîneurs ❷ et les presseurs intégrés à la raboteuse.

• Le positionnement de la pièce

Comme pour la plupart des machines, il faut tenir compte de **l'orientation des fibres du bois**. Pour l'usinage d'une pente (type gainage de pied), il faut relever la partie destinée à être plus étroite, et la positionner en partie arrière sur le montage.

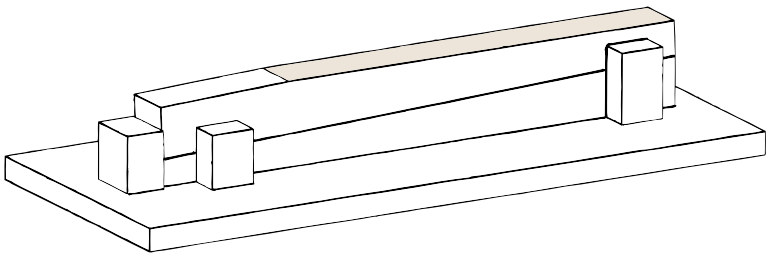


Figure 2.34 *Montage raboteuse pour pied gainé*

La pièce doit être dans le sens du déplacement du montage, c'est-à-dire perpendiculaire au cylindre porte-outil.

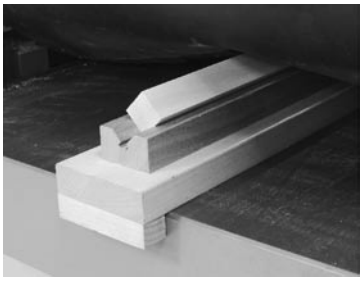


Figure 2.35 *Montage pour chanfrein*

• Autre configuration

Les montages sur raboteuse peuvent être fixés sur la table (par serrage) et les pièces sont amenées de manière « classique » avec les entraîneurs. Le montage sert alors de guidage pour incliner la pièce ou compenser sa forme particulière. Il n'y a plus d'appui ponctuel, les appuis plans et linéaires servent de guidage, sur lesquelles viennent « glisser » les pièces.

Pour plus d'information

Voir *Technologie des métiers du bois*, tome 2, paragraphe 17.3 (éditions Dunod).

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

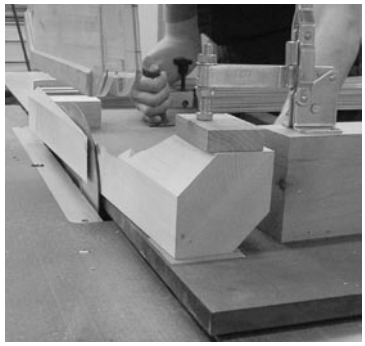


Figure 2.36 *Montage pour coupe angulaire sur un pied*

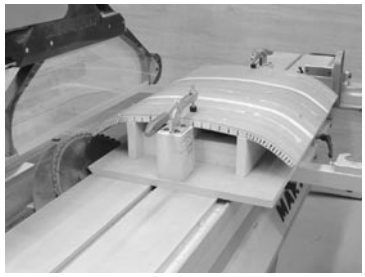


Figure 2.37 *Montage pour coupe à la scie circulaire d'un panneau cintré*

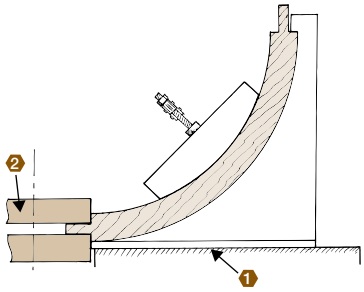


Figure 2.38 *Montage pour tenonneuse*

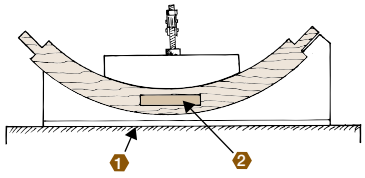


Figure 2.39 *Montage pour mortaiseuse*

Montage d'usinage pour scie circulaire à format

Le montage sert de mise et de maintien en position la pièce. Il est :

- soit posé sur la table et en appui sur le guide parallèle à la lame. Le montage est déplacé manuellement le long du guide ;
- soit immobilisé sur le chariot et en appui sur le guide perpendiculaire.

Le montage d'usinage est utilisé dans les cas suivant :

- pour une coupe dans un angle particulier ;
- pour mettre en appui une pièce de forme complexe (cintrée ou angulaire), voir pour les deux.

Il faut intégrer au montage les appuis : plans, linéaires et ponctuel, mais également les organes de serrage. Certains des appuis peuvent provenir de ceux appartenant à la machine.

Montage d'usinage pour mortaiseuse et tenonneuse

Le montage sert d'appui et de maintien en position de la pièce ; il est fixé sur les surfaces de référence de la machine ❶.

Le montage est utilisé pour maintenir la pièce dans un angle particulier par rapport au mouvement d'usinage de l'outil ❷.

Montage d'usinage pour machines portatives

Les machines portatives pouvant être utilisées avec un montage d'usinage sont :

- la scie circulaire et la scie circulaire radiale ;
- la rainureuse (lamelleuse) et autres machines d'assemblage ;
- la défonceuse.

La défonceuse (comme la scie circulaire) possède une semelle, dont les bords peuvent faire fonction de guidage avec le montage. La machine portative est déplacée manuellement sur le montage, dans l'emplacement et avec l'amplitude prévus, entre les guides linéaires et les butées.

Rappel des consignes de sécurité

- La pièce et le montage sont serrés sur le plan de travail afin d'avoir les deux mains de l'opérateur sur la machine.
- Toujours débrancher la machine avant de la régler ou de changer l'outil.
- Porter les EPI appropriés : casque antibruit, lunette et masque à poussière…
- Les machines rejettent des copeaux et des poussières de bois très volatils. Il faut les aspirer à la source avec un système d'aspiration approprié.

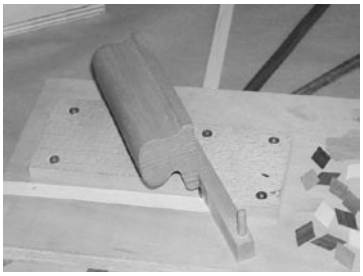


Figure 2.40 *Montage pour couper le placage en losange*

Montage pour usinage manuel

Un montage peut également être adapté et utilisé pour une opération manuelle. Il guidera l'outil afin que la coupe soit précise et constante sur toutes les pièces.

Ce qu'il faut retenir

Conception d'un montage d'usinage

Pour concevoir un montage, il faut définir :

- la machine utilisée et les caractéristiques de son outil ;
- la forme et les dimensions de l'usinage et de la pièce ;
- le sens d'usinage par rapport à l'orientation des fibres du bois ;
- le type et la position des appuis et du serrage ;
- le guidage ou le maintien du montage sur les appuis de la machine ;
- la sécurité : la prise en main, les protections, l'évacuation des copeaux.

Montages d'usinage pour toupie

Le montage est guidé par son chant, qui prend appui sur le guide linéaire, sur un guide à lunette ou sur une bague de guidage monté sur l'arbre de la toupie. Par sécurité, on ajoute deux surfaces d'appui sur guide, avant et après la zone d'usinage.

Le sens de rotation du porte-outil est toujours **en opposition** au sens de déplacement du montage. Pour une pièce en bois massif, **on adapte le sens d'usinage à l'orientation des fibres du bois**. Si besoin, la forme se fera en deux usinages différents : soit par retournement de la pièce sur le même montage, soit avec un second montage.

Montage d'usinage pour raboteuse

Le montage est guidé par la table et amené vers l'outil par les rouleaux entraîneurs d'entrée et de sortie. L'appui ponctuel est situé à l'avant du montage. Il est impossible de mettre un serrage vertical sur la pièce, car il rentrerait en contact avec l'outil. Ce serrage est exercé par les rouleaux entraîneurs.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

» Pour l'usinage d'une pente, on relève la partie la plus étroite et on la positionne en partie arrière sur le montage.
» Le montage peut être fixé sur la table et servir de guidage. Il n'y a plus d'appui ponctuel, la pièce vient « glisser » sur le montage.

Montage d'usinage pour scie circulaire

Utilisé pour une coupe dans un angle très particulier, ou pour mettre en appui une pièce de forme complexe (cintré ou angulaire).

Montage d'usinage pour mortaiseuse et tenonneuse

Le montage sert d'appui et de maintien en position de la pièce, dans un angle particulier par rapport au mouvement d'usinage de l'outil.

Testez vos connaissances

9. Pour une pièce en bois massif, indiquez la règle à suivre pour l'orientation du sens d'usinage par rapport à la pièce :

•

10. Citez sur quels types de guidages peut prendre appui le chant d'un montage lors d'un usinage à la toupie :

•
•
•

11. Pour réaliser une pente avec la raboteuse, indiquez la position de l'appui ponctuel sur le montage d'usinage :

a ☐ *sur l'un des côtés de la pièce, au choix*
b ☐ *sur l'extrémité de la pièce, située à l'avant du montage*
c ☐ *sur l'extrémité de la pièce, située à l'arrière du montage*

12. Pour l'usinage d'une pièce avec la raboteuse, décrivez comment est serrée la pièce sur le montage :

•

13. La pièce est serrée sur le montage d'usinage et les mains sont posées également dessus. Est-il possible de ne pas mettre les protecteurs pour faciliter le travail :

a ☐ *oui, on n'est pas obligé de les utiliser*
b ☐ *non, il faut toujours les utiliser, quel que soit l'usinage*
c ☐ *cela dépend de l'usinage et de l'opérateur*

Partie 2

Techniques de pose d'un ouvrage

Le relevé de mesures

chapitre 3

Le relevé de mesures a pour objectif de relever sur site (**chantier**) les différentes dimensions qui seront nécessaires à la constitution d'un dossier technique en vue d'établir les plans de fabrication des ouvrages souhaités par le client et de préparer le futur chantier. Ceci implique que le relevé de mesures soit effectué de façon rigoureuse et précise. Un oubli ne peut être admis car la distance d'éloignement entre le chantier et l'atelier empêche des allers et retours répétés.

Le relevé de mesures intervient en amont de toute autre opération lorsqu'il s'agit de créer, d'aménager ou de rénover un espace architectural (magasin, bureau, pièce d'un appartement, etc.). C'est pourquoi il nécessite beaucoup d'attention et qu'une erreur peut être lourde de conséquence.

3.1 La prise de mesures générales d'une pièce ou d'un local

La toute première opération consiste à dessiner, sous forme de croquis en deux dimensions, les formes générales de la pièce ou du local (en respectant les proportions), en indiquant les différentes ouvertures de baie, la tuyauterie, les cheminées, etc.

Le croquis représentera la pièce ou le local en vue de dessus et pourra être complété par des croquis représentant des élévations ou des coupes verticales de la pièce, afin de préciser des hauteurs, des positions de baie ou des retombées de plafond, de tuyauterie, etc.

Nous prendrons comme exemple le local dessiné ci-dessous.

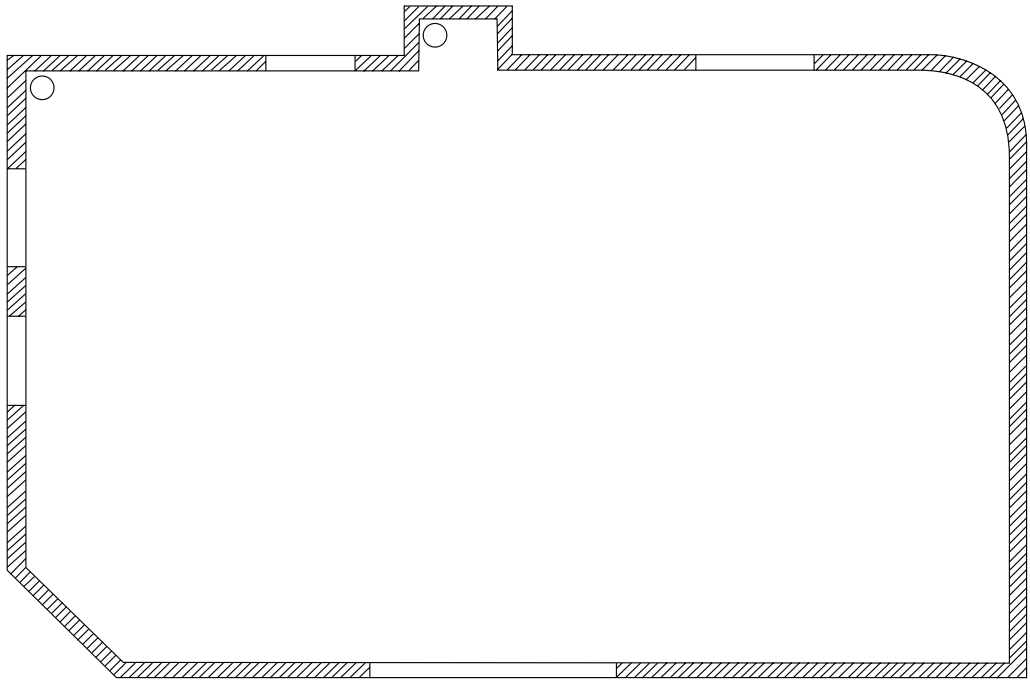


Figure 3.1 *Local à relever*

• Méthode

Il convient de relever :

» les emplacements et les dimensions des portes, baies, radiateurs, canalisations, poutres, colonnes, trappes de visite, etc., sur un même pan de mur ❶. On reportera ces dimensions sur une vue de dessus du local,

» les hauteurs et les positions verticales des éléments précédents. Ces dimensions seront relevées sur une élévation ❷,

» le sens d'ouverture des portes,

» la longueur totale des pans de mur ❸ pour contrôler l'addition des cotes intermédiaires,

» l'épaisseur des murs,

» les Hauteurs sous plafond (HSP) à différents endroits de la pièce ou du local. Ces hauteurs seront notées sur le relevé aux endroits où elles ont été prises ❹,

» les diagonales qui permettront, par triangulation, de :

- déterminer l'angle entre deux pans de murs ❺,
- contrôler les positions des éléments les uns par rapport aux autres ❻.

Il convient de relever le maximum de diagonales afin de pouvoir établir avec précision la mise au plan de l'implantation du local une fois revenu au bureau d'études.

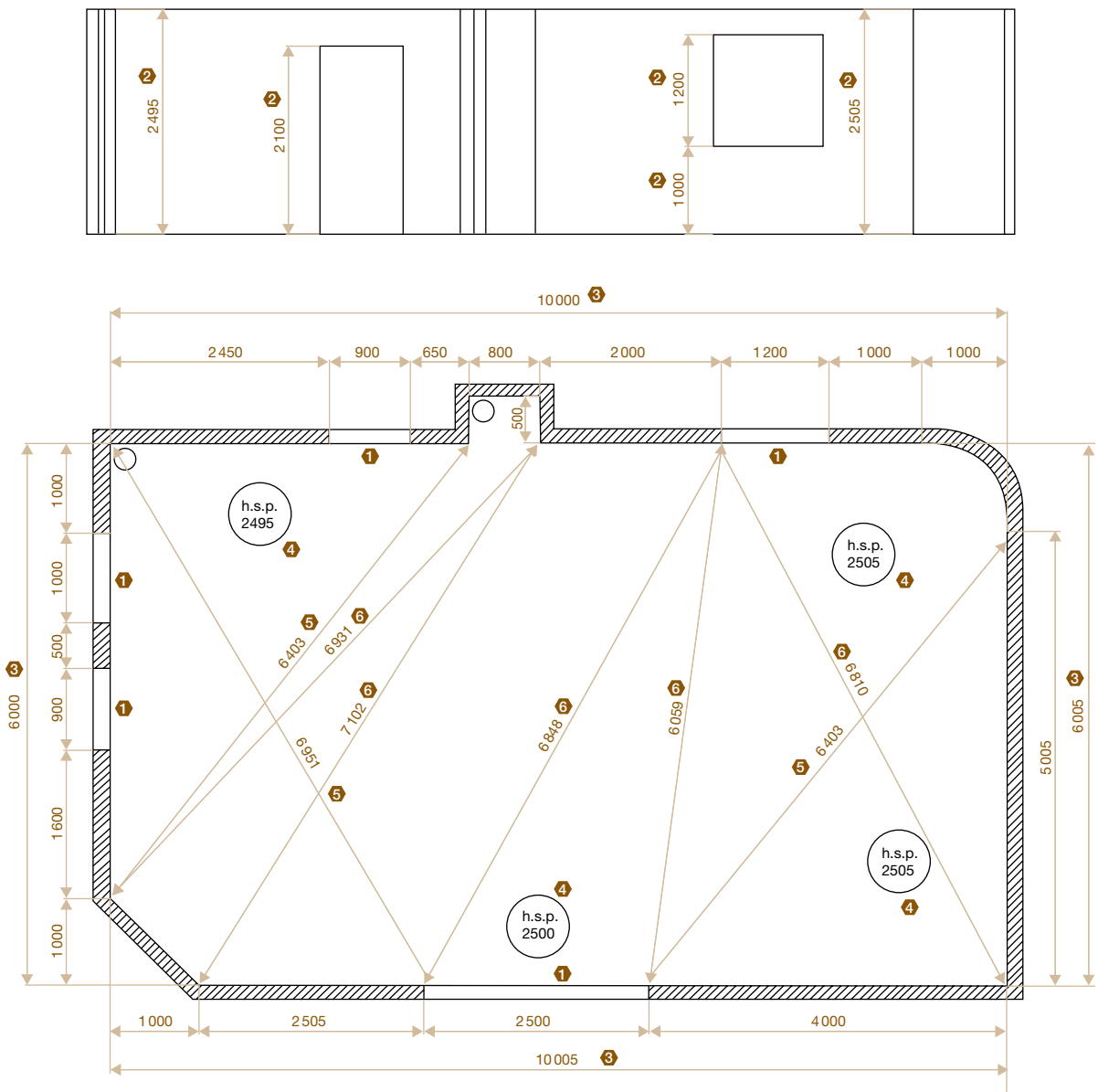


Figure 3.2

Remarque

Afin d'éviter de surcharger de dimensions le relevé de mesures, il est possible de préciser sur un croquis les cotes linéaires et sur un autre croquis les diagonales.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Figure 3.3 *Mètre ruban*

Figure 3.4 *Télémètre*

- **Moyens disponibles**

Ces opérations se feront à l'aide :

» d'un mètre ruban/d'un décamètre,

» d'un télémètre,

» d'une pige pour les relevés de hauteur sous plafond.

3.2 Le relevé des plans horizontaux, des plans verticaux et des baies

Relevé entre deux plans horizontaux

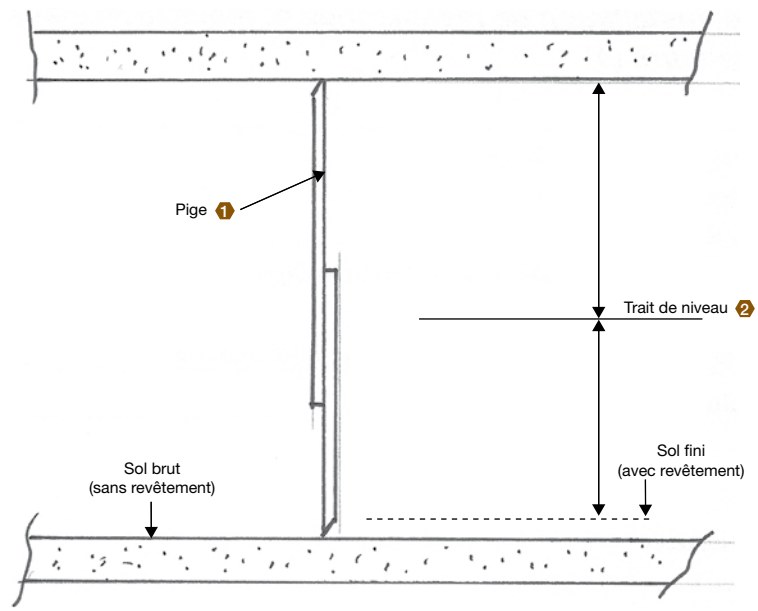
- **Méthode**

On peut relever la hauteur suivant deux méthodes :

» à l'aide d'une pige ❶,

» à l'aide du trait de niveau ❷.

Figure 3.5 *Relevé entre deux plans horizontaux*



• Moyens disponibles

Cette opération se fera à l'aide :

» d'une pige artisanale ou télescopique,

» d'un mètre ruban/d'un décamètre.

Le trait de niveau

Il est établi soit par le maçon soit par le menuisier agenceur. Ce trait est établi « de niveau » (plan horizontal) à 1 mètre du « sol fini » au pourtour de la pièce ou du local. Pour pouvoir tracer ce trait de niveau, il faut donc connaître l'épaisseur du revêtement de sol final.

Pour tracer le trait de niveau, on peut utiliser au choix :

• un appareil à faisceau laser,

• une règle, un niveau à bulles et un cordeau enrobé de poudre de couleur.

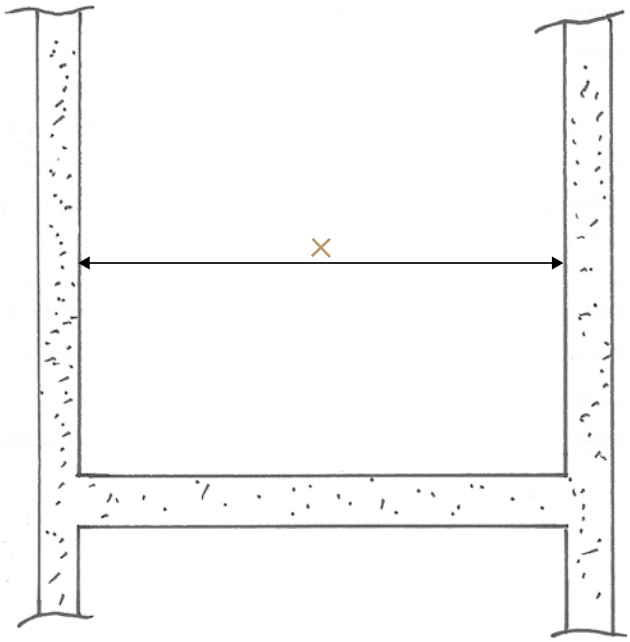


Figure 3.6 *Relevé entre deux plans verticaux*

Relevé entre deux plans verticaux

• Méthode

Relever les dimensions à environ 1,20 m du sol à l'aide d'un outil de mesure. On doit tenir l'outil de niveau (plan) afin de ne pas fausser la prise de mesure.

• Moyens disponibles

Cette opération se fera à l'aide :

» d'une pige artisanale ou télescopique,

» d'un mètre ruban/d'un décamètre,

» d'un télémètre.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

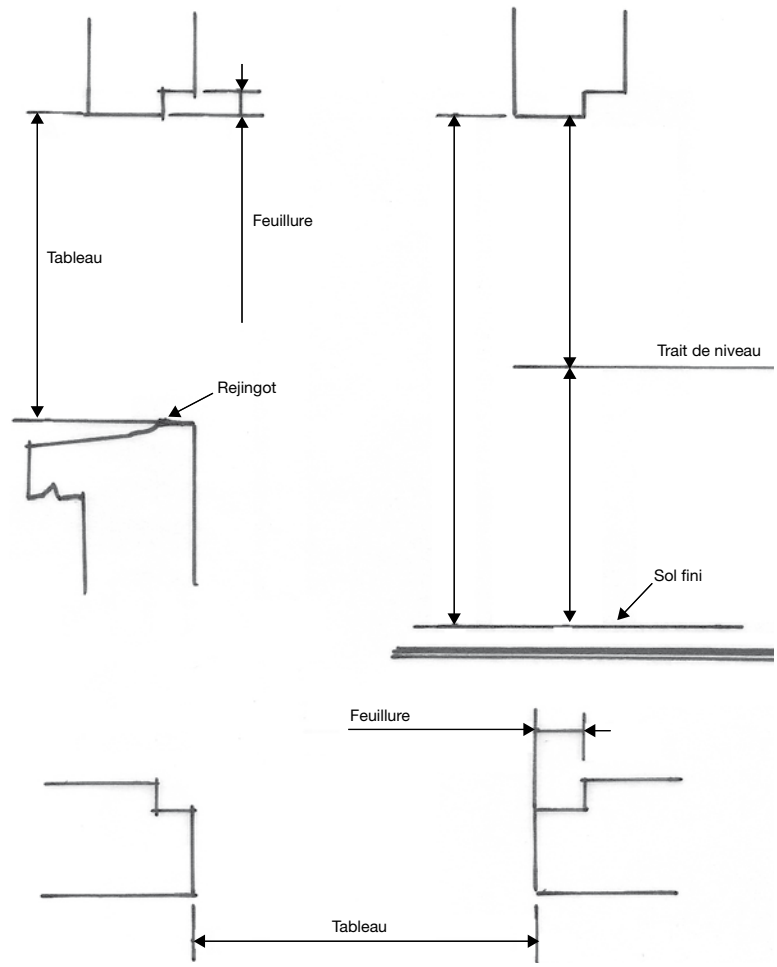
Relevé d'une baie

• Méthode

» Relever les Hauteurs et les Largeurs nominales de baie (HNB et LNB).

» Relever la position verticale des baies à l'aide du trait de niveau.

Figure 3.7 *Relevé d'une baie*



• Moyens disponibles

Cette opération se fera à l'aide :

» d'un mètre-ruban,

» d'un décamètre.

3.3 Le relevé d'angles, de pentes et des formes

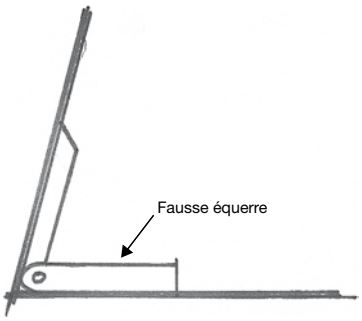


Figure 3.8 *Relevé d'angle à la fausse équerre*

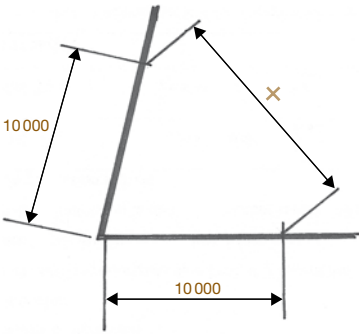


Figure 3.9 *Par triangulation*

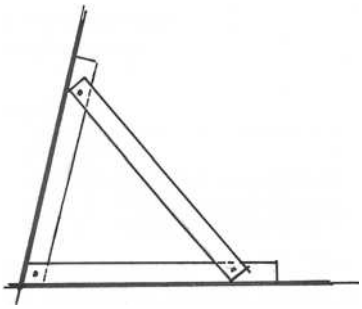


Figure 3.10 *Par gabarit*

Relevés d'angles

• Méthodes

On peut relever les angles suivant trois méthodes.

» **À l'aide d'une fausse équerre :** on reportera l'angle trouvé directement sur un document composant le relevé de mesures.

» **Par triangulation :**

- reporter la même cote sur les deux pans de murs,
- relever l'hypoténuse (cote X ; fig. 3.9),
- les dimensions seront reportées sur le relevé de mesures.

» **À l'aide d'un gabarit réalisé avec trois tasseaux de bois cloués ensemble :**

- Le gabarit sera ramené à l'atelier pour servir de référence lors de la fabrication des ouvrages.

• Moyens disponibles

Ces opérations se feront à l'aide :

» d'un mètre ruban,

» d'une fausse équerre,

» de tasseaux cloués.

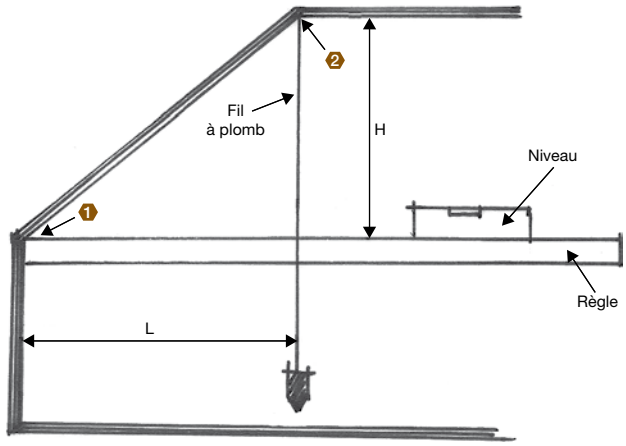
Figure 3.11 *Fausse équerre*

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Relevé de pentes

Figure 3.12 *Relevé de pentes*

Nous pendrons comme exemple le relevé d'un plafond sous pente.



• Méthode

❶ Régler de niveau une règle au départ de la pente.

❷ Placer un fil à plomb à l'autre extrémité de la pente.

❸ Relever la longueur de la pente (L) et la hauteur de la pente (H).

• Moyens disponibles

Cette opération se fera à l'aide :

» d'une règle,

» d'un niveau à bulle,

» d'un fil à plomb,

» d'un mètre ruban.

Relevé de formes

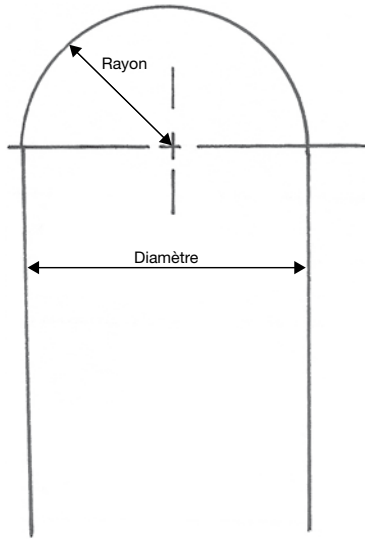


Figure 3.13 *Relevé d'un arc plein cintre*

• Méthodes

On peut relever les angles suivant trois méthodes.

» **Dans le cas d'un arc plein cintre, en mesurant le diamètre et le rayon de l'arc**

• Les dimensions seront reportées sur le relevé de mesures.

» **À l'aide d'un gabarit :**

❶ approcher au plus près de la forme le carton ou le contre-plaqué qui servira de gabarit,

❷ prendre un compas et régler l'ouverture afin de pouvoir tracer la forme sur le gabarit,

❸ positionner la pointe sèche le long du mur,

❸ tracer la forme à l'aide du compas tout en maintenant la pointe sèche contre le mur,

❹ découper, à l'aide de l'outil approprié, le gabarit,

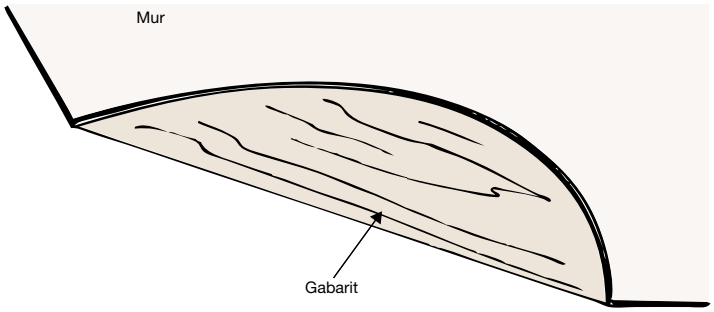


Figure 3.14 *Relevé de forme à l'aide d'un gabarit*

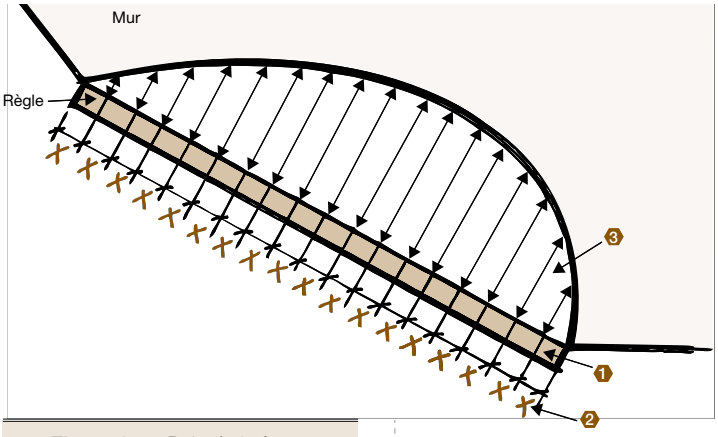


Figure 3.15 *Relevé de forme à l'aide d'une règle*

❺ positionner le gabarit contre la forme,

❻ contrôler la forme du gabarit,

❼ retoucher le gabarit si nécessaire.

Le gabarit sera ramené à l'atelier pour servir de référence lors de la fabrication des ouvrages.

» **À l'aide d'une règle :**

❶ placer une règle reliant les deux extrémités de la forme,

❷ tracer sur la règle un certain nombre de divisions égales,

❸ mesurer à partir de ces divisions la distance entre la règle et la forme. Les mesures doivent être prises perpendiculairement à la règle.

Nota : Plus les divisions sont proches (donc plus il y a de divisions sur la règle), plus le relevé est précis.

On reportera le relevé de la forme sur un document composant le relevé de mesures afin de pouvoir, par la suite, le tracer à l'atelier ou au bureau d'études.

• Moyens disponibles

Ces opérations se feront à l'aide :

» d'un mètre/d'un décamètre,

» d'un gabarit en carton ou en contreplaqué,

» d'un compas à pointe sèche ou autre,

» d'un cutter ou d'une scie sauteuse,

» d'une râpe ou d'une lime (pour la reprise du gabarit),

» d'une règle,

» d'une équerre.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

3.4 Le relevé des niveaux et de l'aplomb

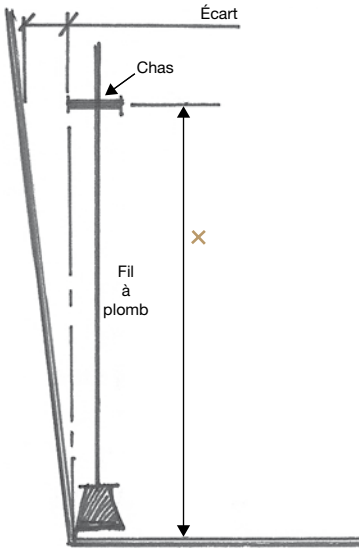


Figure 3.16 *Relevé de l'aplomb à l'aide d'un fil à plomb*

Puisque les ouvrages sont réglés selon deux plans, **le plan horizontal et le plan vertical**, il est nécessaire de contrôler dans les pièces ou locaux ces deux plans.

» Sur le **plan horizontal**, on contrôle **le niveau.**

» Sur le **plan vertical**, on contrôle **l'aplomb.**

• Méthode

Pour le plan vertical (les murs), on peut contrôler l'aplomb suivant deux méthodes :

» **à l'aide d'un fil à plomb,**

» **à l'aide de deux règles.**

Pour le plan horizontal (le sol), on contrôle le niveau :

» **à l'aide d'une règle et d'un niveau.**

Figure 3.17 *Fil à plomb tronconique*

Figure 3.18 *Fil à plomb cylindrique*

• Moyens disponibles

Ces opérations se feront à l'aide :

» d'une règle,

» d'un fil à plomb tronconique,

» d'un niveau à bulle.

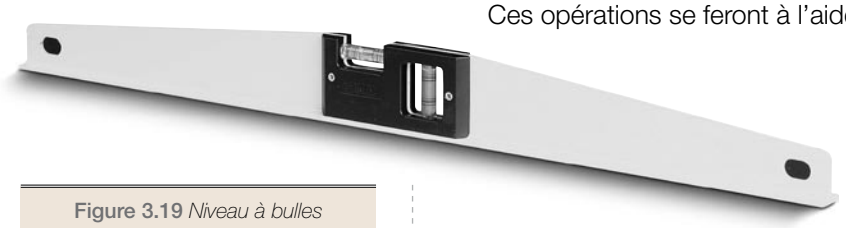


Figure 3.19 *Niveau à bulles*

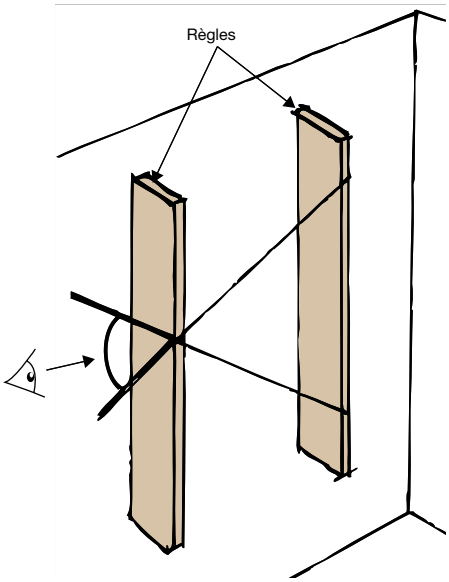


Figure 3.20 *Relevé de l'aplomb à l'aide de deux règles*

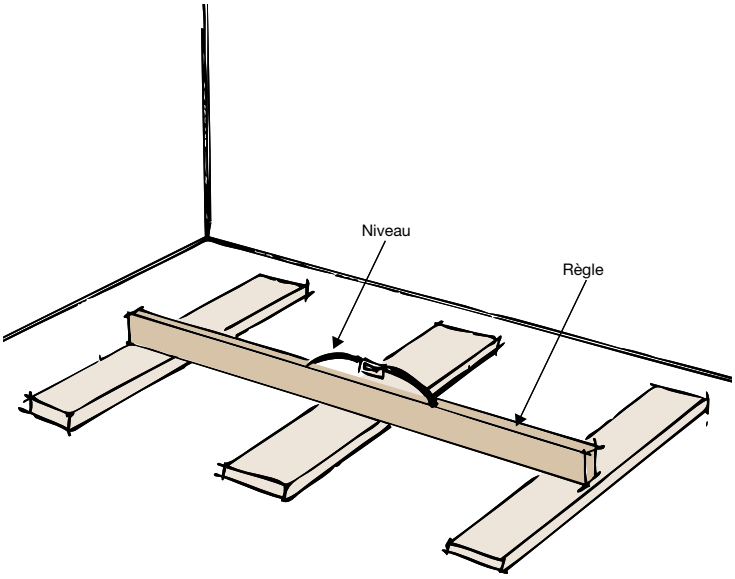


Figure 3.21 *Relevé de niveau à l'aide d'une règle*

3.5 Relevés divers

Afin de parfaire le relevé de mesures, il ne faut pas oublier de noter les informations suivantes :

- s'assurer, par un sondage, de la nature et de l'état des murs, plafond et sol,
- vérifier la fonction et l'utilité des tuyaux,
- vérifier l'installation électrique,
- relever les dimensions des cages d'escalier et des portes d'entrée (pour prévoir le passage des ouvrages),
- s'assurer de la largeur de trottoir, dans le cas d'une devanture de magasin,
- se renseigner sur :
  - les servitudes du voisinage,
  - les règles d'urbanisme (problème des monuments historiques).

Enfin, il est bon de compléter son relevé de mesures par une série de photos permettant d'appréhender les formes, les caractéristiques du local et les éléments problématiques du chantier.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Ce qu'il faut retenir

Prises de mesures générales d'une pièce ou d'un local

Il est nécessaire de relever :

- les emplacements et les dimensions des ouvrages et des éléments inamovibles,
- les hauteurs et les positions verticales des ouvrages et des éléments inamovibles,
- le sens d'ouverture des portes,
- la longueur totale des pans de murs,
- l'épaisseur des murs,
- les Hauteurs sous plafond (HSP),
- la position des ouvrages et des éléments inamovibles par triangulation.

Relevé entre deux plans horizontaux

La prise de mesures entre deux plans horizontaux peut s'effectuer soit à l'aide d'une pige, soit à l'aide du trait de niveau.

Relevé entre deux plans verticaux

La prise de mesure entre deux plans verticaux s'effectue à l'aide d'un mètre ruban, d'un décamètre ou d'un télémètre à 1,20 m au dessus du sol.

Relevé d'une baie

Il faut relever la largeur et la hauteur nominale de baie, et relever la position verticale de cette baie à l'aide du trait de niveau.

Relevé d'angles

Le relevé d'un angle peut s'effectuer à partir de trois méthodes différentes :

- à l'aide d'une fausse équerre,
- par triangulation,
- à l'aide d'un gabarit constitué de par des tasseaux.

Relevé de pentes

Les pentes seront relevées en mesurant leurs longueurs et leurs hauteurs. Ces opérations s'effectuent à l'aide d'une règle, d'un niveau et d'un fil à plomb.

Relevé de formes

Le relevé des formes peut s'effectuer à partir de trois méthodes différentes :

- en mesurant le diamètre et le rayon de l'arc plein cintre,
- en réalisant un gabarit de la forme, à l'aide d'un contreplaqué ou d'un carton,
- en divisant la forme en un certain nombre de points.

Relevé des niveaux et de l'aplomb

Il est nécessaire de contrôler dans les pièces ou les locaux les deux plans sur lesquels seront réglés les ouvrages. Sur le plan horizontal (le sol), on contrôle le niveau et sur le plan vertical (le mur), on contrôle l'aplomb.

Relevés divers

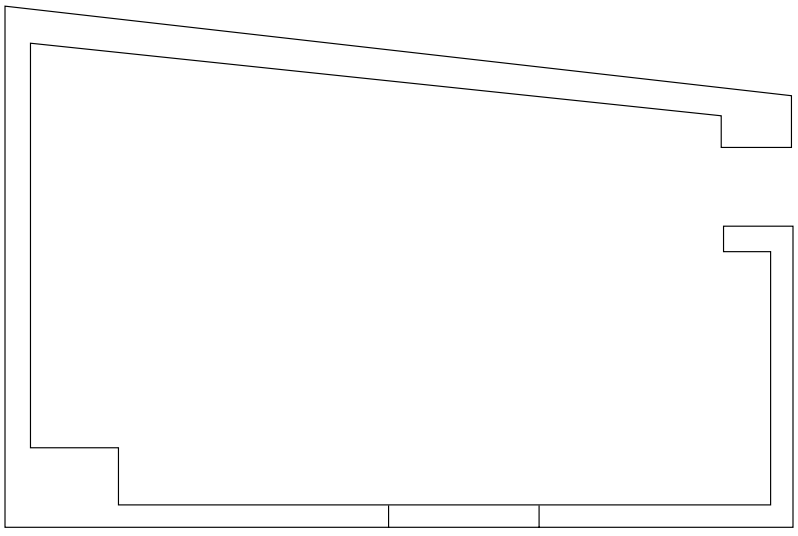
Il est nécessaire :

- » d'effectuer un sondage des murs, plafonds et sol,
- » de vérifier la fonction et l'utilité des tuyaux,
- » de vérifier l'installation électrique,
- » de relever les dimensions des cages d'escalier et des portes d'entrée,
- » de s'assurer de la largeur de trottoir,
- » de se renseigner sur les servitudes du voisinage et les règles d'urbanisme.

Testez vos connaissances

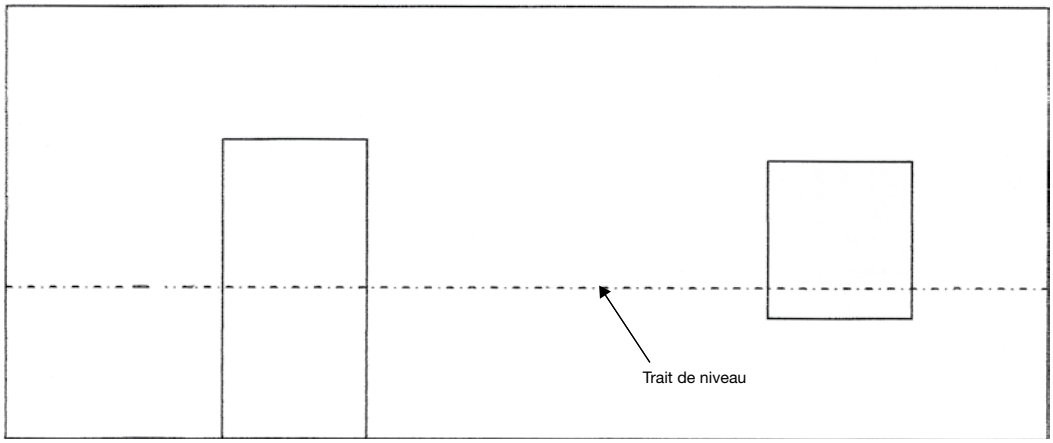
1. Proposez une méthode pour relever l'angle d'une pièce et une méthode pour relever une forme arrondie (dessinez vos solutions sur les schémas ci-dessous) :

2. Indiquez sur l'implantation de la pièce, ci-dessous, les cotes à relever :



© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

3. Indiquez sur l'élévation de la pièce, ci-dessous, les cotes à relever à l'aide du trait de niveau :



4. Quelle est la référence du trait de niveau :

•

5. À quelle distance se situe le trait de niveau par rapport à sa référence :

•

Les tracés de chantier

chapitre 4

Le tracé de l'implantation du local est la première étape de la pose des ouvrages. Le menuisier doit matérialiser au sol, sur les murs et au plafond la position des cloisons, des huisseries, des faux plafonds avant de pouvoir poser ces éléments. Il convient aussi d'établir le trait de niveau qui servira à positionner en hauteur les différents ouvrages.

4.1 Distribution et implantation

La distribution

Fonction : la distribution consiste à fractionner un espace en différents volumes à l'aide de parois verticales et/ou horizontales, portantes ou non, afin d'isoler les zones de travail, de circulation, de repos, etc.

La distribution doit tenir compte du type de local (d'habitation, d'activité), du type de construction, de la superficie du local, de la réglementation (local privé, local recevant du public) et des moyens financiers. **La distribution est conçue par le client et l'architecte**.

L'implantation

Fonction : l'implantation matérialise concrètement la distribution du local par des tracés au sol, sur les murs et sur les plafonds. Elle est effectuée par le menuisier lorsque le local est « hors d'eau » (couverture posée).

Le tracé d'implantation est la première phase du travail de pose. Ces tracés doivent être réalisés avec précision, soin et en respectant les plans de l'architecte.

4.2 Le tracé d'implantation

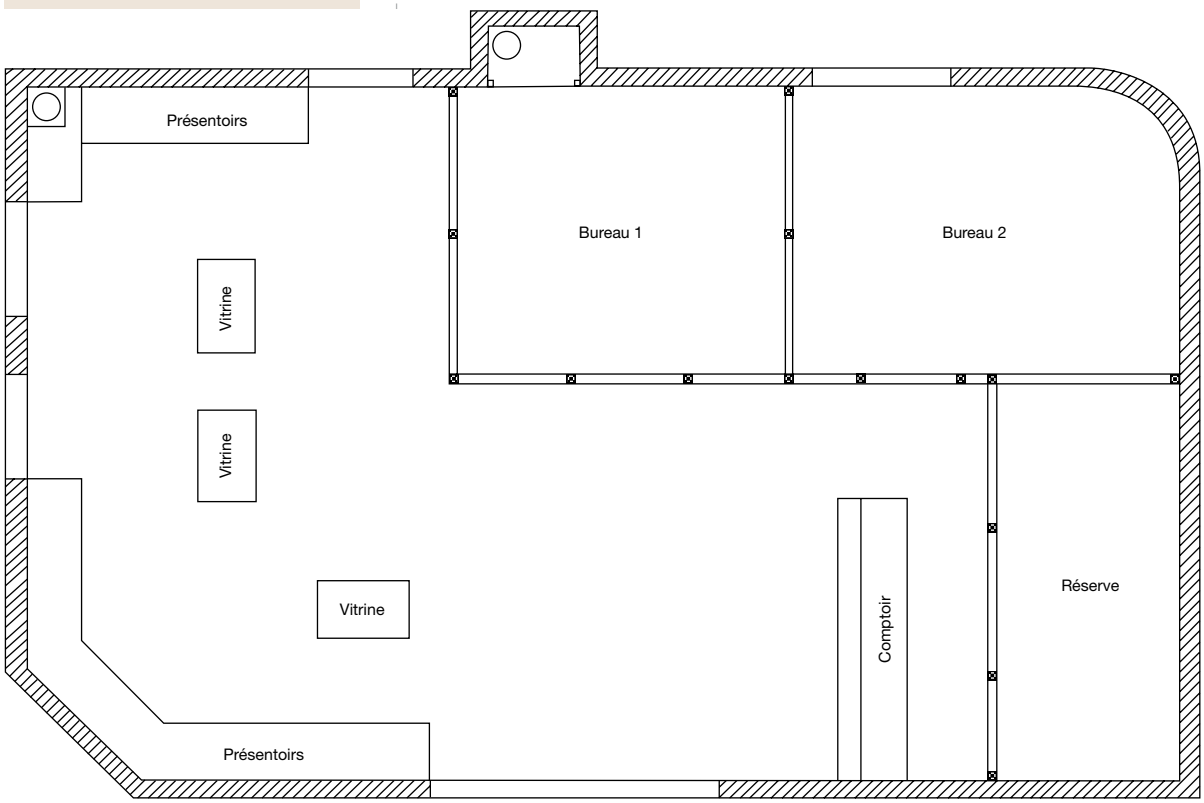
Ce tracé concerne l'implantation :

- des cloisons,
- des poteaux,
- des huisseries et placards.

Remarque

Pour expliquer les différents tracés d'implantation, nous prendrons comme exemple le local qui nous a servis de référence pour le relevé de mesures. Nous avons créé une distribution de ce local afin de pouvoir étayer nos propos par des exemples concrets.

Figure 4.1 *Distribution du local*



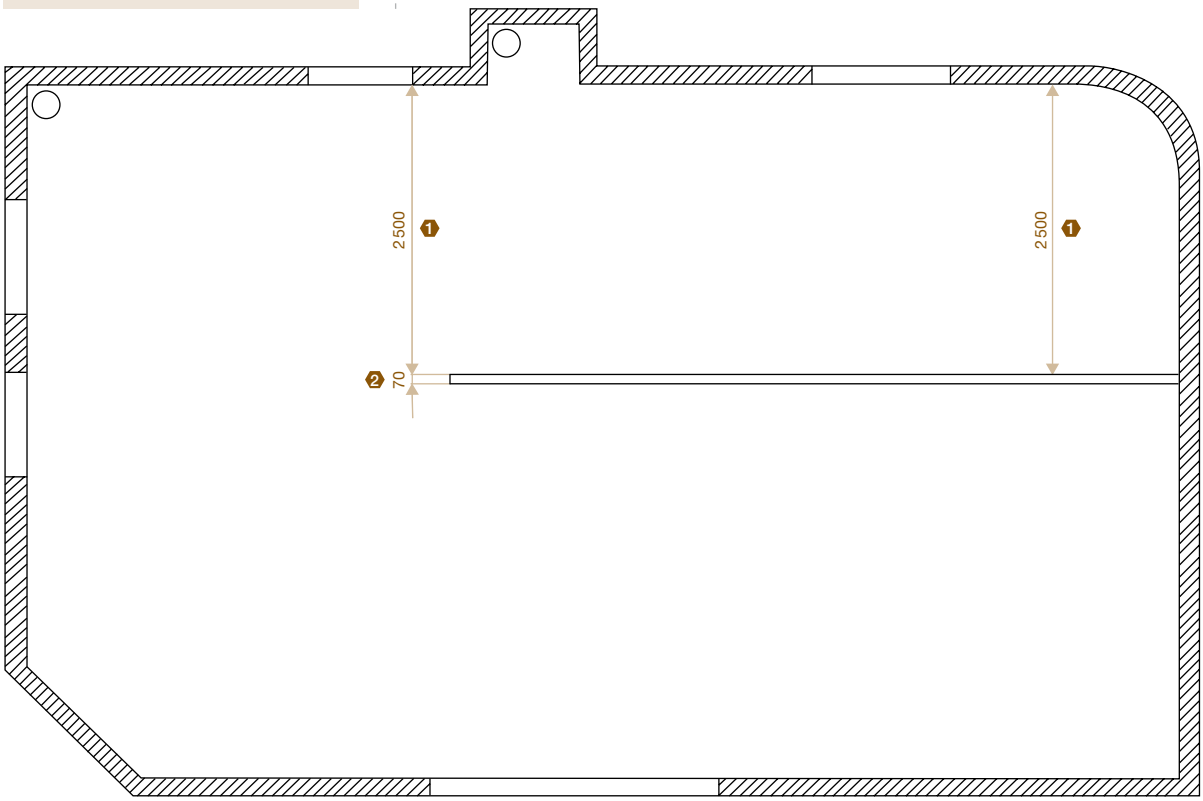
Traçage d'une cloison

• Méthode

❶ Tracer la position de la cloison par rapport à un mur de référence.

❷ Tracer l'épaisseur de la cloison.

Figure 4.2



Remarque

Les cloisons sont toujours représentées, sur le sol, par deux traits parallèles qui indiquent leur épaisseur. L'épaisseur est aussi indiquée sur les murs et sur les plafonds.

Figure 4.3 *Cordeau de traçage*

• Moyens disponibles

Cette opération se fera à l'aide :

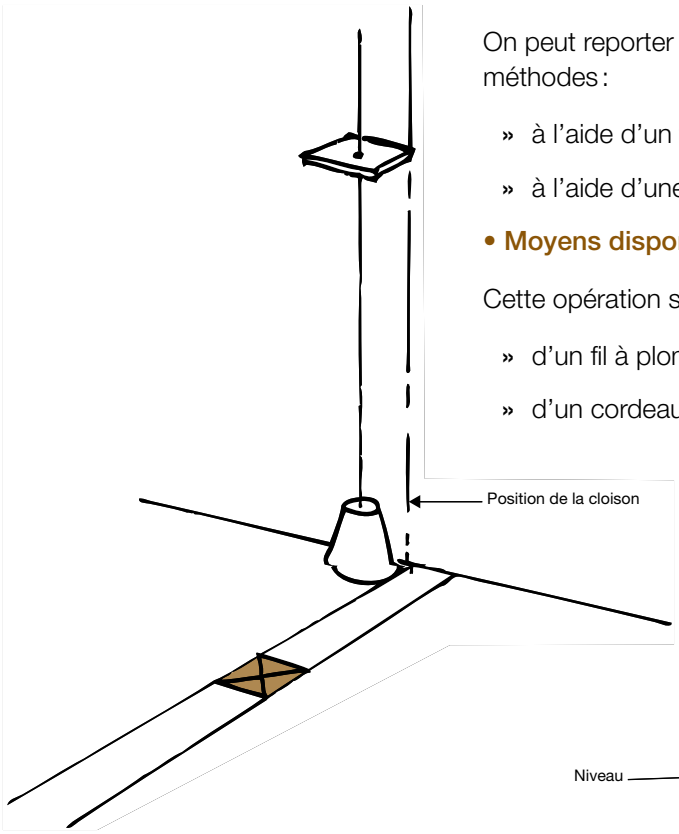
» d'un mètre ruban/d'un décamètre,

» d'un cordeau enrobé de poudre de couleur.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Traçage des cloisons sur les murs

Figure 4.4 *Traçage des cloisons à l'aide du fil à plomb*



• Méthodes

On peut reporter la position des cloisons suivant deux méthodes :

» à l'aide d'un fil à plomb cylindrique,

» à l'aide d'une règle et d'un niveau.

• Moyens disponibles

Cette opération se fera à l'aide :

» d'un fil à plomb cylindrique,

» d'un cordeau enrobé de poudre de couleur,

» d'une règle,

» d'un niveau à bulle.

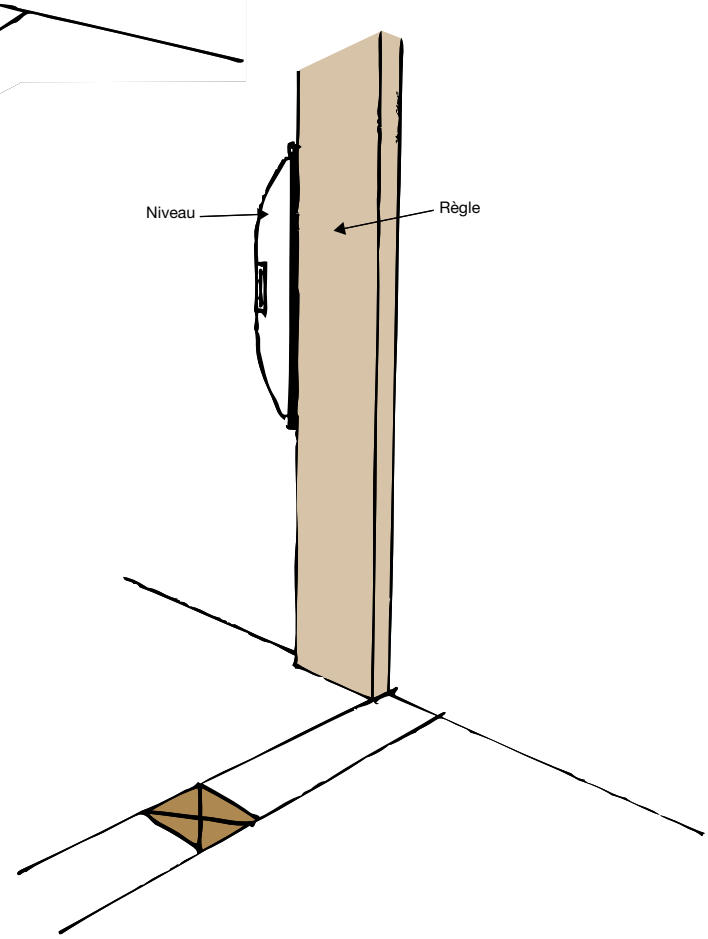
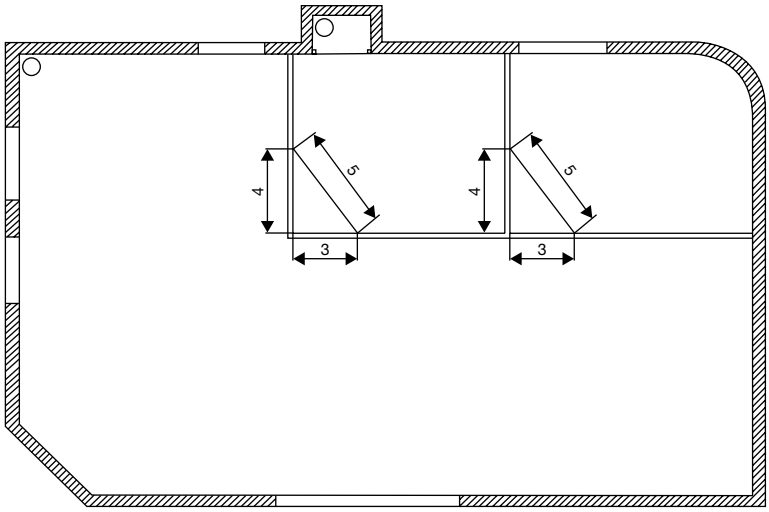


Figure 4.5 *Traçage des cloisons à l'aide d'une règle et d'un niveau*

Traçage d'une cloison à angle droit

Lorsque le menuisier souhaite tracer au sol une cloison perpendiculaire à une autre, il utilise la méthode 3-4-5.

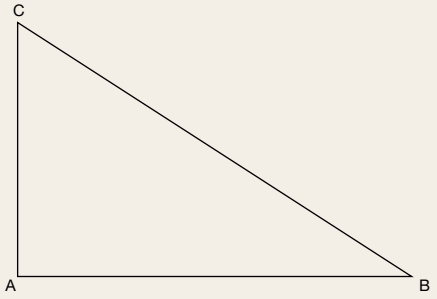
Figure 4.6



Pourquoi 3-4-5 ?

Ces nombres découlent du théorème de Phytagore :
Soit ABC un triangle rectangle en A.
$BC^2 = AB^2 + AC^2$
Application avec les nombres 3, 4 et 5 : $5^2 = 3^2 + 4^2$
D'autre part, on peut utiliser des multiples de ces nombres pour effectuer les tracés.
Exemples :

Base	**3**	**4**	**5**
× 5	15	20	25
× 10	30	40	50
× 20	60	80	100
× 30	90	120	150



Ces nombres n'ont aucune unité de mesure, ils peuvent correspondre à des centimètres, ou des mètres. Par contre, si on utilise comme base le centimètre, toutes les valeurs seront en centimètres.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

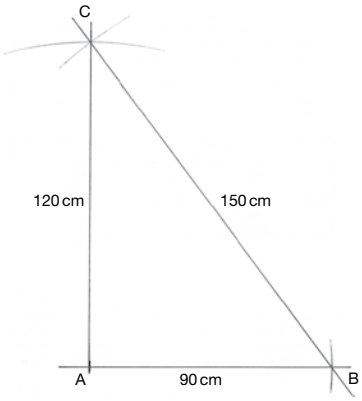


Figure 4.7 *Traçage d'un angle droit*

• Application

❶ On choisit les mesures 90 cm, 120 cm et 150 cm (multiples de 3-4-5).

❷ On trace à partir du départ de l'angle (point A) un repère à 90 cm (point B) sur la cloison déjà tracée.

❸ On trace à partir de A, à l'aide d'un compas à verge, un arc 120 cm.

❹ On trace à partir de B, à l'aide du compas à verges, un arc de 150 cm.

❺ À l'intersection des deux arcs, on obtient le point C.

❻ On relie AC et on obtient une droite perpendiculaire (angle à 90°) à la première cloison.

❼ On trace l'épaisseur de la cloison.

Remarque

On peut utiliser, sur un chantier, à la place d'un compas à verges, 2 mètres à ruban ou un crayon relié à une corde (compas de fortune).

• Moyens disponibles

Cette opération se fera à l'aide :

» d'un compas à verge,

» d'un mètre ruban,

» d'un cordeau enrobé de poudre de couleur.

Traçage des poteaux

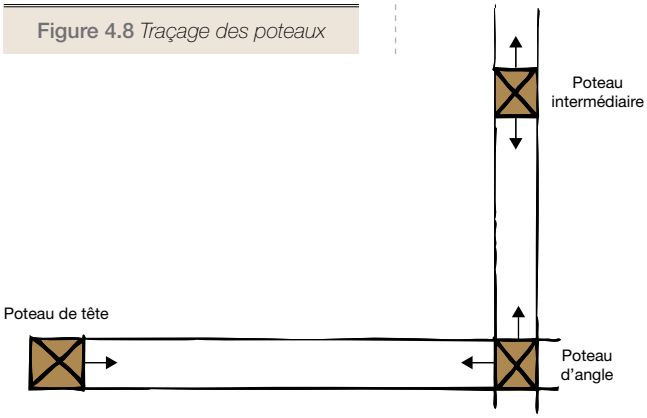


Figure 4.8 *Traçage des poteaux*

• Principe

On repère, sur les cloisons, les poteaux :

» de tête, qui se situent aux extrémités des cloisons,

» d'angle, qui permettent de raccorder deux cloisons perpendiculaires,

» intermédiaires, qui renforcent la rigidité des cloisons.

• Moyens disponibles

Cette opération se fera à l'aide :

» d'un crayon de menuisier ou d'un feutre de chantier,

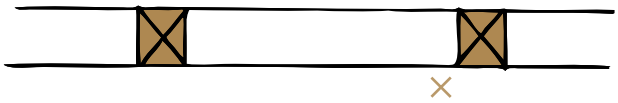
» d'un mètre ruban.

Repérage des huisseries

• Principe

Les huisseries sont repérées comme les poteaux, mais on indique, en plus, l'emplacement des paumelles à l'aide d'une croix.

Figure 4.9



4.3 Le traçage du trait de niveau

Le trait de niveau est une référence qui sert à positionner, en hauteur, les différents ouvrages ou éléments composant l'agencement du local (mobilier, croisées, portes, faux plafond, revêtement de sol, éléments de décoration, trappes de visite, etc.). Ce trait est généralement établi par le menuisier agenceur ou par le maçon. Il sert de référence pour tous les autres corps d'état et il est toujours tracé à 1 000 mm (1 m) au-dessus du sol fini.

Traçage du trait de niveau

• Méthode

❶ Rechercher le point haut du sol brut.

» Les ouvrages doivent être réglés par rapport à un plan horizontal (de niveau). **Le sol fini est ce plan horizontal**. Le trait de niveau est établi par rapport au sol fini. Il convient donc, avant de mettre en œuvre le sol fini, de contrôler la planéité du sol brut sur lequel il repose.

» **Si le sol brut n'est pas plan**, il est nécessaire de rechercher le point haut de ce sol afin de **déterminer à partir de quel point le sol fini sera mis de niveau.**

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Figure 4.10 *Lunette de visée optique*

Sol brut et sol fini

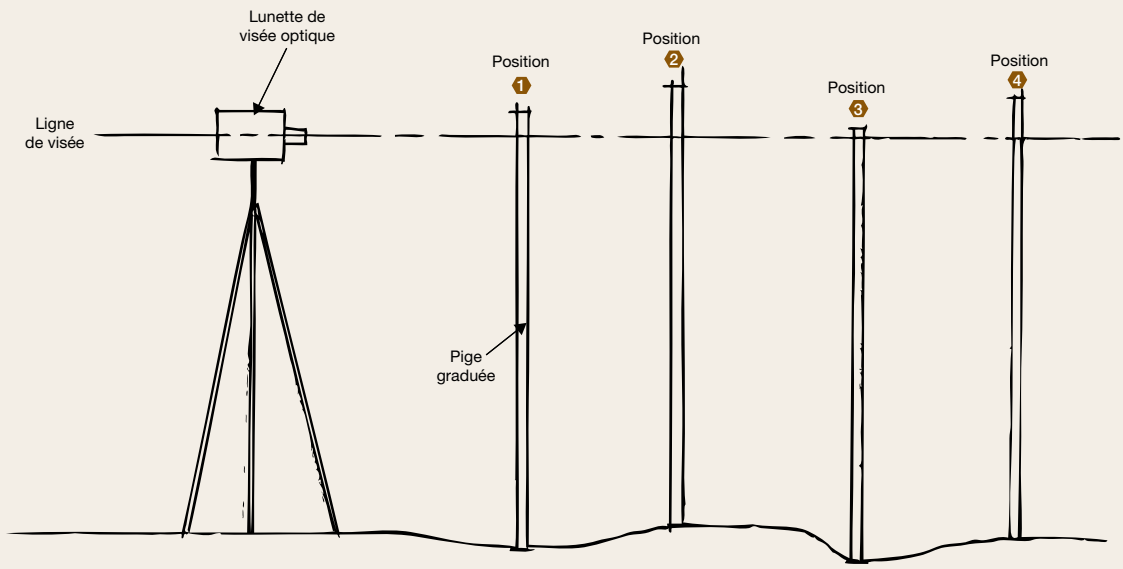
Sol brut = surface sans revêtement de sol (sol béton, plancher bois)
Sol fini = surface avec un revêtement de sol (carrelage, parquet, etc.)

» Comment rechercher **le point haut** :

1. placer une lunette de visée au centre du local,
2. régler de niveau la lunette de visée,
3. effectuer des prises de mesure sur l'ensemble de la surface, à l'aide de la lunette et d'un mètre à ruban ou d'une pige graduée,
4. noter sur le sol la hauteur mesurée (à l'emplacement de la prise de mesure),
5. comparer les mesures.

Exemple

Dans le local, nous avons relevé les quatre hauteurs suivantes :
Position ❶ : hauteur = 1 315 mm
Position ❷ : hauteur = 1 300 mm
Position ❸ : hauteur = 1 320 mm
Position ❹ : hauteur = 1 310 mm



Comme le montre le croquis, le point haut est situé au niveau de la position ❷ : **hauteur = 1 300 mm**. Le point haut se situe donc à l'endroit où la prise de mesure est la moins haute.

❷ Déterminer l'épaisseur du sol fini.

Exemple

Nous souhaitons installer un parquet contrecollé de 22 mm d'épaisseur avec une sous-couche de 5 mm d'épaisseur. L'épaisseur totale est donc de 27 mm.

❸ Déterminer la position du trait de niveau par rapport au sol brut.

Exemple

Le trait de niveau est situé à 1 000 mm au-dessus du sol fini. Dans notre exemple, l'épaisseur de notre revêtement de sol (sol fini) est de 27 mm. Notre trait de niveau doit donc être tracé à 1 027 mm par rapport au point haut du sol brut.

❹ Positionner un mètre à ruban à l'extrémité d'un pan de mur.

Nota : le zéro du mètre vers le sol.

❺ Viser le mètre à l'aide de la lunette.

Nota : la lunette ne doit avoir été ni déréglée ni déplacée de sa position de recherche du point haut.

❻ Monter ou descendre le mètre le long du mur jusqu'à obtenir la hauteur de 1 300 (**correspond au point haut dans notre exemple**).

❼ Maintenir le mètre le long du mur sans le bouger.

❽ Repérer, à l'aide du mètre, la hauteur de 1 027 (position du trait de niveau par rapport au point haut du sol brut dans notre exemple).

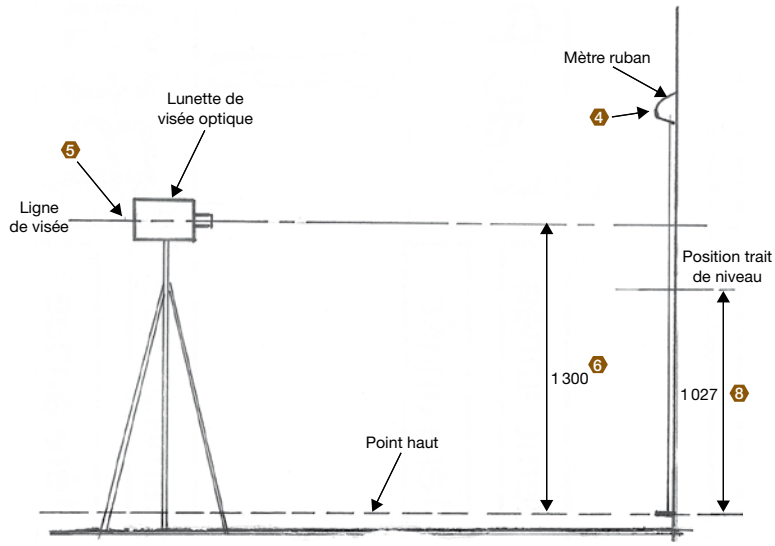
❾ Répéter les opérations ❹, ❺, ❻, ❼, ❽ à l'autre extrémité du pan de mur afin d'obtenir un autre repère.

❿ Tendre un cordeau passant par ces deux repères.

⓫ Fouetter le cordeau afin d'obtenir le trait de niveau sur le mur.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Figure 4.11



Remarque

On utilise sur les chantiers importants un appareil à faisceau de lumière laser pour repérer le trait de niveau. Cet appareil permet de projeter un faisceau laser sur le pourtour de la pièce ou du local. Pour régler l'appareil à la bonne hauteur, il suffit de positionner un seul repère du trait de niveau, suivant la méthode que nous avons vu.

• Moyens disponibles

Les opérations de traçage du trait de niveau se feront à l'aide :

» d'une lunette de visée,

» d'un mètre ruban,

» d'un cordeau enrobé de poudre de couleur,

» d'un niveau ou un appareil à faisceau de lumière laser.

Figure 4.12 *Niveau laser rotatif*

Ce qu'il faut retenir

Distribution et implantation

La distribution consiste à fractionner un espace en différents volumes à l'aide de parois verticales et/ou horizontales, portantes ou non, afin d'isoler les zones de travail, de circulation, de repos, etc.

L'implantation matérialise concrètement la distribution du local par des tracés au sol, sur les murs et sur les plafonds.

Les tracés d'implantation : méthode de traçage

❶ Tracer au sol la position de la première cloison par rapport à un mur de référence.
❷ Tracer au sol les cloisons perpendiculaires à l'aide de la méthode 3-4-5.
❸ Tracer l'épaisseur des cloisons.
❹ Reporter aux murs et au plafond la position des cloisons.
❺ Repérer la position des poteaux de tête, intermédiaires et d'angle.
❻ Repérer la position des huisseries en indiquant par une croix la position des paumelles.

Le trait de niveau : méthode de traçage

❶ Rechercher le point haut du sol brut.
❷ Déterminer l'épaisseur du sol fini.
❸ Déterminer la position du trait de niveau par rapport au sol brut.
❹ Positionner un mètre à ruban à l'extrémité d'un pan de mur.
❺ Viser le mètre à l'aide de la lunette.
❻ Monter ou descendre le mètre le long du mur jusqu'à obtenir la hauteur du point haut du sol brut.
❼ Maintenir le mètre le long du mur sans le bouger.
❽ Repérer, à l'aide du mètre, la hauteur du sol fini.
❾ Répéter les opérations ❹, ❺, ❻, ❼, ❽ à l'autre extrémité du pan de mur.
❿ Tendre un cordeau passant par ces deux repères.
⓫ Fouetter le cordeau afin d'obtenir le trait de niveau sur le pan de mur.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

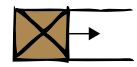
Testez vos connaissances

1. Donnez la fonction de l'implantation :

•

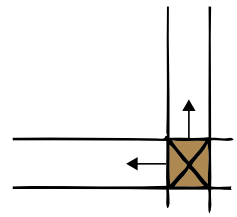
2. La figure suivante correspond à un poteau :

a ☐ *de tête*
b ☐ *intermédiaire*
c ☐ *d'angle*

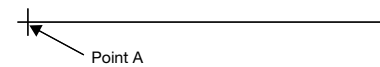


3. La figure suivante correspond à un poteau :

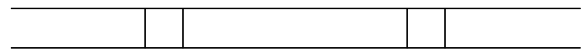
a ☐ *de tête*
b ☐ *intermédiaire*
c ☐ *d'angle*



4. Tracez ci-contre un angle droit à l'aide de la méthode 3-4-5 :



5. Tracez sur le croquis ci-dessous les repérages qui permettent d'identifier une huisserie :



6. Remettez dans l'ordre chronologique les opérations permettant de tracer le trait de niveau :

a ☐ *Déterminer l'épaisseur du sol fini.*
b ☐ *Rechercher le point haut du sol brut.*
c ☐ *Positionner un mètre à ruban à l'extrémité d'un pan de mur.*
d ☐ *Viser le mètre à l'aide de la lunette.*
e ☐ *Déterminer la position du trait de niveau par rapport au sol brut.*
f ☐ *Monter ou descendre le mètre le long du mur jusqu'à obtenir la hauteur du point haut du sol brut.*
g ☐ *Fouetter le cordeau afin d'obtenir le trait de niveau sur le pan de mur.*
h ☐ *Maintenir le mètre le long du mur sans le bouger.*
i ☐ *Répéter les opérations* ❹, ❺, ❻, ❼, ❽ *à l'autre extrémité du pan de mur.*
j ☐ *Tendre un cordeau passant par ces deux repères.*
k ☐ *Repérer, à l'aide du mètre, la hauteur du sol fini.*

La fixation des ouvrages

chapitre 5

La fixation a pour but d'assurer le maintien en position fixe d'un ouvrage ou d'une partie d'un ouvrage sur un support. Le maintien peut être définitif ou provisoire. Le choix du type de fixation dépendra du support, du type de liaison et de la sollicitation des organes de fixation.

5.1 Identification des supports

Classification des supports

En agencement, nous pouvons rencontrer divers types de supports sur lesquels viennent s'ancrer nos ouvrages. Ils se répartissent en deux grandes familles.

• Les supports constitués d'un corps plein

Dans ces supports, le matériau occupe tout le volume de la paroi ou de la cloison. C'est le cas pour :

» les parois en béton,

» les parois en béton cellulaire,

» les parois en brique,

» les cloisons en carreau de plâtre,

» les poteaux, les poutres en bois massif,

» les parois en dérivés du bois.

• Les supports constitués d'un corps creux

Dans ces supports, le matériau n'occupe pas tout le volume de la paroi ou de la cloison. Il présente des vides au sein de sa structure. C'est le cas, pour :

» les cloisons de plâtre,

» les parois ou les cloisons en parpaing,

» les cloisons en dérivés du bois,

» les cloisons en briques creuses.

Nature et épaisseur des supports

Suivant le type de support, la nature et l'épaisseur des parois peuvent être différentes.

• La nature des parois

Pour tous les types de paroi ou de cloison, on peut rencontrer :

» des parois dures de type béton ou pierre,

» des parois tendres de type plâtre, brique, béton cellulaire, etc.

• L'épaisseur des parois

Pour tous les types de parois ou de cloison, on peut rencontrer :

» des parois épaisses de type béton ou parpaing,

» des parois minces de type cloison de plâtre, briques creuses, etc.

5.2 Les types de liaison

Afin de pouvoir créer une adhérence ou un ancrage des ouvrages sur les supports, nous disposons de trois modes de liaisons.

Liaison par voie humide

La liaison ouvrage/support peut être assurée en réalisant un scellement (ancrage) ou un collage (adhérence) qui utilise un liant, tel le plâtre ou le ciment, associé à de l'eau.

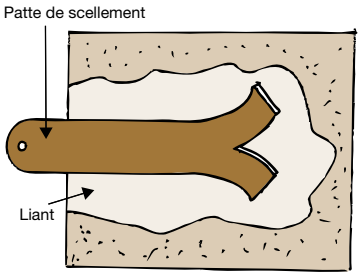


Figure 5.1 *Liaison par scellement*

» **Le scellement** se réalise en créant une cavité dans le support : c'est le cas lorsque l'on fixe l'ouvrage à l'aide de pattes de scellement.

» **Le collage** se réalise par adhérence sur le support : c'est le cas des solins de plâtre qui permettent de fixer les lambourdes au sol.

Liaison par voie sèche

La fixation par voie sèche peut s'effectuer par compression ou par expansion grâce à des organes de fixation mécanique.

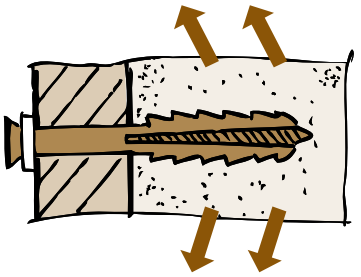


Figure 5.2 *Liaison par expansion*

» **Par compression :** L'organe de fixation pénètre de force dans le matériau, soit par un moyen de frappe (exemple : les pointes), soit à l'aide d'un filetage hélicoïdal spécial, conique, qui se ménage un emplacement dans la matière par compression de la matière (exemple : les vis).

» **Par expansion :** L'organe de fixation (cheville) est introduit dans un perçage à son diamètre. Ensuite, on introduit une vis ou un écrou à l'intérieur de l'organe. L'expansion est ainsi obtenue par le serrage ou par frappe de cette vis. Il en résulte un coincement très important de la cheville contre la paroi.

Liaison par fixation chimique

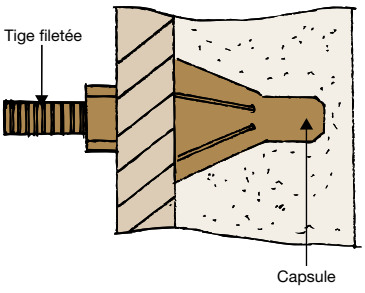


Figure 5.1 *Liaison par scellement chimique*

La liaison s'effectue à l'aide d'un liant synthétique, qui par réaction chimique, crée une adhérence au support. Cette fixation chimique peut s'effectuer par scellement ou par collage.

» **Scellement chimique :** On introduit et on injecte, dans un perçage, un liant synthétique sous forme de capsule ou de cartouche, puis on positionne une tige filetée. En durcissant, le liant crée une adhérence entre la tige filetée et le liant, et une adhérence entre le liant et le support.

» **Collage :** On applique le liant synthétique sur support, on assemble la pièce à fixer puis on maintient fermement en position la pièce. En durcissant, le liant crée une adhérence entre la pièce et le support.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

5.3 Les sollicitations des organes de fixation

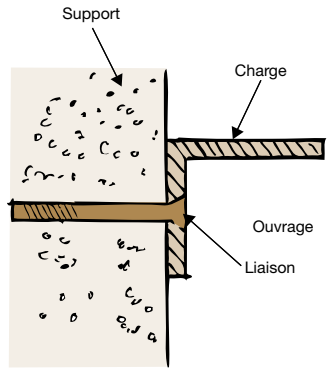


Figure 5.4

Résistance des organes de fixation

Les organes de fixation sont sollicités en fonction de la masse de l'ouvrage.

La résistance de l'organe de fixation en fonction de la masse de l'ouvrage dépendra :

- de la nature de l'organe de liaison (plastique, acier, etc.),
- du nombre de points de fixation,
- de la solidité de la paroi,
- de la position de l'ouvrage :
  - au plafond,
  - au mur,
  - au sol,
- du repos au sol ou non de la masse de l'ouvrage,
- de la mobilité ou non de l'ouvrage.

Exemples de repos au sol

Une colonne de cuisine reposant au sol et fixée en partie haute ne fera pas subir d'efforts de cisaillement à l'organe de fixation. Le poids du meuble est réparti sur le sol.
Un meuble haut de cuisine ne reposant pas au sol et fixé dans sa partie haute fera quant à lui subir des efforts de cisaillement à l'organe de fixation. Le poids du meuble est réparti sur les organes de fixation.

Exemple de mobilité

Une porte de garage suspendue crée une sollicitation sur les organes de fixation lors de sa mise en mouvement.

Les sollicitations à éviter

» **La traction (arrachement) :** l'organe de fixation qui est sollicité à cet effort est dépendant de son adhérence à la paroi.

» **Le cisaillement :** l'organe de fixation qui est sollicité à cet effort peut subir une amorce de rupture au niveau de la jonction paroi/organe.

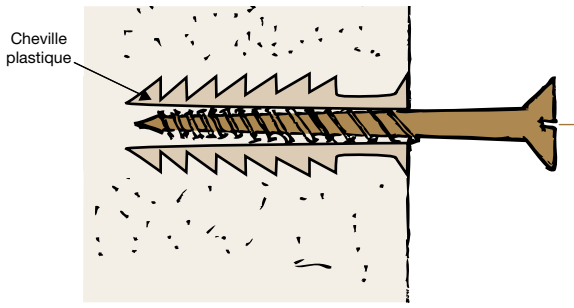


Figure 5.5 *Traction*

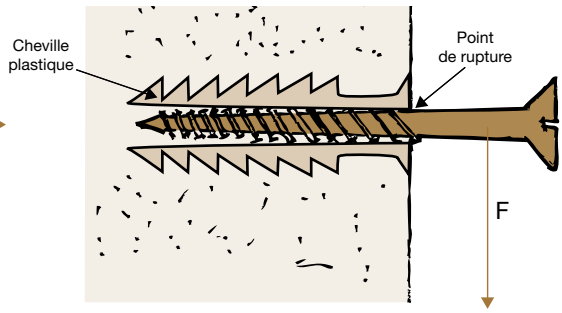


Figure 5.6 *Cisaillement*

5.4 Autres facteurs de choix

Esthétique

Le choix d'un organe de fixation pourra dépendre de la possibilité ou non de dissimuler les points de fixation. On trouve aujourd'hui, sur le marché, un certain nombre de systèmes de fixation invisibles ou des caches permettant de dissimuler ces organes.

Réglages

Certains organes de fixation offrent, en plus du maintien en position, la possibilité de régler les ouvrages de niveau, d'aplomb, latéralement ou verticalement.

Critères économiques

Le facteur économique est à prendre en compte dans le prix de l'organe lui-même mais aussi dans son type de fixation : une pose rapide et simple permet de diminuer les coûts de pose.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Ce qu'il faut retenir

Identification des supports

• Les supports constitués d'un corps plein

Dans ces supports, le matériau occupe tout le volume de la paroi ou de la cloison (parois béton, en béton cellulaire, en brique, en carreaux de plâtre, en bois massif ou en dérivés du bois).

• Les supports constitués d'un corps creux

Dans ces supports, le matériau n'occupe pas tout le volume de la paroi ou de la cloison. Il présente des vides au sein de sa structure (cloisons de plâtre, en parpaing, en dérivées du bois ou en briques creuses).

• Nature et épaisseur des parois

On peut rencontrer :

- des parois dures de type béton ou pierre,
- des parois tendres de type plâtre, brique, béton cellulaire, etc.,
- des parois épaisses du type parpaing,
- des parois minces de type cloison de plâtre, brique creuse, etc.

Types de liaison

Nous avons à notre disposition trois modes de liaison :

• Liaison par voie humide

La liaison ouvrage/support peut être assurée en réalisant un scellement (ancrage) ou un collage (adhérence) qui utilise un liant, comme le plâtre ou le ciment, associé à de l'eau.

• Liaison par voie sèche

La fixation par voie sèche peut s'effectuer par compression ou par expansion par l'intermédiaire d'organes de fixations mécaniques.

• Liaison par fixation chimique

La liaison s'effectue à l'aide d'un liant synthétique qui par réaction chimique crée une adhérence au support. Cette fixation chimique peut s'effectuer par scellement ou par collage.

Sollicitations des organes de fixation

La résistance de l'organe de fixation est **fonction de la masse de l'ouvrage.**

Cette résistance dépendra de la nature de l'organe de liaison, du nombre de points de fixation, de la solidité de la paroi, de la position de l'ouvrage (au sol, au plafond, au mur), du repos au sol ou non de la masse de l'ouvrage et de la mobilité ou non de l'ouvrage.

Deux sollicitations sont à éviter :

- la traction (arrachement),
- le cisaillement.

Autres facteurs de choix

D'autres facteurs peuvent intervenir dans le choix de l'organe de fixation. Le choix peut s'effectuer en fonction de critères esthétiques ou économiques, ou de questions de réglage.

Testez vos connaissances

1. Quels sont les deux types de support que l'on peut rencontrer :

-
-

2. Quels sont les trois modes de liaison possibles :

-
-
-

3. Quelles sont les deux sollicitations à éviter :

-

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Partie 3

Confort de l’habitat

Le confort thermique

chapitre 6

Le confort thermique dans l'habitat ou l'agencement a pour but d'améliorer l'isolation thermique et donc de limiter la consommation énergétique des bâtiments neufs ou des bâtiments rénovés.

6.1 La réglementation thermique

La Réglementation thermique 2012 (**RT 2012**) est issue du Grenelle de l'environnement[1]. Elle a pour objectif de limiter la consommation énergétique des bâtiments neufs résidentiels ou à usages professionnels (par exemple pour le secteur tertiaire).

Cet objectif reprend le niveau de performance énergétique défini par **le label BBC-Effinergie** et énoncé par la loi de mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement.

La RT 2012 vise à abaisser la consommation primaire (avant transformation et transport) des constructions neuves en passant de 150 kWh/m²/an (**RT 2005)** à 50 kWh/m²/an.

Les exigences de la RT 2012

Cette réglementation repose sur trois coefficients :

- **Le besoin bioclimatique (BBio)**

Cette exigence repose sur la limitation du besoin en énergie ($Bbio_{max}$) pour les différents composants du bâti (chauffage, refroidissement et éclairage).

1. En 2007, le Grenelle de l'environnement devait définir un calendrier et des objectifs en faveur de l'écologie, du développement et de l'aménagement durable. Entre 2008 et 2010, le parlement a voté les textes nécessaires portant sur les engagements du Grenelle de l'environnement.

• La consommation d'énergie primaire (Cep)

Cette exigence porte sur la consommation maximale (Cep_{max}) d'énergie primaire à 50 kWh/m²/an en moyenne[1]. Cinq types de consommation sont pris en compte : chauffage, production d'eau chaude, refroidissement, éclairage et auxiliaires (ventilateurs, pompes, etc.).

Le coefficient Cep_{max} est à moduler en fonction de la zone climatique, de la catégorie, de la surface moyenne, de l'altitude et des émissions de gaz à effet de serre du bâtiment.

Exemples

• Pour un logement situé en zone climatique H1a, la valeur du Cep_{max} est de 60 kWh/m²/an (voir fig. 6.1) tandis que pour un logement situé en zone climatique H3a, la valeur du Cep_{max} est de 40 kWh/m²/an.
• Pour des bureaux (tertiaire) situés en zone climatique H1a, la valeur du Cep_{max} est de 66 kWh/m²/an (voir fig. 6.2) tandis que, pour des bureaux situés en zone climatique H3a, la valeur du Cep_{max} est de 48 kWh/m²/an.

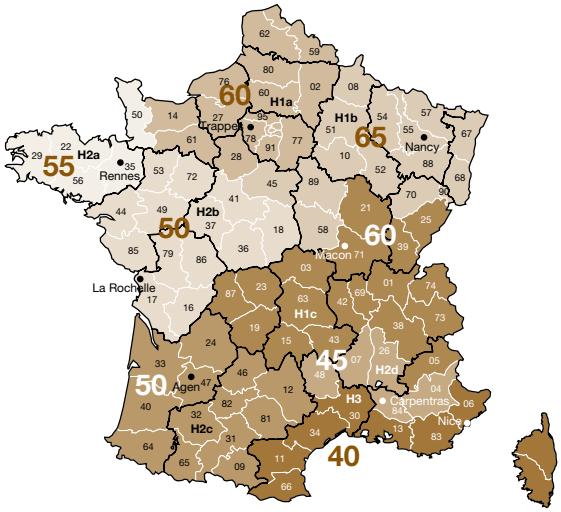


Figure 6.1 *Consommation maximale (Cep_{max}) par zone géographique pour les logements résidentiels (zones climatiques en vigueur dans la RT 2012)*

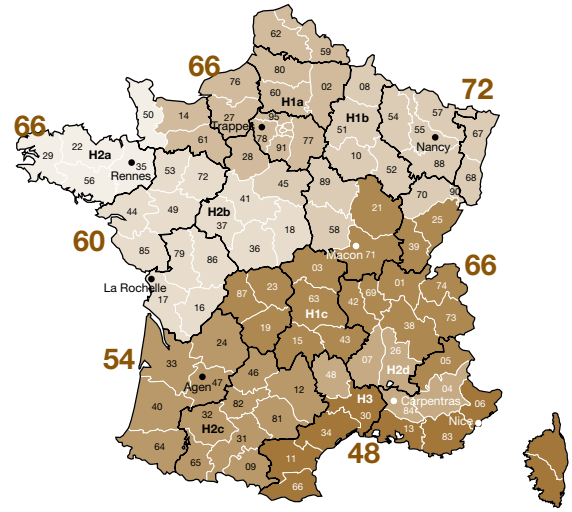


Figure 6.2 *Consommation maximale (Cep_{max}) par zone géographique pour les bureaux (zones climatiques en vigueur dans la RT 2012)*

• La température intérieure de consigne (Tic)

Cette exigence est calculée sur la température atteinte au cours d'une durée ininterrompue de 5 jours chauds. Elle doit être inférieure à une température de référence ($Tic_{réf}$).

1. Pour fournir de l'énergie à une habitation, il faut engager une quantité d'énergie supérieure incluant les pertes dues aux différentes phases de production et de distribution. Celle-ci est appelée « énergie primaire ».

Les origines des déperditions thermiques

Dans une maison isolée, selon les anciennes normes, les déperditions se répartissent de la façon suivante :

- toits : 10 % ;
- renouvellement d'air : 15 % ;
- murs : 20 % ;
- menuiseries extérieures : 15 % ;
- ponts thermiques : 20 % ;
- plancher bas : 20 %.

Quelques moyens pour limiter la consommation énergétique

• recourir aux énergies renouvelables en maison individuelle ;
• traiter les ponts thermiques ;
• mesurer ou estimer la consommation d'énergie par catégories (chauffage, production d'eau chaude, refroidissement, éclairage et auxiliaires) ;
• avoir des baies vitrées représentant au minimum 1/6 de la surface des murs ;
• orienter les baies vitrées au sud permettant une meilleure récupération de la chaleur et de la lumière en hiver ;
• installer des protections solaires pour l'été ;
• traiter la perméabilité à l'air du bâtiment.

6.2 L'isolation thermique

L'isolation thermique a pour but de limiter :

- **les consommations énergétiques** ;
- **la pollution** ;
- **les dépenses** ;

et donc de limiter les échanges de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Les échanges de chaleur

La transmission de la chaleur peut s'effectuer par :

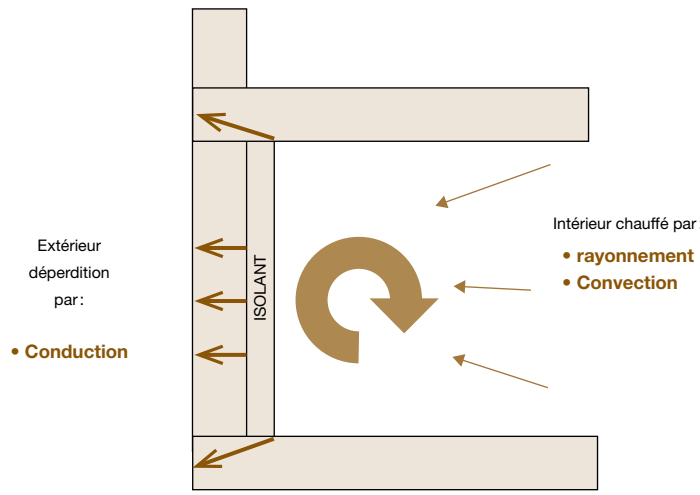
» **rayonnement :** la chaleur est transmise d'un corps à un autre sans contact. C'est la sensation de chaleur que nous ressentons, lorsque nous passons de l'ombre au soleil ;

» **conduction :** la chaleur se propage à travers un solide. Ce phénomène est lent. C'est la chaleur que nous ressentons lorsque nous saisissons le manche d'une casserole posé sur un feu ;

» **convection :** le transport de la chaleur s'effectue dans des fluides (air) par un déplacement de l'ensemble des molécules. La particule chauffée cède sa chaleur. C'est le cas de l'air chaud qui réchauffe l'air froid.

L'échange de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur des parois s'effectue **par conduction**. Par conséquent, pour améliorer l'isolation thermique, il faut diminuer la conductibilité des parois.

Figure 6.3 *Déperdition de chaleur par conduction*



La conductivité thermique des matériaux (λ)

C'est l'aptitude d'un matériau à propager la chaleur. Cette aptitude est traduite par le coefficient λ qui s'exprime en **W/m.K**.

Le coefficient λ se mesure par la quantité de chaleur, qui traverse une surface d'un mètre carré sur une épaisseur d'un mètre d'un matériau homogène, par heure avec une différence de température d'un degré entre les deux faces. Plus λ est petit, plus le matériau est isolant.

Quelques Exemples

• λ acier = 50 W/m.K
Matériau très conducteur = non isolant.
• λ béton = 1,75 W/m.K
Matériau conducteur médiocre = isolant médiocre.
•λ bois = 0,18 W/m.K
Matériau peu conducteur = bon isolant.
• λ polystyrène = 0,04 W/m.K
Matériau non conducteur = très bon isolant.

À noter : ce coefficient est fourni dans la documentation technique du matériau. On les retrouve aussi dans des tableaux récapitulant les coefficients de conductivité des matériaux.

La résistance thermique des matériaux (*R*)

C'est la résistance qu'offre un matériau au flux de chaleur. C'est l'inverse de la conductivité. Cette résistance est symbolisée par ***R*** et elle s'exprime en **m².K/W**.

Plus le λ du matériau est élevé, plus le matériau devra être épais pour isoler correctement. Inversement, plus le λ du matériau est petit, plus le matériau peut être de faible épaisseur.

Formule pour calculer la résistance thermique :

$$R = \frac{e}{\lambda} \text{ en m}^2\text{.K/W}$$

À noter : l'épaisseur de l'isolant, ***e***, est exprimée en mètres.

Quelques exemples

• La résistance thermique du béton pour une épaisseur de 200 mm :

$$R = 0{,}2/1{,}75 = 0{,}114 \text{ m}^2\text{.K/W}$$

• La résistance thermique du bois pour une épaisseur de 26 mm :

$$R = 0{,}026/0{,}18 = 0{,}144 \text{ m}^2\text{.K/W}$$

• La résistance thermique d'une plaque de polystyrène pour une épaisseur de 4,56 mm :

$$R = 0{,}00456/0{,}04 = 0{,}114 \text{ m}^2\text{.K/W}$$

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

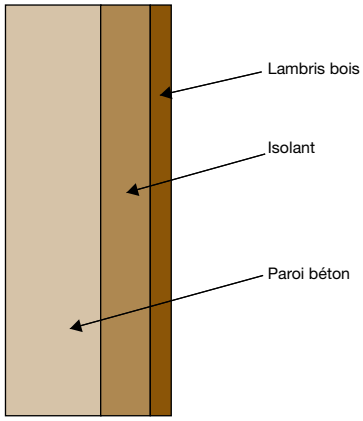


Figure 6.4 *Paroi composite*

La résistance thermique d'une paroi composite (constituée de différents matériaux) (*R*p)

La résistance thermique d'une paroi est obtenue en additionnant les résistances des différents matériaux qui la composent ainsi que les résistances superficielles internes et externes de la paroi. Cette résistance est symbolisée par R_p et elle s'exprime en **m².K/W**.

Formule pour calculer la résistance thermique d'une paroi composite :

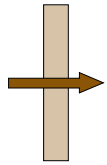
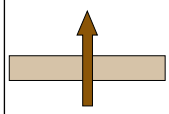
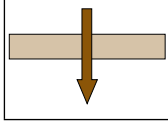
$$R_p = \text{Rsi} + \text{Rse} + \sum R \text{ en m}^2\text{.K/W}$$

Les résistances superficielles d'une paroi

Lorsque deux milieux de températures différentes sont séparés par une paroi, la chaleur chemine du chaud vers le froid en traversant cette paroi. Cette migration rencontre trois résistances différentes :

- **celle de l'air situé de part et d'autre de la paroi ;**
- **celle de la partie superficielle interne de la paroi (*Rsi*) ;**
- **celle de la partie superficielle externe de la paroi (*Rse*).**

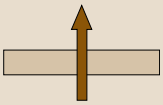
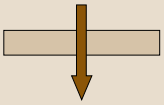
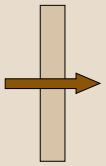
Tableau des résistances superficielles

Type de paroi	Sens du flux	Paroi en contact avec : l'extérieur, un passage ouvert, un local ouvert			Paroi en contact avec : un autre local, chauffé ou non chauffé, un comble, un vide sanitaire		
		Rsi	*Rse*	*Rsi + Rse*	*Rsi*	*Rse*	*Rsi + Rse*
	**Horizontal**	0,13	0,04	0,17	0,13	0,13	0,26
	**Ascendant (toiture)**	0,09	0,05	0,14	0,09	0,09	0,18
	**Descendant (plancher)**	0,17	0,04	0,21	0,17	0,17	0,34

La résistance thermique des lames d'air non ventilées

L'air non ventilé est un bon isolant et contribue aux performances thermiques globales. On détermine sa résistance thermique selon son épaisseur et selon le sens du flux de chaleur.

Quelques exemples

Épaisseur de la lame d'air (mm)	Flux ascendant 	Flux descendant 	Flux horizontal 
5	0,11	0,11	0,11
10	0,15	0,15	0,15
15	0,16	0,17	0,17
25	0,16	0,19	0,18
50	0,16	0,21	0,18
100	0,16	0,22	0,18

Le coefficient de transmission surfacique (*U*)

Ce coefficient ***U*** (**anciennement *K***) exprime la quantité de chaleur qui traverse une paroi de 1 m² de surface, d'un milieu chaud vers un milieu froid, pour une différence de température de 1 °C entre ces deux milieux, pendant une heure.

Formule pour calculer le coefficient de transmission surfacique :

$$U = \frac{1}{R} \text{ en W/ m}^2\text{.K}$$

Ce coefficient caractérise le pouvoir isolant d'une paroi. Il correspond à l'inverse de la résistance thermique de la paroi. Plus *U* est faible, plus la paroi est performante.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Calcul du coefficient *U*

Nous prendrons comme exemple une paroi en contact avec l'extérieur et composée :

- d'un enduit ciment (mortier) : épaisseur 15 mm ; λ = 1,15 W/m.K ;
- de béton de laitier : épaisseur 200 mm : λ = 0,52 W/m.K ;
- de laine de verre : épaisseur 85 mm : λ = 0,035 W/m.K ;
- d'une plaque de plâtre : épaisseur 13 mm : λ = 0,35 W/m.K ;
- d'une lame d'air non ventilé de 25 mm ; flux horizontal ;
- d'un lambris composé de panneau de fibre de bois « dur » ; épaisseur 19 mm ; λ = 0,20 W/m.K.

Calcul du coefficient *U* du mur :

	Épaisseur en m	**Conductivité thermique λ en W/ m.K**	**Résistance thermique *R* en m².K/W**
Résistances superficielles			*Rsi* + *Rse* = 0,17
Enduit ciment (mortier)	0,015	1,15	(0,015/1,15)= 0,013
Béton cellulaire	0,20	0,52	0,385
Laine de verre	0,085	0,035	2,43
Plaque de plâtre	0,013	0,35	0,037
Lame d'air	0,025		0,18
Panneau de fibre de bois « dur »	0,019	0,20	0,095
Résistance thermique de la paroi R_p			**3,31**
Coefficient *U* du mur en W/ m².K			(1/3,31) = **0,30**

Ce qu'il faut retenir

La réglementation thermique

La RT 2012 est issue du Grenelle de l'environnement. Elle est déterminée par trois facteurs :

- le besoin bioclimatique (*BBio*) : il est limité par le besoin maximal en énergie ($Bbio_{max}$) pour les différents composants du bâti ;
- la consommation (*Cep*) : elle ne doit pas dépasser la consommation maximale (Cep_{max}) d'énergie primaire à 50 kWh/m²/an en moyenne. Elle est à moduler en fonction de la zone climatique, de la catégorie, de la surface moyenne, de l'altitude et des émissions de gaz à effet de serres du bâtiment ;
- la température intérieure de consigne (*Tic*) : elle est calculée par rapport à la température atteinte au cours d'une durée ininterrompue de cinq jours chauds. Elle doit être inférieure à une température de référence ($Tic_{réf}$).

L'isolation thermique

Elle à pour but de limiter les échanges de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment.

Les échanges de chaleur

La transmission de la chaleur peut s'effectuer par rayonnement, par conduction ou par convection. L'échange de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur des parois (murs, planchers, toitures) s'effectue par conduction.

Conductivité thermique des matériaux (λ) :

C'est l'aptitude d'un matériau à propager la chaleur. Elle est traduite par le coefficient λ qui s'exprime en W/m.K.

Résistance thermique des matériaux (R) :

C'est la résistance qu'offre un matériau au flux de chaleur. Symbolisée par *R*, elle s'exprime en m².K/W.

La formule :

- $R = \frac{e}{\lambda}$ en m².K/W

Résistance thermique d'une paroi composite (R_p) :

La résistance thermique d'une paroi est obtenue en additionnant les résistances des différents matériaux qui la composent ainsi que les résistances superficielles internes et externes de la paroi. Symbolisée par R_p, elle s'exprime en m².K/W.

La formule :

- R_p = Rsi + Rse + $\sum R$ en m².°C/W

Coefficient de transmission surfacique (*U*) :

Ce coefficient *U* (anciennement *K*) exprime la quantité de chaleur qui traverse une paroi. Il caractérise le pouvoir isolant d'une paroi. Plus *U* est faible, plus la paroi est performante.

La formule :

- $U = \frac{1}{R}$ en W/ m².K

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Testez vos connaissances

1. Nommez les trois exigences sur lesquelles repose la réglementation thermique 2012 (RT 2012) :

•
•
•

2. À l'aide la figure 6.2, indiquez la valeur du Cep_{max} pour les trois départements suivants : Gironde (33) ; Eure (27) ; Var (83) :

•
•
•

3. Les échanges de chaleur au niveau d'une paroi s'effectuent :

•
•
•

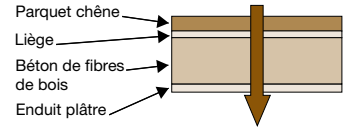
4. Calculez le coefficient de transmission surfacique (***U***) d'un plancher en contact avec un local chauffé. Le flux de chaleur est descendant. Ce plancher est constitué :

• d'un parquet flottant massif chêne : épaisseur 20 mm. λ = 0,23 W/m.K ;

• d'une sous-couche en liège : épaisseur 5 mm ; λ = 0,043 W/m.K ;

• de béton de fibres de bois : épaisseur 150 mm ; λ = 0,16 W/m.K ;

• d'un enduit plâtre : épaisseur 10 mm ; λ = 0,35 W/m.K.



	Épaisseur en m	Conductivité thermique λ en W/ m.K	Résistance thermique R en m².K/W
Résistances superficielles			*Rsi + Rse =*
Parquet chêne			
Sous-couche liège			
Béton de fibres de bois			
Enduit plâtre			
Résistance thermique de la paroi R_p			
Coefficient *U* du mur en W/ m².K			

Le confort acoustique

chapitre 7

L'isolation acoustique a pour but d'isoler un bâtiment vis-à-vis des bruits extérieurs, afin de diminuer leur transmission entre l'extérieur et l'intérieur et de limiter leur propagation d'une pièce à l'autre. Elle vise aussi à diminuer le rayonnement des bruits de chocs dans les parois et à lutter contre les ponts phoniques.

La correction acoustique a pour but d'augmenter la qualité acoustique d'un local en maîtrisant à la fois la réverbération des sons émis et la propagation sonore à l'intérieur d'une pièce.

7.1 La réglementation acoustique

La dernière réglementation acoustique a été faite en 1999. la **NRA** (nouvelle réglementation acoustique), arrivée en 1994, s'adapte aux normes européennes pour les nouveaux bâtiments d'habitation. **Les arrêtés du 25 avril 2003** ont permis aux hôtels, bâtiments d'enseignement et de santé d'entrer dans le champ de la réglementation acoustique.

Actuellement ne rentrent pas dans le champ de la réglementation acoustique les locaux de la petite enfance (crèches…), du paramédical (les maisons de retraite, les centres d'accueil sociaux…) et sportifs.

Manque aussi les locaux tertiaires (bureaux) où l'on trouve de nombreuses nuisances sonores générant un environnement bruyant et stressant. Néanmoins, depuis fin 2006, les maîtres d'œuvre disposent d'une norme Afnor (**NF S 31 080**) et un référentiel de certification NF Bâtiments tertiaire démarche HQE® (haute qualité environnementale) qui évoque également les « performances acoustiques ».

La réglementation acoustique s'appuie aussi sur les textes de la **loi sur le bruit du 31 décembre 1992** relative à la lutte contre le bruit.

Résumé des exigences en matière d'isolation au 1er janvier 2000

Les exigences minimales, **mesurées sur site**, portent sur :

• L'isolement aux bruits extérieurs

De $D_{nT,A,tr} \geq 30$ dB à $D_{nT,A,tr} \geq 45$ dB, en fonction de la catégorie du bâtiment. Suivant le niveau sonore engendré par les bruits environnants, les bâtiments sont classés selon cinq catégories (voir tableau ci-dessous).

Catégorie	Niveau sonore environnant	Isolation minimum en façade
1	+ de 81 dB	45 dB
2	entre 76 et 81 dB	42 dB
3	entre 70 et 76 dB	38 dB
4	entre 65 et 70 dB	35 dB
5	entre 60 et 65 dB	30 dB

• L'isolement aux bruits intérieurs

$D_{nT,A} \geq 53$, 55 dB ou 58 dB selon la nature des pièces.

• Les bruits de choc reçus

$L_{nT,w} \leq 58$ dB.

Les indices des bruits aériens et des bruits de chocs

C représente les bruits environnants (anciennement appelé « bruits roses »).

$\boldsymbol{C_{tr}}$ représente les bruits du trafic routier environnant (anciennement appelés « bruits route »).

Les indices mesurés en laboratoire

$\boldsymbol{R_w}$ est l'indice d'affaiblissement acoustique **pondéré**[1] qui permet de déterminer la performance acoustique d'un produit ou d'une paroi (système constructif) en l'absence de transmission latérale. Cet indice s'exprime en dB sous la forme : **Rw (C ; Ctr).**

$\boldsymbol{R_A}$ (anciennement R_{rose}) est l'indice d'affaiblissement aux bruits aériens entre locaux séparés à l'intérieur du bâtiment. Cet indice s'exprime en dB sous la forme : $\boldsymbol{R_A = R_W + C}$

$\boldsymbol{R_{A,tr}}$ (anciennement R_{route}) est l'indice d'affaiblissement aux bruits aériens extérieurs. Cet indice s'exprime en dB sous la forme : $\boldsymbol{R_{A,tr} = R_W + C_{tr.}}$

Pour obtenir une bonne performance d'isolation, il est nécessaire que la valeur de ces trois indices (*R*) soit la plus élevée.

Exemple :

En laboratoire est mesuré l'indice d'affaiblissement d'une paroi (système constructif) composée d'un parpaing creux de 150 mm + d'un isolant de 80 mm + d'une plaque de plâtre de 13 mm.

Le résultat donne : $\boldsymbol{R_w (C ; C_{tr})}$ = 74 (-3, -7)

On trouve donc : $\boldsymbol{R_A = R_W + C}$ = 74 - 3 = 71 dB

$\boldsymbol{R_{A,tr} = R_W + C_{tr}}$ = 74 - 7 = 67 dB

Conclusion : les résultats font apparaître que cette paroi, en théorie, répondrait aux normes d'isolation aux bruits extérieurs pour les bâtiments allant de la 1re à la 5e catégorie et aux normes d'isolation aux bruits intérieurs.

Les indices mesurés sur site

$\boldsymbol{D_{nT,w}}$ est l'indice d'isolement acoustique standardisé **pondéré** aux bruits aériens. Il prend en compte les transmissions directes et les transmissions latérales. Cet indice s'exprime en dB sous la forme : $\boldsymbol{D_{nT,w} (C ; C_{tr})}$.

$\boldsymbol{D_{nT,A}}$ (anciennement D_{nAT}) est l'indice d'isolement aux bruits aériens entre locaux séparés intérieurs. Cet indice s'exprime en dB sous la forme : $\boldsymbol{D_{nT,A} = D_{nT,w} + C}$.

$\boldsymbol{D_{nT,A,tr}}$ (anciennement D_{nAT}) est l'indice d'isolement aux bruits aériens extérieurs. Cet indice s'exprime en dB sous la forme : $\boldsymbol{D_{nT,A,tr} = D_{nT,w} + C_{tr}}$

Pour obtenir une bonne performance d'isolation, il est nécessaire que la valeur de ces trois indices soit la plus élevée.

$L_{nT,w}$ (anciennement L_{nAT}) est le niveau de bruit émis par les bruits de chocs. Il tient compte des transmissions latérales. Plus l'indice est faible, plus le local est isolé des bruits de chocs.

1. Cette indice est affecté d'un coefficient de pondération, c'est-à-dire qu'il faudra retrancher ou additionner à cet indice le coefficient de pondération *C* ou C_{tr} en fonction de sa localisation (cette paroi est-elle soumise aux bruits aériens entre locaux ou aux bruits aériens extérieurs ?).

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

7.2 Le son

Le son est une sensation auditive engendrée par une onde acoustique. Il est dû à la vibration de l'air (pression) se déplaçant à une vitesse de **340 m/s**.

La propagation du son

On distingue deux modes essentiels de transmissions : par voie aérienne, et par voie matérielle.

• Par voie aérienne (transmission directe)

» **Directement de la source sonore sur l'oreille**

Exemples

• Bruits aériens extérieurs : provenant du trafic routier, ferroviaire, aérien (situés dans les fréquences graves, ils sont appelés « bruits route »).
• Bruits aériens intérieurs : provenant des voix, radios, TV, hifi (situés sur toutes les fréquences et d'un niveau sonore constant, ils sont appelés « bruits roses »).

» **Par réverbération (écho) :** c'est la prolongation du bruit, après l'arrêt de l'émission de la source, dans une pièce dont les parois réfléchissent bien les sons.

Elle varie suivant les conditions météorologiques :

» le sens et la force du vent. Le vent « emporte » le son, ce qui augmente sa portée. Et dans le sens inverse au vent, il peut réduire sa puissance ;

» la température de l'air. L'air froid est plus dense et propage d'avantage le son.

Le trajet de l'onde sonore est omnidirectionnel. Une partie :

» se réfléchit sur l'obstacle ;

» est absorbée par l'obstacle et se propage dans celui-ci ;

» traverse l'obstacle.

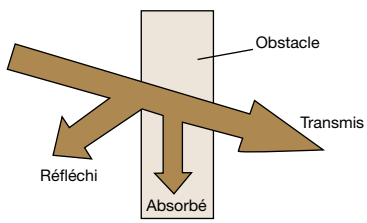


Figure 7.1 *Propagation par voie aérienne*

• Par voie matérielle (transmission solidienne)

L'origine de la vibration sonore est généralement due à des chocs ou impacts produits sur les parois ou sur les objets qui se trouvent en contact avec celle-ci.

Exemples

• **Bruits d'impacts :** provenant de chocs ou de vibrations dus aux déplacements de personnes, chutes d'objets, etc.
• **Bruits d'équipements :** produit par les ascenseurs, robinetteries, chaudières, VMC, conditionnement d'air, volets roulants…

À noter : les vibrations par voies matérielles se propagent plus vite que par voie aérienne.

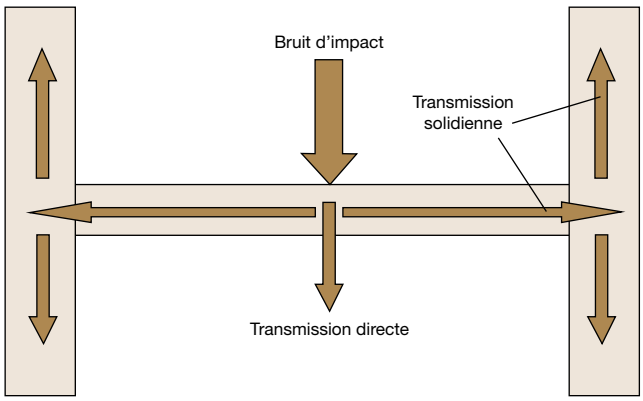


Figure 7.2 *Propagation par voie matérielle*

Le niveau sonore

L'intensité d'un **bruit** (ou d'un son) se manifeste par le niveau sonore sur une échelle de référence : de 10 à 130 décibels (dB). Les sources de **bruits** de natures différentes entraînent des perceptions allant du calme (10 à 20 dB) à la douleur (au-dessus de 120 dB).

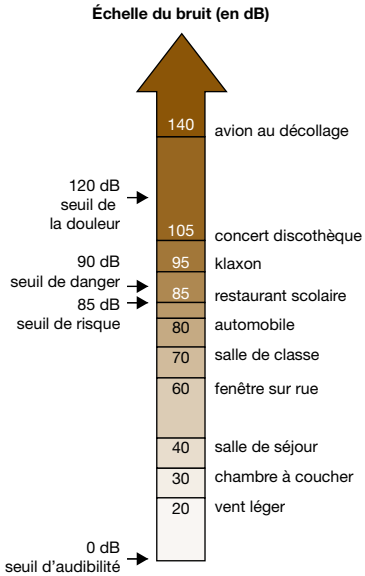


Figure 7.3 *Échelle des bruits*

Échelle des bruits :

- **de 100 à 130 dB :** seuil de la douleur (atelier de chaudronnerie, marteau-piqueur, décollage d'un avion, concert) ;
- **de 80 à 100 dB :** bruits dangereux (passage d'un train, musique forte, scie à ruban, perceuse) ;
- **de 60 à 80 dB :** bruits fatigants (rue très animée, restaurant bruyant avec musique, télévision) ;
- **de 40 à 60 dB :** bruits gênants (bureau calme, conversation à niveau normal) ;
- **de 10 à 40 dB :** bruits légers (bruissement du vent dans les feuilles, appartement calme).

Pour aller plus loin

Pour plus d'informations sur le bruit au travail, voir *Technologie des métiers du bois*, tome 2, paragraphe 11.2 (éditions Dunod).

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

7.3 L'isolation acoustique

L'objectif de l'isolation acoustique est de constituer des barrières aux bruits aériens et aux bruits matériels.

Isolement aux bruits aériens

Pour s'isoler des bruits aériens, on peut appliquer le principe de :

- **la loi de masse :** plus la paroi a de masse (plus elle est lourde), meilleure sera l'isolation acoustique. Cette solution est principalement utilisée par les filières humides (construction béton, etc.) ;
- **la loi masse-ressort-masse** : les parois (masse) sont séparées par une lame d'air remplie par un isolant souple (ressort) qui absorbe et disperse les ondes sonores. Cette solution est principalement utilisée par les filières sèches (exemple : construction à ossature bois) ;
- **la loi de distance :** lorsque l'on double la distance avec la source sonore, le niveau sonore diminue de 6 dB.

Les isolants

Aujourd'hui, les meilleurs isolants dans le domaine acoustique ou thermo-acoustique sont les laines minérales, le polystyrène expansé, les isolants naturels (laine de bois, chanvre, lin, ouate de cellulose…).

Isolement aux bruits matériels (bruits solidiens)

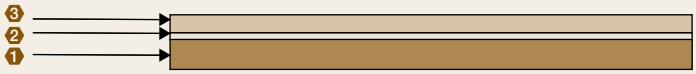
Pour s'isoler des bruits de chocs, il est nécessaire de limiter la propagation des vibrations transmises directement par le plancher ou indirectement par les parois. Afin d'améliorer les performances acoustiques d'un plancher intermédiaire, il est nécessaire de créer des coupures résilientes (type plancher flottant ou parquet flottant, voir figure 7.4) ou d'employer des matériaux absorbants (tel que la moquette).

Exemple d'un plancher flottant

Il est constitué :

❶ d'une chape en béton flottante ;
❷ d'une sous-couche souple (liège, fibres de bois, mousse, isolant acoustique, etc.) ;
❸ d'un matériau résilient (résistant aux chocs) ou d'un isolant permettant de désolidariser le plancher des parois.

Figure 7.4 *Plancher flottant*



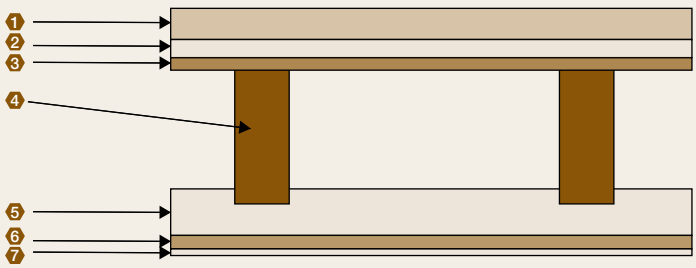
Isolation acoustique d'un plancher intermédiaire en bois

L'isolation acoustique d'un plancher intermédiaire en bois peut être complétée par la pose d'un isolant, lui-même revêtu d'une ou deux épaisseurs de plaques de finition.

❶ Chape flottante ≥ 50 mm
❷ Laine de roche ≥ 30 mm
❸ Panneau type CTBH 22 mm
❹ Solives 220 mm, entraxe 625 mm
❺ Laine minérale 100 mm
❻ Tasseau 24 mm, entraxe 415 mm
❼ Plaque de plâtre 13 mm

À noter : il est recommandé de dissocier le plafond isolant du plancher pour augmenter les performances acoustiques.

Figure 7.5 *Isolation acoustique d'un plancher intermédiaire en bois*



7.4 La correction acoustique

La correction acoustique d'un local vise à obtenir une ambiance sonore agréable en maîtrisant les bruits émis dans cette même salle. **Cette technique consiste donc à :**

» localiser le champ acoustique ;
» réduire l'énergie sonore ;
» diffuser le champ acoustique afin d'améliorer les qualités d'écoute de la salle.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Le pouvoir d'absorption des matériaux (α_w)

Le pouvoir absorbant d'un matériau est mesuré par l'indice α_w. Il est compris entre 0 et 1. Plus l'indice est proche de 1, plus cela signifie que le matériau est absorbant et qu'aucune énergie n'est réfléchie. Plus l'indice tend vers 0, plus cela signifie que le matériau est réfléchissant et que l'énergie est complètement réfléchie.

L'aire d'absorption (*A*)

L'énergie absorbée dépend de α_w, mais aussi de la surface des parois. Pour un local, il faut tenir compte de toutes les surfaces d'absorption (***S***α). **Il faut donc pour chaque matériau connaître sa surface et la multiplier par son coefficient** α**w**.

L'aire d'absorption totale du local est définie par la lettre ***A***. Son unité est le **m².**

La surface des parois est définie par la lettre ***S***. Son unité est le **m².**

Formule de l'aire d'absorption :

$$A = S_1\alpha_1 + S_2\alpha_2 + S_3\alpha_3 + S_4\alpha_4 + \ldots$$

Donc : $A = \sum S\alpha$

Cas des circulations communes en logement collectif

La réglementation fixe que l'aire d'absorption à mettre en œuvre corresponde au 1/4 de la surface au sol des circulations communes en logement collectif (donc ***A* = 1/4 de la surface au sol**). De plus, il faut tenir compte d'un deuxième paramètre qui est que $A = \sum S\alpha$.

Exemple :

On cherche à calculer la surface d'absorption ***S*** d'une circulation commune en logement collectif, à savoir la surface au sol d'un hall de 60 m². L'aire d'absorption doit être au minimum égale à : $A = 1/4$ surface au sol et $A = \sum S\alpha$

Donc : A = 60/4 = 15 m² au minimum selon la réglementation.

Nous savons aussi que :

- $A = \sum S\alpha$;
- nous utiliserons un seul matériau ;
- l'indice α_w du matériau est égal à 0,7.

Donc : $A = \sum S\alpha$
$A = S\alpha$ (dans notre cas)
$15 = S \times 0{,}7$
$S = 15/0{,}7$
$S = 21{,}43$

Conclusion : pour respecter la réglementation et en tenant compte de l'indice d'absorption de notre matériau, il nous faudra installer une surface *S* de matériau égale au minimum à 21,43 m².

Le temps de réverbération (*Tr*)

Dans un local vide, on constate généralement un phénomène de réverbération. Un bref son persiste quelques secondes après l'arrêt de son émission et diminue avant de devenir inaudible.

Le temps de réverbération est défini par la formule de Sabine. Elle se mesure en secondes.

Formule du temps de réverbération (formule de Sabine) :

$$Tr = \frac{0{,}16\ V}{A}$$

- ***Tr*** **:** Durée de réverbération en secondes ;
- ***V*** **:** Volume du local en m³ ;
- ***A*** **:** Surface d'absorption totale du local.

Un temps de réverbération compris entre 0,5 et 1 seconde convient à la plupart des locaux. Entre 1 et 2 secondes, le local est réverbérant et au-dessus de 3 secondes le local est très réverbérant, ce qui rend l'acoustique inconfortable.

En fonction du volume du local, du pouvoir d'absorption des matériaux, de la présence de meubles ou de personnes, le temps de réverbération augmente ou diminue.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Exemple de vérification du temps de réverbération dans un local

En vue de vérifier la qualité sonore d'un local et d'assurer le confort des personnes, on demande de calculer les différentes surfaces d'absorption en fonction des matériaux, de calculer l'aire d'absorption totale et ensuite de vérifier le temps de réverbération du local.

Les surfaces des matériaux et leur coefficient d'absorption sont donnés. Le volume total du local est de **100 m³**. Le temps de réverbération, suivant la réglementation en vigueur, doit être compris **entre 0,4 et 0,8 s**.

Absorption pour une fréquence de 500 Hertz :

Nature du matériau	Surface du matériau	Coefficient d'absorption (α_w)	Surface absorbée ($S\alpha$)
Paroi vitrée	10 m²	0,03	(10 × 0,03) = 0,3
Placomur 90 +10	50 m²	0,06	3
Porte isoplane isophonique	2,1 m²	0,1	0,21
Parquet stratifié	40 m²	0,06	2,4
Habillage MDF	7,9	0,2	1,58
Faux plafond	40 m²	0,83	33,2
Absorption *A* en m²			**40,69**

Pour calculer le temps de réverbération (*Tr*) :

Tr = (0,16 × V)/A

Tr = (0,16 × 100)/40,69

Tr = 16/40,69

Tr = 0,39 s

Conclusion : le temps de réverbération est conforme à la réglementation en vigueur. Le local bénéficiera d'un bon confort acoustique.

Ce qu'il faut retenir

La réglementation acoustique

Cette réglementation s'appuie sur :

- la nouvelle réglementation acoustique (NRA) établie en 1994 ;
- les arrêtés du 25 avril 2003 qui ont permis aux hôtels, bâtiments d'enseignement et de santé d'entrer dans le champ de la réglementation acoustique ;
- la loi sur le bruit du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit.

Les principaux critères d'exigences de la réglementation au 1er janvier 2000 sont :

- **l'isolement aux bruits extérieurs :** $D_{nT,A,tr} \geq 30$ dB - 45 dB (selon la catégorie du bâtiment) ;
- **l'isolement aux bruits intérieurs :** $D_{nT,A} \geq 53$, 55 dB ou 58 dB (selon la nature des pièces) ;
- **les bruits de choc reçus :** $L_{nT,w} \leq 58$ dB.

Le son

La propagation du son

Deux modes de propagation du son :

- par voie aérienne (transmission directe) :
  - directement de la source sonore sur l'oreille,
  - par réverbération (écho) ;
- par voie matérielle (transmission solidienne).

Le trajet de l'onde sonore

Il est omnidirectionnel. Une partie se réfléchit sur l'obstacle, une autre est absorbée par l'obstacle et se propage dans celui-ci et, enfin, une dernière partie traverse l'obstacle.

Niveau sonore

L'intensité d'un **bruit** (ou d'un son) se manifeste par le niveau sonore sur une échelle de référence : de 10 à 130 décibels (dB). Les sources de **bruits** de natures différentes entraînent des perceptions allant du calme (10 à 20 dB) à la douleur (au-dessus de 120 dB).

L'isolation acoustique

L'objectif de l'isolation acoustique est de constituer des barrières aux bruits aériens et aux bruits matériels.

Pour améliorer l'isolation aux bruits aériens, on peut appliquer les principes suivants :

- la loi de masse : plus une paroi est lourde, plus elle isole ;
- la loi masse-ressort-masse : les parois sont séparées par une lame d'air remplie par un isolant souple qui absorbe et disperse les ondes sonores ;
- la loi de distance : lorsqu'on double la distance entre la source sonore et le bâtiment, on diminue le niveau sonore de 6 dB.

Pour s'isoler des bruits de chocs, il est nécessaire de limiter la propagation des vibrations transmises directement par le plancher ou indirectement par les parois. Afin d'améliorer les performances acoustiques d'un plancher intermédiaire, il est nécessaire de créer des coupures résilientes ou d'employer des matériaux absorbants.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

La correction acoustique

Elle vise à obtenir une ambiance sonore agréable en maîtrisant les bruits émis dans un local.

Le pouvoir absorbant d'un matériau

Il se mesure à l'aide l'indice α_w. Plus il tend vers 1, plus le matériau est absorbant et aucune énergie n'est réfléchie. Plus l'indice tend vers 0, plus le matériau est réfléchissant. Par conséquent, l'énergie est complètement réfléchie.

L'aire d'absorption

Pour un local, il faut tenir compte de toutes les surfaces d'absorption (***S***α). Il est donc nécessaire pour chaque matériau de connaître sa surface et la multiplier par son coefficient α_w. L'aire d'absorption totale du local est définie par la lettre ***A***. La surface des parois est définie par la lettre ***S***. Leur unité est le **m²**.

L'aire d'absorption est calculée à l'aide de la formule :

$$A = \sum S\alpha$$

Le temps de réverbération

Dans un local vide, plus le temps de réverbération des sons est long, plus l'acoustique du local est inconfortable. Il faut donc avoir une aire d'absorption suffisante en fonction du volume du local pour obtenir un temps de réverbération court (0,5 à 1 seconde). Cela afin de parvenir à un confort acoustique du local.

Ce temps de réverbération est calculé à l'aide de la formule :

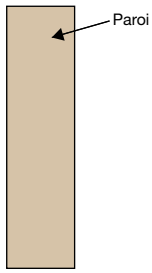
$$Tr = \frac{0{,}16\ V}{A}$$

Testez vos connaissances

1. Quels sont les deux modes principaux de transmission du son :

-
-

2. Sur ce schéma de paroi, dessinez le trajet de l'onde sonore :



3. À partir de quel seuil l'intensité d'un bruit entraîne-t-elle une perception de douleur :

•

4. Quels principes peut-on appliquer pour s'isoler des bruits aériens :

•

•

•

5. Exercice

En vue de vérifier la qualité sonore d'un local et d'assurer le confort des personnes, on vous demande de calculer les différentes surfaces d'absorption en fonction des matériaux puis de calculer l'aire d'absorption totale et enfin de vérifier le temps de réverbération du local.

Les surfaces des matériaux et leur coefficient d'absorption sont donnés. Le volume total du local est de 150 m³. Le temps de réverbération, suivant la réglementation en vigueur, doit être compris entre 0,4 et 0,8 s.

Absorption pour une fréquence de 500 Hertz :

Nature du matériau	Surface du matériau	Coefficient d'absorption (α_w)	Surface absorbée ($S\alpha$)
Vitrage isolant	20 m²	0,12	
Placomur 90 +10	60,8 m²	0,06	
Porte isoplane isophonique	4,2 m²	0,1	
Sol carrelage	60 m²	0,03	
Faux Plafond acoustique	60 m²	0,75	
Absorption *A* en m²			

Calculez le temps de réverbération (*Tr*) :

•

Que peut-on en déduire par rapport à la réglementation en vigueur :

•

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

La ventilation

chapitre 8

Les bonnes conditions de vie nécessitent le renouvellement de l'air dans les locaux d'habitation. Pour ce faire, il est indispensable :

- **d'apporter un air neuf** pour remplacer l'oxygène absorbé par la respiration ;
- **d'éliminer l'excès d'humidité** dégagé par l'homme et les appareillages ménagers ;
- **d'évacuer les substances nocives** (gaz carbonique, polluants…) ;
- **de fournir aux appareils à combustion de l'oxygène** afin d'assurer un fonctionnement sans danger de ces appareillages.

Afin de remplir ces critères, nous avons besoin de systèmes de ventilation qui soient efficaces pour remplir convenablement leurs rôles, c'est-à-dire fournir un air de qualité et maîtriser nos dépenses énergétiques.

8.1 La dégradation de l'air dans les logements

Dans le tableau ci-dessous, nous identifierons les substances qui dégradent l'air dans les logements mais aussi les remèdes qui peuvent être mis en application afin de remédier à ces désordres.

Substances	Causes	Désordres	Remèdes
Humidité	**Peut provenir :** • **de dégagements** de condensation soit d'origine humaine, soit dus aux équipements ménagers (ex. : production de vapeur d'eau chaude…) ; • **d'une infiltration** d'eau de pluie ; • **de remontées** d'humidité.	• **Dégradations** esthétiques des revêtements intérieurs (papier peint, peinture…). • **Moisissures** (entraînent des allergies). • **Dégradations du bâti** (pourritures des ouvrages en bois…).	• **Évacuer** l'humidité à l'aide d'une bonne ventilation. • **Améliorer** l'étanchéité du logement. • **Traiter** les points sensibles (améliorer l'isolation et les ponts thermiques).
Monoxyde de carbone (CO) **À noter : gaz incolore et mortel**	**Peut provenir :** • **de la combustion incomplète** de l'énergie primaire (gaz, charbon, pétrole…) permettant de faire fonctionner les appareils de chauffage ou de production d'eau chaude ; • **d'un chauffe-eau** non raccordé à un conduit d'évacuation de gaz brûlés ; • **d'un appareil de chauffage** en mauvais état ; • **d'un défaut d'aération** ou un défaut d'évacuation des gaz brûlés.	• **Empoisonnement.** Les symptômes : Après une heure passée dans un environnement contenant 0,02 % de CO, on ressent des maux de tête, des vertiges, de la fatigue, etc. Dans un environnement contenant 0,15 % de CO, on fait une syncope. Au-delà de 0,15 %, risque de décès.	• **Offrir** suffisamment d'oxygène aux appareils de chauffe. • **Assurer** une bonne ventilation du logement. • **Entretenir** les appareils de chauffage et conduits de cheminée.
Polluants : composés organiques volatils (COV), formaldéhyde, oxydes d'azote, fibres minérales artificielles, poussières et particules, autres (voir *Technologie des métiers du bois*, tome 1, paragraphes 7.6 et 20.7).	• **Des produits de bricolage** (peinture, colles, etc.). • **Du tabagisme.** • **Des poussières** du logement. • **Des matériaux** de construction (isolant, etc.). • **Des produits ménagers** (aérosol, produits pour le sol, parfums d'intérieur, etc.). • **Des matériaux** d'aménagement intérieur (moquette, panneau de particules, etc.).	• **COV et formaldéhyde :** irritations (peau, appareil respiratoire…), réactions allergiques et cancers. • **Oxydes d'azote :** irritations de bronches, asthme. • **Fibres minérales** : allergies, irritations, cancers. • **Poussières et particules :** problèmes respiratoires, allergies, irritations.	• **Renouveler** l'air. • **Réduire** à la source les polluants.

Conclusion : il est nécessaire, afin d'éliminer les substances nocives, d'avoir recours à un système de ventilation qui soit efficace pour fournir un air de qualité.

8.2 Les systèmes de ventilation

L'aération par le passé se faisait naturellement à l'aide des conduits de cheminées et des défauts d'étanchéité.

À ce type d'aération se sont substituées la ventilation naturelle et la ventilation mécanique contrôlée.

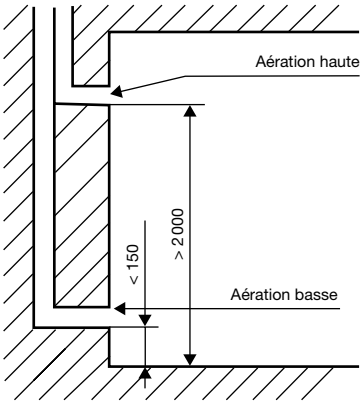


Figure 8.1 *Grilles d'aération*

La ventilation naturelle

Cette aération se fait à l'aide de grilles d'aération basses et hautes.

La circulation de l'air se fait simplement par tirage naturel. L'échange d'air s'effectue grâce à :

- **la différence de température** entre l'extérieur et l'intérieur du logement ;
- **la pression** de l'air sous l'action du vent.

L'inconvénient majeur du système réside dans le fait qu'en hiver il est bien souvent trop efficace et qu'en été il ne l'est pas assez puisqu'il fonctionne en fonction des conditions climatiques.

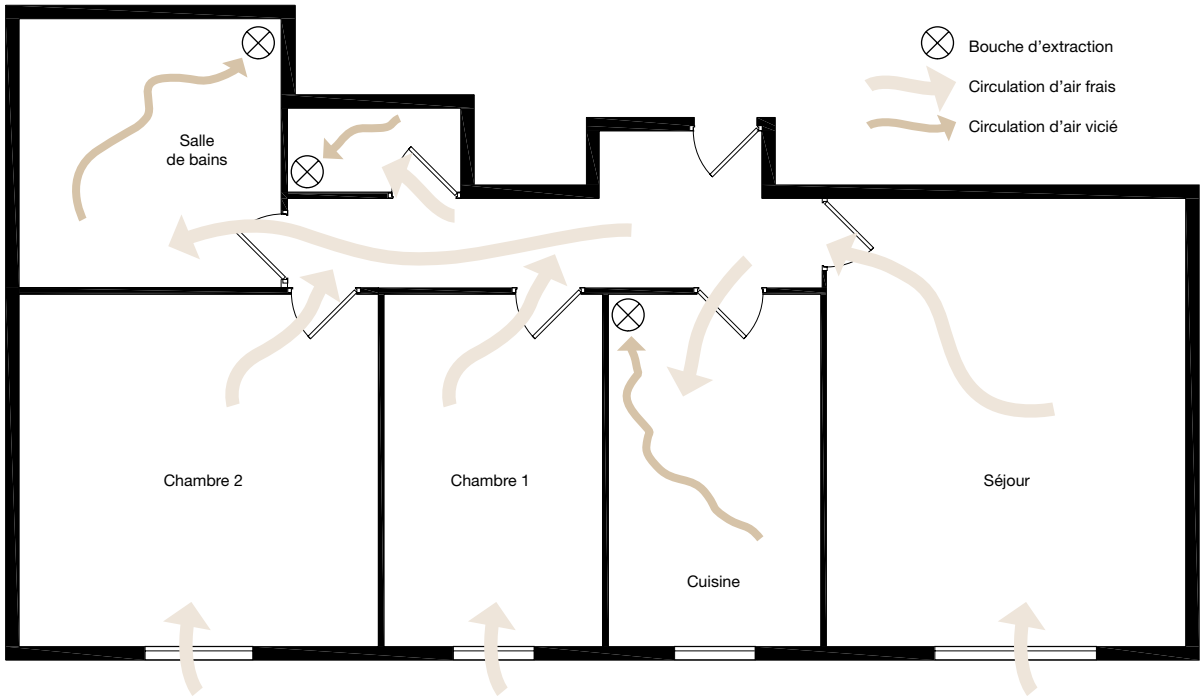
La ventilation mécanique contrôlée (VMC)

L'amélioration de l'isolation et du confort thermique d'un logement peut engendrer un renouvellement d'air insuffisant et entraîner des désordres (humidités, moisissures…). Dans ce cas, on peut envisager d'installer un système de ventilation mécanique contrôlée (VMC).

Le fonctionnement de base reste le même pour les divers systèmes de VMC. Des bouches d'aération assurent la prise d'air dans les pièces de vie (séjour, chambres). Puis, l'air traverse les pièces grâce à un jour laissé sous les portes intérieures (1 à 1,5 cm) avant d'être extrait par des bouches situées dans les murs ou dans les plafonds des pièces de services (cuisine, toilettes, salle de bains). Ces bouches sont reliées au moyen de conduits à un groupe d'extraction. L'air est rejeté par le toit du logement.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Figure 8.2 *Principes de la circulation de l'air*



Pour information

La mise en place ou le remplacement d'une ventilation mécanique contrôlée doit respecter la réglementation thermique qui impose une consommation maximale de 0,25 Wh/m^3 par ventilateur.

8.3 Les différents systèmes de ventilation mécanique contrôlée

Suite aux diverses évolutions techniques, il existe de nos jours différents types de VMC.

Dans le tableau ci-dessous, nous faisons un comparatif de ces différents systèmes de ventilation mécanique.

Types de ventilation mécaniques contrôlée (VMC)	Fonctionnement	Inconvénients
VMC simple flux autoréglable	Les entrées d'air situées dans les pièces de vie sont des grilles autoréglables placées dans le haut des menuiseries. **Le débit de l'air entrant est constant** quelles que soient les conditions climatiques extérieures et quelle que soit l'activité à l'intérieur du logement (nombre d'occupants, humidité…).	Ne prend pas en compte : le taux d'humidité du logement, les polluants.
VMC simple flux hygroréglable	Les entrées d'air situées dans les pièces de vie sont des grilles autoréglables placées dans le haut des menuiseries. **Des capteurs équipent les bouches d'extraction d'air** situées dans les pièces humides. Ce qui permet d'assurer une régulation du débit d'air (entrant et sortant) en fonction du taux d'humidité de la pièce.	Ne prend pas en compte les polluants. Plus cher à l'achat qu'une VMC simple-flux autoréglable.
VMC double flux	L'entrée d'air se fait par le biais d'une bouche située sur l'extérieur du logement. Cette bouche est reliée au moyen d'un conduit à **un échangeur** qui à une double fonction. **Il récupère une partie de la chaleur de l'air vicié** extrait du logement et l'utilise pour réchauffer l'air neuf **filtré** venant de l'extérieur. L'air neuf est propulsé dans les pièces de vie au moyen d'un ventilateur et de bouches d'insufflation. Ce système permet des économies de chauffage importantes.	Système le plus coûteux.
Ventilation mécanique répartie (VMR)	Ce sont en fait des **ventilateurs mécaniques individuels**. Ils fonctionnent sur le même principe qu'une VMC simple-flux mais ils sont placés dans chaque pièce de service. Ce système est une solution pour la rénovation des logements.	Présence d'un groupe d'extracteurs dans chaque pièce de service. Bruits de certains ventilateurs.
VMC gaz	**Évacue** par le même système **l'air vicié et les produits de combustion** des appareils de chauffe.	

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Ce qu'il faut retenir

La ventilation

Elle est nécessaire dans les logements afin d'apporter un air neuf, d'éliminer l'excès d'humidité, d'évacuer les substances nocives et permet d'assurer un fonctionnement sans danger des appareils à combustion.

Les causes de la dégradation de l'air dans les logements

- **L'humidité :** peut provenir de dégagements de condensation, d'une infiltration d'eau de pluie ou de remontées d'humidité. Ces désordres engendrent la détérioration esthétique des revêtements intérieurs, la dégradation du bâti et l'apparition de moisissures.
- **Le monoxyde de carbone (CO)** : peut provenir de la combustion incomplète de l'énergie permettant de faire fonctionner les appareils de chauffage : soit d'un chauffe-eau non raccordé à un conduit d'évacuation de gaz brûlés, soit d'un appareil de chauffage en mauvais état, soit d'un défaut d'aération ou d'évacuation des gaz brûlés. **Le risque principal est l'empoisonnement** qui peut entraîner le décès des personnes résidant dans le logement.
- **Les polluants :** peuvent provenir des produits de bricolage ménagers, du tabagisme, des poussières ou des matériaux de construction. Ces polluants peuvent entraîner des irritations de la peau et des voies respiratoires, des réactions allergiques, des cancers, etc.

Les systèmes de ventilation

- **La ventilation naturelle :** ce système se fait à l'aide de grilles d'aération basses et hautes. La circulation de l'air se fait par tirage naturel. L'échange d'air s'effectue grâce à la différence de température entre l'extérieur et l'intérieur du logement et à la pression de l'air sous l'action du vent.
- **La ventilation mécanique contrôlée (VMC) :** les systèmes de ventilation mécanique contrôlée fonctionnent à l'aide d'un moteur et d'un ventilateur qui mettent en mouvement l'air et permettent le renouvellement permanent de cet air. Des bouches d'aération assurent la prise d'air dans les pièces de vie. L'extraction est assurée par des bouches situées dans des pièces de service. Ces bouches sont reliées, au moyen de conduits, à un groupe d'extraction. L'air est rejeté par le toit du logement.

Les différents systèmes de ventilation mécanique contrôlée

- **VMC simple flux autoréglable** : le débit de l'air entrant est constant quelles que soient les conditions climatiques extérieures et quelle que soit l'activité à l'intérieur du logement.
- **VMC simple flux hygroréglable** : des capteurs équipent les bouches d'extraction d'air situées dans les pièces humides. Ce qui permet d'assurer une régulation du débit d'air (entrant et sortant) en fonction du taux d'humidité de la pièce.
- **VMC double flux** : un échangeur permet à la fois de récupérer et de filtrer l'air neuf venant de l'extérieur mais aussi de récupérer une partie de la chaleur de l'air vicié extrait du logement et de l'utiliser pour réchauffer l'air neuf. L'air neuf est propulsé dans les pièces de vie au moyen d'un ventilateur et de bouches d'insufflation.
- **Ventilation mécanique répartie (VMR)** : c'est en fait des ventilateurs mécaniques individuels. Ils sont placés dans chaque pièce de service.
- **VMC gaz** : elle permet d'évacuer par le même système l'air vicié et les produits de combustion des appareils de chauffe.

Testez vos connaissances

1. Que permet une bonne ventilation dans un logement :

-
-
-
-

2. Citez les trois causes principales qui sont à l'origine de la dégradation de l'air dans les logements :

-
-
-

3. Citez les deux systèmes de ventilation que l'on rencontre dans les logements :

-
-

4. Quel système de ventilation contrôlée permet « d'assurer une régulation du débit d'air (entrant et sortant) en fonction du taux d'humidité de la pièce » :

a ☐ *VMC simple flux autoréglable*

b ☐ *VMC simple flux hygroréglable*

c ☐ *VMC double flux*

5. Quel système de ventilation contrôlée permet de récupérer, de filtrer puis de réchauffer, à l'aide de l'air vicié, l'air extérieur avant de la propulser dans le logement :

a ☐ *VMC simple flux autoréglable*

b ☐ *VMC simple flux hygroréglable*

c ☐ *VMC double flux*

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

L'éclairage des locaux

chapitre 9

L'éclairage naturel permet d'éclairer les locaux par le biais des ouvertures pratiquées dans le bâti. Mais pour compléter cet éclairage, il est nécessaire d'installer des sources lumineuses artificielles qui permettront de contribuer à l'ambiance générale et d'adapter l'éclairage aux différentes activités du local.

9.1 La lumière

Lorsque nous décomposons la lumière au moyen d'un prisme et si nous projetons cette décomposition sur un écran, nous obtenons un spectre comprenant toutes les couleurs de l'arc-en-ciel (violet, bleu, vert, jaune, orange et rouge). En-deçà du rouge prennent place les radiations infrarouges et au-delà du violet, les radiations ultraviolettes, qui peuvent impressionner un papier photographique.

Seules les radiations comprises entre le violet et le rouge sont capables de produire, lorsqu'elles pénètrent dans l'œil, des sensations colorées.

La propagation de la lumière

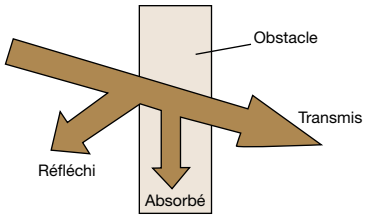


Figure 9.1 *Propagation de la lumière*

La lumière se déplace en lignes droites qui sont appelées « rayons lumineux ». Lorsque ces rayons lumineux rencontrent un obstacle, ils peuvent être, en fonction de la nature du milieu :

- **réfléchis** par l'obstacle ;
- **absorbés** par l'obstacle ;
- **transmis** par l'obstacle.

La lumière réagit donc en fonction de la nature de l'obstacle :

» **si l'obstacle est opaque**, il absorbe ou réfléchit la lumière ;

» **si l'obstacle est translucide**, il laisse passer une partie de la lumière ;

» **si l'obstacle est transparent**, il laisse totalement passer la lumière.

Comportement en fonction du type de matériau

Le pourcentage de lumière réfléchie par la surface dépend de la lumière incidente, de la nature et de l'aspect du matériau.

Cette quantité de lumière réfléchie détermine le **coefficient de réflexion du matériau, noté en pourcentage**.

Quelques exemples :

Matériaux	Coefficient de réflexion
Plâtre pur blanc	85 %
Enduit blanc neuf **Enduit blanc vieux**	70 – 80 % 50 %
Briques neuves	25 %
Sol souple gris clair neuf **Sol souple brun vieux**	30 – 45 % 6 %

La lumière naturelle

La lumière naturelle ou lumière du jour est émise par le soleil. C'est une source ponctuelle et unidirectionnelle. Elle donne une lumière directe. En fonction des saisons et de l'heure de la journée, la hauteur du soleil varie.

Dans nos régions, en été, l'angle du soleil avec l'horizon est d'environ de 60°. Par contre, en hiver, l'angle d'inclinaison est de seulement 30°.

9.2 L'éclairage des locaux

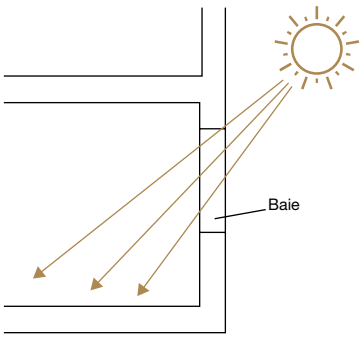


Figure 9.2 *Éclairage direct*

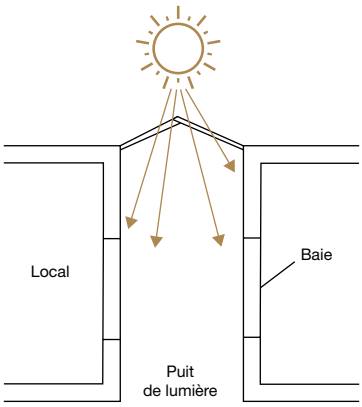


Figure 9.3 *Éclairage zénithal*

Il existe deux moyens pour apporter de la lumière dans un local :

» l'éclairage naturel ;

» l'éclairage artificiel.

L'éclairage naturel

Ce type d'éclairage se fait à l'aide de la lumière naturelle que l'on fait pénétrer dans le local soit au moyen :

» de baies (fenêtres, portes) que l'on ouvre dans les murs et/ou dans la toiture du bâtiment, soit à l'aide d'une façade construite entièrement en verre. **C'est l'éclairage direct ;**

» de puits de lumière quand la lumière ne parvient pas au centre de l'édifice. **C'est l'éclairage zénithal.**

À noter : les formes, les dimensions, l'orientation des ouvertures dans le local contribuent à l'ambiance lumineuse du local.

L'éclairage artificiel

L'éclairage est assuré **par des lampes** qui fournissent un éclairage proche de l'aspect et du rendu des couleurs que procure la lumière naturelle émise par le soleil.

Éclairer n'est pas la seule fonction de l'éclairage artificiel. On peut utiliser ce mode d'éclairage, en combinant les sources de lumière, pour obtenir des ambiances différentes en fonction des besoins de notre activité.

Les différents modes d'éclairage artificiel

» **Éclairage principal** : son rôle consiste à **apporter de la lumière à l'ensemble du local**. Il provient généralement d'une source principale, mais pour les locaux possédant une grande surface, il est nécessaire de multiplier les sources.

» **Éclairage décoratif** : l'objectif, dans ce cas, n'est pas d'apporter de la lumière au local, mais **de créer une**

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

ambiance (restaurant, discothèque, etc.), **une scénographie** (mise en valeur de pièces de musée ou autres) pour modifier la perception de l'espace. On utilise dans ce cas des éclairages directionnels, des sources colorées, etc.

» **Éclairage ponctuel** : il permet d'apporter une source lumineuse destinée à **éclairer un espace bien défini**, un plan de travail, etc.

» **Éclairage fonctionnel** : ce type d'éclairage est destiné à **éclairer des zones d'activité du logement** (cuisine, salle de bains, couloir, etc.). Ces éclairages techniques complètent généralement un éclairage principal et apportent donc un complément lumineux aux zones d'activités.

9.3 Les différents types d'éclairage et sources lumineuses artificielles

Les différents types d'éclairage et les différentes sources lumineuses contribuent à l'ambiance générale d'un local et permettent d'adapter l'éclairage aux différentes activités.

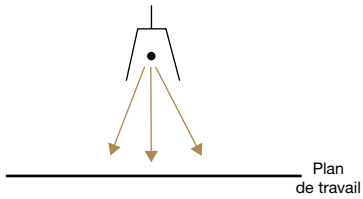


Figure 9.4 *Éclairage direct*

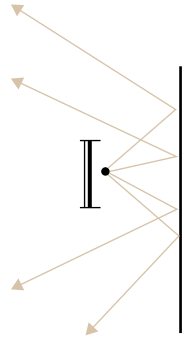


Figure 9.5 *Éclairage indirect*

Les différents types d'éclairage artificiel

» **Éclairage direct** : c'est une lumière dirigée et répartie vers les surfaces à éclairer. Elle est généralement dirigée vers le bas et possède un aspect lumineux élevé. Plus la source est éloignée de la surface à éclairer, plus la zone éclairée est large.

» **Éclairage indirect** : la lumière est dirigée vers une surface claire qui la réfléchit et la diffuse. La lumière est douce avec moins d'ombres portées. La source étant dissimulée derrière le luminaire, on perd donc une partie de l'intensité lumineuse. On se sert généralement de ce principe pour créer un éclairage d'ambiance.

» **Éclairage semi-direct** : une grande partie de la lumière est dirigée vers les surfaces à éclairer et une partie moins importante est dirigée vers une surface qui la réfléchit (plafond par exemple).

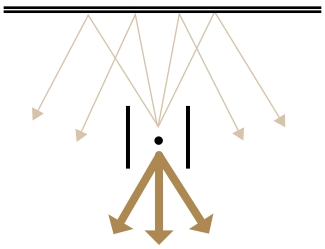


Figure 9.6 *Éclairage semi-direct*

» **Éclairage semi-indirect** : c'est l'inverse de l'éclairage semi-direct, c'est-à-dire que la majorité de la lumière est dirigée vers une surface qui la réfléchit.

» **Éclairage mixte** : cela consiste à diriger la moitié de la lumière vers la surface à éclairer et l'autre moitié vers une surface qui la réfléchit. Cela évite des contrastes trop importants.

Pour obtenir un bon éclairage général, il est nécessaire :

» **de répartir** les sources afin d'obtenir un niveau d'éclairage suffisant ;

» **d'éliminer** les sources de lumière trop violentes ;

» **d'éviter** les transitions trop violentes entre un local très éclairé et ceux qui le sont moins ;

» **d'éviter** les contrastes trop violents entre l'ambiance générale du local et les surfaces éclairées ;

» **d'éliminer** les ombres trop marquées.

Exemples de contrastes

• La couleur des revêtements de sol ne doit pas être trop différente de celle du plan de travail pour éviter la fatigue visuelle.
• Le plan de travail d'un bureau doit être de couleur claire afin d'éviter un trop grand contraste avec la feuille blanche.

Les différentes sources lumineuses artificielles

On utilise comme source lumineuse artificielle **des lampes** que l'on dénomme généralement par le mot « **ampoule** ». L'ampoule n'est en fait que l'enveloppe en verre de la lampe. La qualité d'éclairage que fournissent ces lampes s'approche au maximum de l'aspect et du rendu des couleurs que procure la lumière naturelle.

L'éclairage est principalement assuré par deux types de lampes.

• Les lampes à incandescence

» **Les lampes à incandescence classique** : la lumière provient d'un filament métallique chauffé dans une atmosphère gazeuse à l'intérieur d'une ampoule. On utilise le plus souvent des ampoules à verre dépoli qui sont moins éblouissantes que les ampoules claires. Elles émettent de la chaleur en même temps que de la lumière, de ce fait elles sont peu économiques.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

» **Les lampes à incandescence aux halogènes** : le filament de ces lampes est en tungstène et il est chauffé dans une atmosphère gazeuse contenant des gaz halogènes. Sa lumière est plus blanche que les lampes classiques.

Pour information

Conformément à un engagement du Grenelle de l'Environnement, les lampes à incandescence classiques et halogènes sont retirées progressivement des rayons des magasins. Après le retrait en septembre 2012 des lampes de 40 W, il ne reste plus que celles de 25 W. À terme ne subsisteront plus que des lampes performantes, classées A (ou B pour certaines halogènes de haute efficacité).

• **Les lampes fluorescentes**

Une décharge électrique, partant de deux électrodes situées aux extrémités d'un tube de verre, traverse de la vapeur de mercure et crée ainsi un rayonnement ultraviolet et rend lumineux de la poudre fluorescente. Ces lampes **sont commercialisées sous la forme de tubes fluorescents et sous la forme de lampes basses consommation** (les « fluocompactes »).

• **Les lampes à LED** (*Light-Emitting Diode*)

Elles sont appelées également lampes à diode électroluminescente. Suite à de nombreuses évolutions techniques, les LED sont de plus en plus utilisées pour l'éclairage. Néanmoins, elles sont encore très coûteuses et fournissent un éclairage d'une intensité souvent moyenne. Elles sont donc surtout utilisées pour des éclairages décoratifs et ponctuels.

9.4 Les niveaux d'éclairement

Le nombre de sources lumineuses dans un local dépendra de l'énergie lumineuse et de la puissance des lampes installées, du type d'éclairage mais aussi du niveau d'éclairement minimum dont a besoin le local.

Quelques définitions

Le flux lumineux : c'est la puissance lumineuse émise par une source, par unité de temps. L'unité du flux lumineux est le **lumen** (**lm**).
Puissance de la lampe : cela correspond à la consommation d'énergie absorbée par une lampe. L'unité de puissance est le **Watt** (**W**).
Éclairement lumineux : son unité est le **lux** (**lx**). 1 lux correspond à un flux lumineux de 1 lumen couvrant de façon uniforme une surface de 1 m². Formule : **1 lx = 1 lm/m²**.
Facteur de réflexion : rapport entre le flux lumineux réfléchi et le flux incident. Symbole : ρ. Ce facteur précise l'aptitude d'une paroi à réfléchir la lumière incidente.

Le niveau d'éclairement des locaux

Suivant la destination et l'activité des locaux, on détermine une valeur d'éclairement minimum. C'est à partir de cette valeur que seront faites les études d'éclairage, qui permettront de déterminer le nombre de sources lumineuses à installer en fonction, principalement :

- des dimensions du local ;
- du facteur de réflexion des parois ;
- des distances de la source lumineuse au plan de travail ;
- du type de lampe employée ;
- du type d'éclairage (direct, semi-direct, etc.) ;
- des différents coefficients de dépréciation.

Quelques exemples de valeur d'éclairement

Locaux	Valeur de l'éclairement minimum
Escalier	100 lx
Dégagements	50 lx
Chambre	300 lx
Magasin (éclairage général)	300 lx
Magasin (sur les comptoirs)	500 lx
Bureau de dessin industriel	1 000 lx
Salle d'attente	150 lx
Travail du bois à l'établi	200 lx
Travail du bois aux machines	300 lx

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Ce qu'il faut retenir

La lumière

La lumière se décompose suivant les couleurs suivantes : violet, bleu, vert, jaune, orange et rouge. Seules les radiations comprises entre le violet et le rouge sont capables de produire lorsqu'elles pénètrent dans l'œil des sensations colorées.

La propagation de la lumière

Lorsque les rayons lumineux rencontrent un obstacle, ils peuvent être réfléchis, absorbés ou transmis par l'obstacle.

- Si l'obstacle est opaque, il absorbe ou réfléchit la lumière.
- Si l'obstacle est translucide, il laisse passer une partie de la lumière.
- Si l'obstacle est transparent, il laisse totalement passer la lumière.

Comportement en fonction du type de matériau

Le coefficient de réflexion du matériau est déterminé par le pourcentage de lumière réfléchie par la surface en fonction de la lumière incidente, de la nature et de l'aspect du matériau.

La lumière naturelle

Elle est émise par le soleil. C'est une source ponctuelle et unidirectionnelle. Elle donne une lumière directe. En fonction des saisons et de l'heure de la journée, la hauteur du soleil varie.

L'éclairage naturel

Il se fait à l'aide de la lumière naturelle que l'on fait pénétrer dans le local soit aux moyens de baies, soit au moyen de puits de lumière.

L'éclairage artificiel

Il est assuré par des lampes qui fournissent un éclairage proche de l'aspect et du rendu des couleurs que procure la lumière naturelle émise par le soleil.

Les différents modes d'éclairage artificiel

On trouve quatre principaux modes d'éclairage : l'éclairage principal (apporter de l'éclairage à l'ensemble du local), l'éclairage décoratif (créer une ambiance, une scénographie), l'éclairage ponctuel (éclairer un espace bien défini) et l'éclairage fonctionnel (éclairer des zones d'activité du logement).

Les différents types d'éclairage artificiel

- Éclairage direct : c'est une lumière dirigée et répartie vers les surfaces à éclairer.
- Éclairage indirect : la lumière est dirigée vers une surface claire qui la réfléchit et la diffuse.
- Éclairage semi-direct : une grande partie de la lumière est dirigée vers les surfaces à éclairer et une partie moins importante est dirigée vers une surface qui la réfléchit.
- Éclairage semi-indirect : c'est l'inverse de l'éclairage semi-direct.
- Éclairage mixte : 50 % de la lumière est dirigée vers les surfaces à éclairer et 50 % de la lumière est dirigée vers une surface qui la réfléchit.

Les différentes sources lumineuses artificielles

On utilise des lampes qui s'approchent au maximum de l'aspect et du rendu des couleurs que procure la lumière naturelle.

L'éclairage est principalement assuré par deux types de lampes : les **lampes à incandescences** (classiques ou halogènes), les **lampes fluorescentes** (tubes fluorescents ou fluocompactes), et les **lampes LED**.

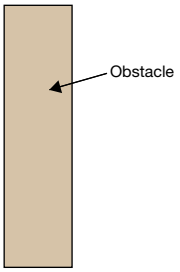
Niveau d'éclairement

Il est défini par une valeur minimum d'éclairement propre à chaque type de local. Cette valeur permet de déterminer le nombre de sources lumineuses nécessaires à installer. Le nombre de lampes dépendra principalement :

- des dimensions du local ;
- du coefficient de réflexion des parois ;
- des distances de la source lumineuse au plan de travail ;
- du type de lampe employé ;
- du type d'éclairage (direct, semi-direct, etc.) ;
- des différents coefficients de dépréciation.

Testez vos connaissances

1. Sur ce schéma de paroi, dessinez les trajets possibles d'un rayon lumineux :



2. Quels sont les deux moyens de faire pénétrer la lumière naturelle dans un local :

-
-

3. Par quoi est assuré l'éclairage artificiel :

-
-

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

4. Citez les cinq types d'éclairage artificiel :

-
-
-
-
-

5. Citez deux sources lumineuses artificielles :

-
-

6. Sur quels critères détermine-t-on le niveau d'éclairement des locaux :

-

L'étanchéité des menuiseries extérieures

chapitre 10

L'étanchéité des menuiseries extérieures est en relation directe avec le confort thermique, acoustique et la ventilation des locaux. L'étanchéité permet de contribuer au confort de l'habitat en créant des obstacles à l'air, l'eau, aux poussières et aux bruits.

Pour permettre cette étanchéité, on utilise des produits d'étanchéité divers, tels que des joints, des mastics, des mousses, etc.

10.1 Principes et solutions

La fonction principale de l'étanchéité est de faire obstacle au passage de l'eau et de l'air.

Limiter le passage de l'air

Pour rendre une menuiserie étanche à l'air, il faut :

» **prévoir une chambre de décompression** : elle a pour but de provoquer une chute de la pression de l'air au niveau de la menuiserie. Car La circulation de l'air entre l'extérieur et l'intérieur du logement se fait simplement par tirage naturel et l'échange d'air s'effectue en partie grâce à la pression de l'air sous l'action du vent ;

» **prévoir des contacts** parfaits entre :

- le dormant et la maçonnerie à l'aide de joints souples,
- le dormant et l'ouvrant à l'aide de joints souples,

- l'ouvrant et le vitrage à l'aide de joints souples,
- deux ouvrants à l'aide de joints souples escamotables,
- l'ouvrant et le sol à l'aide de joints souples escamotables.

Limiter le passage de l'eau

Pour rendre une menuiserie étanche à l'eau, il faut :

» **créer des ruptures de surfaces** en réalisant des surfaces inclinées et des arêtes vives pour évacuer l'eau ;

» **créer une canalisation de l'eau** au niveau la chambre de décompression ;

» **évacuer l'eau** au moyen de perçages dans la traverse basse de l'ouvrant et du dormant ;

» **supprimer les remontées capillaires** en prévoyant un jeu à tous les endroits où le contact n'est pas nécessaire entre la maçonnerie et la menuiserie.

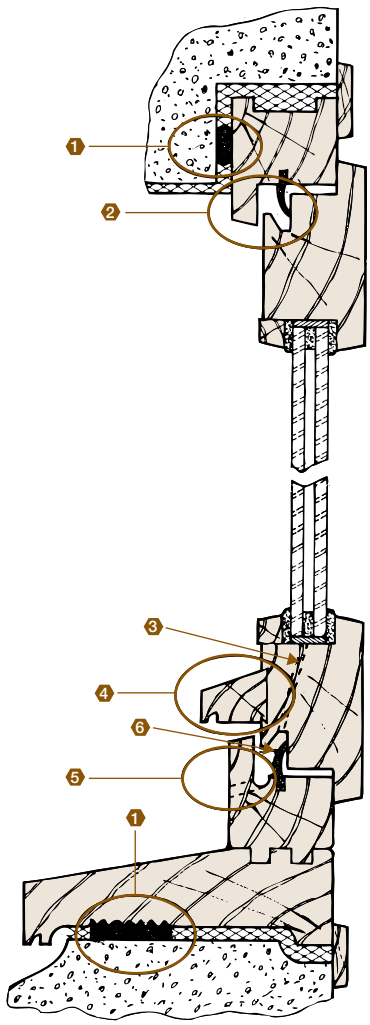


Figure 10.1 *Croisée coupe verticale*

10.2 Exemples sur une croisée extérieure

Action	Solution
❶ Réaliser l'étanchéité entre le dormant et la maçonnerie	Utiliser un joint souple compressé
❷ Provoquer la chute de la pression d'air et canaliser l'eau	Réaliser une chambre de décompression
❸ Évacuer l'eau d'infiltration au niveau du vitrage	Réaliser des perçages dans la traverse basse de l'ouvrant
❹ Protéger la pièce d'appui	Réaliser un jet d'eau comprenant goutte d'eau avec larmier
❺ Récupérer et évacuer l'eau	Réaliser une gorge de récupération et des perçages dans la traverse basse du dormant
❻ Réaliser l'étanchéité entre le dormant et l'ouvrant	Utiliser un joint souple

10.3 Les produits d'étanchéité

Afin d'assurer l'étanchéité des ouvrages, il est nécessaire d'avoir recours à des produits divers qui permettent d'augmenter les performances d'isolation des ouvrages.

Les conditions à remplir par les produits d'étanchéité

Les conditions sont les suivantes :

- absorber les variations dimensionnelles des ouvrages ;
- être durable ;
- participer au confort thermique et acoustique ;
- éviter de transmettre les vibrations ;
- résister aux chocs, à la chaleur, au froid, aux agents chimiques, au feu et aux ultraviolets ;
- faciliter la mise en œuvre ;
- être économique.

Les joints extrudés

Il en existe une grande variété de formes et de tailles. Ils permettent principalement de réaliser l'étanchéité entre :

- **l'ouvrant et le dormant** : dans ce cas, il s'insère dans une rainure réalisée dans le dormant ;
- **un bas de porte et le sol** : ils peuvent être, dans ce cas, escamotables.

Ces produits peuvent être réalisés en :

- caoutchouc vulcanisé ;
- caoutchouc thermoplastique ;
- silicone ;
- polychlorure de vinyle (PVC).

À noter : ces joints peuvent être ignifugés dans la masse pour les rendre coupe-feu ou recevoir un traitement de surface anti-peinture.

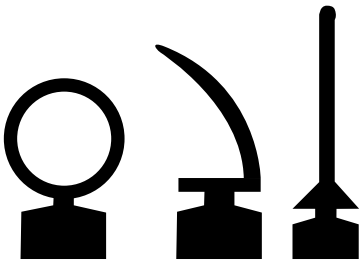


Figure 10.2 *Exemples de joints extrudés*

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Conseils pour la mise en œuvre des joints extrudés

- Ils doivent être montés dans des feuillures autodrainantes.
- Il est important d'avoir une compatibilité entre le profil des dormants et des ouvrants avec celui du joint.
- Le joint ne doit pas gêner à la fermeture des menuiseries.
- Il doit être posé de façon rectiligne.
- Il doit être facilement démontable pour pouvoir être remplacé.

Les joints mousse imprégnés

On emploie ces joints pour **pouvoir créer une étanchéité** entre :

» le bois et la maçonnerie ;

» le bois et l'acier ;

» éléments de bardage bois ;

» etc.

Ces joints mousse reçoivent un produit d'imprégnation qui peut être soit :

» du bitume ;

» de la résine acrylique ;

» du caoutchouc synthétique.

Ils sont utilisés, **en fonction du produit d'imprégnation**, pour assurer une isolation :

» phonique ;

» thermique ;

» à l'air.

À noter : il existe aussi des mousses souples de polyuréthane classé M1 qui assurent une isolation phonique et thermique.

Ce qu'il faut retenir

L'étanchéité des menuiseries extérieures

La fonction principale de l'étanchéité est de faire obstacle au passage de l'eau et de l'air.

Limiter le passage de l'air

Pour rendre une menuiserie étanche à l'air, il faut :

- prévoir une chambre de décompression ;
- prévoir des contacts parfaits entre le dormant et la maçonnerie, entre le dormant et l'ouvrant à l'aide de joints souples et entre l'ouvrant et le vitrage.

Limiter le passage de l'eau

Pour rendre une menuiserie étanche à l'eau, il faut :

- réaliser des ruptures de surfaces ;
- créer une canalisation de l'eau ;
- évacuer l'eau ;
- supprimer les remontées capillaires.

Des solutions pour respecter les principes d'étanchéité à l'air et à l'eau

- Utiliser un joint souple compressé pour assurer l'étanchéité entre le dormant et la maçonnerie.
- Réaliser une chambre de décompression pour provoquer la chute de pression de l'air.
- Réaliser des perçages dans la traverse basse de l'ouvrant pour évacuer l'eau.
- Réaliser un jet d'eau comprenant goutte d'eau avec larmier pour protéger la pièce d'appui.
- Réaliser une gorge de récupération et des perçages dans la traverse basse du dormant pour canaliser et évacuer l'eau.
- Utiliser un joint souple pour assurer l'étanchéité entre le dormant et l'ouvrant.

Les produits d'étanchéité

Pour augmenter les performances d'isolation des ouvrages, il est nécessaire d'avoir recours à des produits d'étanchéité divers.

Les conditions à remplir par les produits d'étanchéité

Ils doivent absorber les variations dimensionnelles des ouvrages, être durables, participer au confort thermique et acoustique, éviter de transmettre les vibrations, être résistants aux diverses agressions, faciliter la mise en œuvre et être économique.

Les joints extrudés

Il en existe une grande variété de formes et de tailles. Ils permettent principalement de réaliser l'étanchéité entre :

- l'ouvrant et le dormant ;
- un bas de porte et le sol.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Les joints mousse imprégnés

On emploie ces joints pour **pouvoir créer une étanchéité** entre les menuiseries et la maçonnerie, entre les menuiseries et les autres structures porteuses, entre les éléments de bardage, etc.

Ces mousses reçoivent un produit d'imprégnation (du bitume ; de la résine acrylique ; du caoutchouc synthétique) et en fonction de ce produit, ils sont utilisés pour assurer l'isolation thermique ou phonique ou à l'air du logement.

Testez vos connaissances

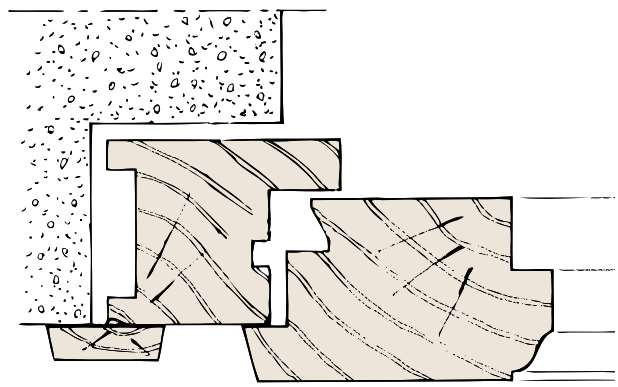
1. Citez les deux principes qui permettent de limiter le passage de l'air :

-
-

2. Citez les quatre principes qui permettent de limiter le passage de l'eau :

-
-
-
-

3. En s'aidant de la coupe verticale sur la croisée (voir figure 10.1), positionnez en dessinant sommairement sur le croquis les joints nécessaires à l'étanchéité, et indiquez sur le croquis la chambre de décompression :



Le bois et la sécurité incendie

chapitre 11

Bien que le bois soit un matériau combustible, il offre une bonne tenue au feu grâce à ses caractéristiques.

Comme tous les matériaux de construction, il est soumis à la réglementation incendie. De ce fait, il est classé en fonction de sa :

- réaction au feu ;
- résistance au feu.

Actuellement, deux classements concernant la réaction et la résistance au feu cohabitent :

- le classement français avec le **DTU feu-bois 88 ;**
- le classement européen avec les **Euroclasses** issues de la norme **NF EN 13501-1.**

11.1 La tenue au feu du bois

Du fait de **sa faible conductivité thermique,** le bois transmet moins vite la chaleur que d'autres matériaux (exemple : 1 500 fois moins vite que l'aluminium). Le cœur des ouvrages est par conséquent protégé du feu plus longtemps.

Exemples des diverses conductivités thermiques

Matériaux	Conductivité thermique λ en W/m.K
Panneau de particules	0,07
Sapin	0,12
Contreplaqué	0,15
Chêne	0,18 à 0,23

Matériaux	Conductivité thermique λ en W/m.K
Béton	1,40 à 1,75
Acier	50
Aluminium	230

En effet, lorsque le bois se consume, **la partie carbonisée en surface offre une isolation huit fois supérieure au bois lui-même**. Grâce à cette propriété, le bois se consume lentement (**0,7 m par face et par minute ; voir notes sur le DTU bois feu 88**). Ce qui lui **permet de conserver, en partie, ses propriétés mécaniques à cœur.** Le bois offre donc une meilleure stabilité des ouvrages que d'autres structures et une plus longue résistance. Cela permettant une évacuation des lieux dans des meilleures conditions.

D'autre part, le bois, sous l'effet du feu, ne se déforme pas comme par exemple l'acier. Lorsqu'il est prêt à rompre, la structure bois prévient en émettant des craquements.

La réglementation incendie est la même pour tous les matériaux, mais au vu de ses caractéristiques, de plus en plus de maîtres d'ouvrage de bâtiments collectifs choisissent le bois. Certains pays ont même exclu les menuiseries PVC au profit de celles en bois.

11.2 Réaction et résistance au feu

Les divers produits à base de bois doivent respecter des exigences de performances concernant la réaction au feu et la résistance au feu.

La réaction au feu

Cela représente l'aptitude d'un matériau à alimenter ou non le feu et à développer l'incendie.

La réaction au feu est définie en fonction de :

- la quantité de chaleur dégagée ;
- la présence ou non de gaz inflammables.

Cela concerne :

» les matériaux de revêtement (de sol, de mur, de plafond…) ;

» les éléments structurels de surface et non les éléments de structure de type poteaux et poutres.

Le classement français pour la réaction au feu

Ce classement comporte **cinq classes** qui vont de « facilement inflammable » à « incombustible ». Ainsi chaque matériau est classé en fonction de sa combustibilité.

Classe	Comportement
M0	Incombustible
M1	Non inflammable
M2	Difficilement inflammable
M3	Moyennement inflammable
M4	Facilement inflammable

Exemples de classement des produits en bois ou à base de bois

Produits en bois ou à base de bois	Épaisseur/traitement	Classes
Panneaux dérivés du bois (contreplaqué, latté, particules, fibres)	Épaisseur ≥ 18 mm	M3
Panneaux dérivés du bois (contreplaqué, particules, fibres)	Avec traitement ignifuge pour une utilisation intérieure	M1
Parquets en bois massif collés	Épaisseur ≥ 6 mm	M3
Panneaux d'ébénisterie	Choix d'un support M1 ou M0. Placage ignifugé et assemblage à l'aide d'une colle ignifugée	M1
Bois massif feuillus	Épaisseur ≥14 mm	M3
Bois massif résineux	Épaisseur ≥ 18 mm	M3

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

La résistance au feu

C'est le temps pendant lequel les matériaux peuvent jouer le rôle qui leur est dévolu malgré l'action de l'incendie.

Cela concerne :

» les éléments porteurs (poteaux, poutres, toitures, etc.) ;

» les éléments de séparation ou de protection (cloisons, portes, plafonds, etc.).

On tient compte de trois critères pour la résistance au feu. Ils sont **exprimés en fraction d'heure :**

» **la stabilité au feu (SF)** : temps durant lequel l'élément résiste mécaniquement. Les exigences de ces critères sont différentes selon le type de bâtiment (établissement recevant du public (ERP), bâtiment d'habitation, locaux commerciaux, etc.) ;

» **le degré pare-flamme (PF)** : temps durant lequel l'élément reste étanche aux flammes, aux fumées et aux gaz ;

» **le degré coupe-feu (CF)** : temps pendant lequel l'élément assure, à la face non exposée aux flammes, une isolation thermique suffisante pour ne pas l'échauffer.

Le degré de résistance

Le degré pare-flamme et le degré coupe-feu s'expriment par un temps compris entre ¼ d'heure et 6 heures.

Le DTU bois feu 88

Ce DTU précise que les éléments de bois ou à base de bois doivent résister dans une proportion de 0,7 mm par face et par minute durant un temps minimum d'1/2 heure dans les bâtiments recevant du public et d'1/4 d'heure dans les maisons individuelles. Ce DTU sera à terme remplacé par la série d'outils Eurocodes. Il existe l'Eurocode 5 partie 1-2 qui traite du comportement au feu des structures de charpente et des parois type ossature bois.

11.3 Harmonisation européenne et Euroclasses

Les Euroclasses permettent par la mise au point de méthodes d'essai d'adopter une classification commune à tous les pays européens. Cela dans le but que les produits de construction puissent bénéficier du marquage CE et donc prouver que le produit est apte à l'usage et respecte les exigences essentielles de la directive des produits de construction (DPC).

Concernant la réaction au feu et la résistance au feu, les deux systèmes de classement, français et européen, cohabitent actuellement.

Pour information

- L'arrêté du 21 novembre 2002 a transcrit dans la législation française les Euroclasses concernant la réaction au feu.
- L'arrêté du 22 mars 2004 a transcrit dans la législation française les Euroclasses concernant la résistance au feu.

Les Euroclasses pour la réaction au feu

Les Euroclasses **A1 à F** remplacent les classes **M0 à M4** du classement français.

Dans le classement européen **apparaissent deux nouveaux classements** qui se font en fonction :

» **du dégagement de fumée :**

- s1 : pas de fumée ;
- s2 : fumée ;
- s3 : production importante de fumée ;

» **de la production de gouttes enflammées :**

- d0 : pas de gouttes ;
- d1 : gouttelettes ;
- d2 : nombreuses gouttelettes.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Le tableau ci-après donne la correspondance entre les réglementations européenne et française.

Norme européenne (NF EN 13501-1)	Norme française
A1	Incombustible
A2 s1 d0	M0
A2 s1 d1	M1
A2 s2 d0	
s3 d1	
B s1 d0	
s2 d1	
s3	
C s1 d0	M2
s2 d1	
s3	
D s1d0	M3

Exemples de correspondance avec des essences de bois

Essences de bois	Classement européen	Classement français	Comportement
Mélèze	C s1 d0	M2	Difficilement inflammable
Chêne	D s1 d0	M3	Moyennement inflammable
Sapin	D s1 d0	M3	Moyennement inflammable

Les Euroclasses pour la résistance au feu

Les critères de performances sont fixés par la norme européenne **NF EN 13501-2,3 et 4** et leurs appellations sont modifiées :

- la **stabilité au feu** (**SF**) devient **résistance** (**R**) ;
- le degré **pare-flamme** (**PF**) devient **étanchéité au feu** (**E**) ;
- le degré **coupe-feu** (**CF**) devient **isolation thermique** (**I**).

Les mesures des degrés de résistance sont maintenant en minutes et non plus en heures.

Exemples :

- **CF 1h** devient **I60 ;**
- **PF 1/2h** devient **E30 ;**
- **SF 1/4h** devient **R15.**

Ce qu'il faut retenir

La tenue au feu du bois

Lorsque le bois se consume, la partie carbonisée en surface offre une isolation huit fois supérieure au bois lui-même. Grâce à cette propriété, le bois se consume lentement.
Ce qui lui permet de conserver, en partie, ses propriétés mécaniques à cœur, et donc d'offrir une bien meilleure stabilité des ouvrages que d'autres structures.

La réaction au feu

Cela représente l'aptitude d'un matériau à alimenter ou non le feu et à développer l'incendie.
Cela concerne les matériaux de revêtement et les éléments structurels de surface et non les éléments de structure de type poteaux et poutres.

La résistance au feu

C'est le temps pendant lequel les matériaux peuvent jouer le rôle qui leur est dévolu malgré l'action de l'incendie.
Cela concerne les éléments porteurs et les éléments de séparation ou de protection.

Le classement français pour la réaction au feu et la résistance au feu

Le classement pour la réaction au feu comporte **cinq classes** qui vont de facilement inflammable à incombustible :

Classe	Comportement
M0	Incombustible
M1	Non inflammable
M2	Difficilement inflammable
M3	Moyennement inflammable
M4	Facilement inflammable

Pour le classement à la résistance au feu, **on tient compte de trois critères** :

- la stabilité au feu (SF) ;
- le degré pare-flamme (PF) ;
- le degré coupe-feu (CF).

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Ces degrés sont **exprimés en fractions d'heure (¼ h, ½ h 6 h)** pour le degré pare-flamme et le degré coupe-feu. Pour **la stabilité au feu, les exigences sont différentes** selon le type de bâtiment.

Les Euroclasses pour la réaction au feu

Les Euroclasses **A1 à F** remplacent les classes **M0 à M4** du classement français.
Dans le classement européen **apparaissent deux nouveaux classements** qui se font en fonction :

- du dégagement de fumée ;
- de la production de gouttes enflammées.

Tableau de correspondance entre les normes européenne et française

Norme européenne (NF EN 13501-1)	Norme française
A1	Incombustible
A2 s1 d0	M0
A2 s1 d1	M1
A2 s2 d0	
s3 d1	
B s1 d0	
s2 d1	
s3	
C s1 d0	M2
s2 d1	
s3	
D s1d0	M3

Les Euroclasses pour la résistance au feu

La norme européenne NF EN 13501-2,3 et 4 fixe les critères de performance.
Les appellations changent :

- la **stabilité au feu** (**SF**) devient **résistance** (**R**) ;
- le degré **pare-flamme** (**PF**) devient **étanchéité au feu** (**E**) ;
- le degré **coupe-feu** (**CF**) devient **isolation thermique** (**I**).

Les mesures des degrés de résistance sont maintenant **en minutes** et non plus en heures.

Testez vos connaissances

1. Quelles sont les deux raisons pour lesquelles le bois offre une bonne tenue au feu :

•

•

2. Donnez la définition de la résistance au feu :

•

3. Donnez la définition de la réaction au feu :

•

4. Quels sont les trois critères pris en compte pour la résistance au feu :

•

•

•

5. Quelles sont les appellations de ces trois critères dans la réglementation Euroclasses :

•

•

•

6. Le classement français pour la réaction au feu comporte cinq classes. Indiquez en face de chaque classe le comportement du matériau :

Classe	Comportement
M0	
M1	
M2	
M3	
M4	

7. Par quelles Euroclasses dans la réglementation européenne les cinq classes françaises pour la réaction au feu sont-elles remplacées :

•

8. Dans le classement européen, pour la réaction au feu, apparaissent deux nouveaux classements. À partir de quels critères sont-ils fondés :

•

•

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

L'ergonomie

chapitre 12

L'ergonomie a pour objectif **d'adapter l'environnement aux besoins de l'homme.**

Cette « science » s'occupe de prescrire des règles dans des domaines aussi variés que :

- l'éclairage des locaux ;
- le dimensionnement des circulations dans les bâtiments ;
- l'étude du poste de travail ;
- le dimensionnement du mobilier ;
- etc.

Les règles de l'ergonomie sont fondées sur :

- l'étude des proportions du corps humain ;
- l'étude des mouvements et de l'amplitude du corps humain ;
- l'étude et l'impact de l'environnement sur l'homme ;
- l'étude sociologique et psychologique de l'homme.

Dans la vie courante, l'application des principes ergonomiques contribue à **adapter l'espace de travail ou de vie afin d'éviter les efforts et les gestes inutiles et d'apporter un meilleur confort lors de nos différentes activités humaines.**

12.1 Les proportions et les mensurations de l'être humain

Figure 12.1 *« L'homme de Vitruve »* de Léonard De Vinci (1452-1519)

Depuis que l'homme sait fabriquer des objets, il a porté pour son confort personnel **un intérêt particulier aux rapports dimensionnels entre les objets et les proportions humaines.**

Cette étude des proportions et des mensurations de l'homme a toujours été en constante évolution. À certaines époques, cette étude a espéré tendre vers des proportions idéales, mais ce principe se heurte au fait que des individus de même taille peuvent avoir des proportions différentes.

Les dimensions standardisées

• Avec l'évolution de l'homme, les proportions du corps sont actuellement les suivantes :

» une personne de taille moyenne fait 1,75 m ;

» la hauteur d'épaule se situe à 1,50 m du sol ;

» la hauteur du regard pointe à 1,63 m ;

» le bras tendu verticalement s'élève à 2,20 m ;

» les deux bras tendus à l'horizontale, leurs extrémités sont à une distance de 1,75 m.

• De nos jours, les dimensions standards utilisées dans l'ameublement traditionnel sont les suivantes :

» une assise de fauteuil de salon est située à 0,4 m du sol, avec une inclinaison du dossier entre 10° et 15° ;

» une assise de chaise est située à 0,45 m ;

» un dessus de table, de bureau ou d'un guéridon, entre 0,7 et 0,8 m ;

» un buffet ou un chiffonnier à 0,95 m ;

» un bar à 1,10 m.

Les normes ergonomiques

Les normes ergonomiques se basent sur des mesures moyennes, qui ne peuvent évidemment pas tenir compte de toutes les morphologies humaines, mais **qui permettent de définir des dimensions adaptées au plus grand nombre.**

Il existe des normes d'ergonomie spécifiquement adaptées à certains publics, par exemple dans les hôpitaux, les crèches, pour les personnes handicapées, etc.

Afin d'étayer nos propos, nous nous intéresserons à deux domaines d'application de l'ergonomie qui sont les dimensions de passage et l'agencement d'une cuisine.

Pour aller plus loin

Pour plus de précisions sur les principes généraux d'ergonomie, voir **la norme : NF EN ISO 28800, indice de classement : X 35-301**. Voir aussi *Technologie des métiers du bois*, tome 2, paragraphe 10.3 : « Ergonomie du poste de travail » (éditions Dunod).

12.2 Les dimensions de passage

Dans l'aménagement des locaux, l'un des principaux critères à prendre en considération concerne **les largeurs minimales de passage**. Ce dimensionnement a pour but de permettre aux personnes de circuler aisément entre :

- deux parois ;
- des meubles et une paroi ;
- entre des meubles.

Ces dimensions de passage doivent êtres prises en compte, par exemple dans l'agencement :

- d'une cuisine ;
- d'une chambre ;
- des couloirs de dégagement ;

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

» d'un escalier ;

» d'un séjour.

Les largeurs minimales de passage

Cinq largeurs minimales de passage sont définies. En fonction de la largeur utilisée, on permettra le passage d'une ou de plusieurs personnes, la mise en place et l'utilisation de meubles et la circulation des personnes entre le mobilier.

Dans le tableau ci-dessous, vous trouverez quelques exemples sur les conditions de passage en fonction de la largeur choisie.

Largeurs de passage (en cm)	Conditions de passage
60	Permet le passage d'une seule personne.
100	Permet le passage de deux personnes si l'une des deux s'efface légèrement.
120	Permet facilement le passage de deux personnes. On passe juste derrière une personne assise. Lorsque l'on ouvre un placard, on bouche le passage.
150	Permet le passage de trois personnes si l'une des trois s'efface légèrement. On passe facilement derrière une personne assise. Lorsque l'on ouvre un placard, une personne peut passer.
170	Permet facilement le passage de trois personnes. On passe facilement devant un meuble ouvert. On peut utiliser facilement un meuble ouvert.

Quelques exemples d'applications

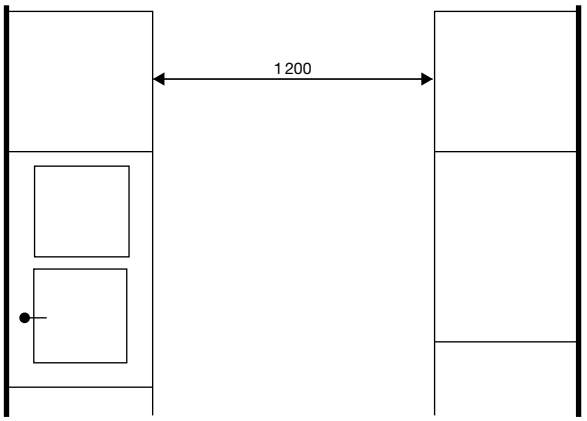


Figure 12.2 *Dimensions de passage dans une cuisine*

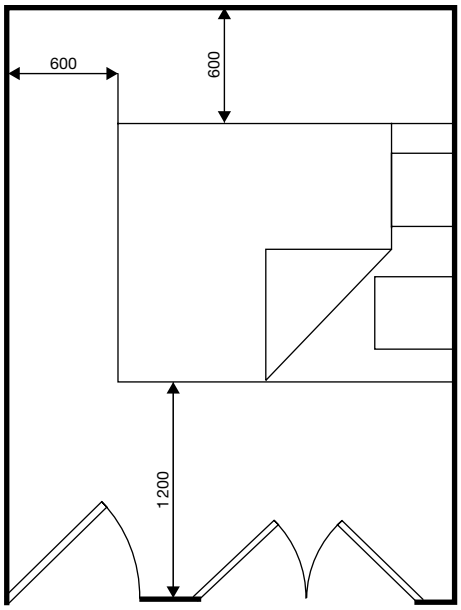


Figure 12.3 *Dimensions de passage dans une chambre*

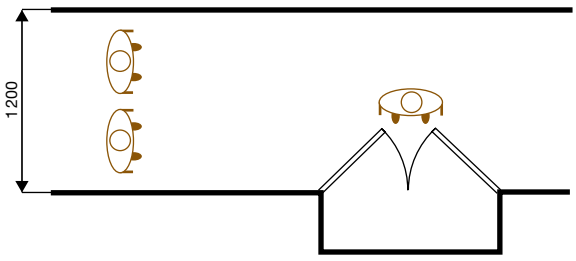


Figure 12.4 *Dimensions de passage dans un couloir de 120 cm*

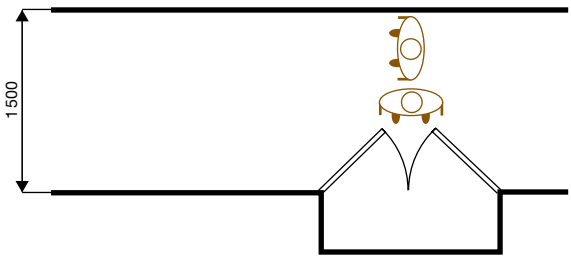


Figure 12.5 *Dimensions de passage dans un couloir de 150 cm*

Pour aller plus loin

Pour plus de précisions, voir **les normes : NF D 83-101 et NF D 83-102.**

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

12.3 L'agencement des cuisines

L'agencement d'une cuisine **se fait dans le souci de limiter les déplacements** entre les différentes zones de préparation et de stockage. **L'utilisation de meubles modulaires**, dont les hauteurs et les profondeurs sont normalisées, **permettra de travailler et de pouvoir accéder aux rangements de façon pratique et sans danger**.

Les principaux éléments composant une cuisine

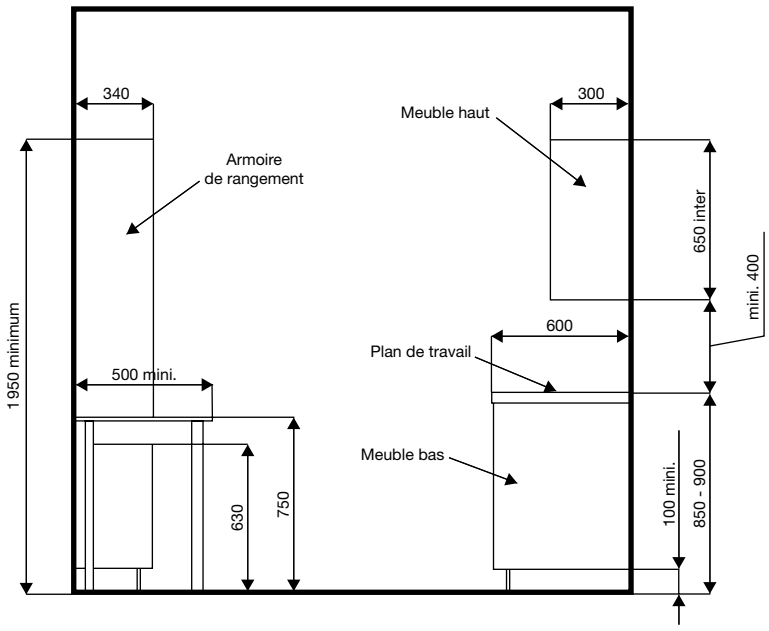
- **Le meuble bas de rangement** : ce meuble équipé de tiroirs ou de portes permet d'intégrer des équipements spécifiques, sert à stocker la nourriture, les couverts, etc. Il peut reposer sur un socle ou sur des pieds de meubles. Ces derniers sont réglables en hauteur, avec une plinthe venant se clipser dessus.
- **Le meuble bas pour l'électroménager encastrable** : ce meuble est destiné à intégrer les appareils de type lave-vaisselle, four, et permet de conserver une ligne esthétique à la cuisine.
- **Le meuble haut de rangement** : ce meuble de rangement est destiné à être fixé au mur, au-dessus du plan de travail
- **Le bloc-évier (meuble bas)** : ce meuble intègre l'évier et un meuble sous évier destiné à divers rangements.
- **Le plan de travail** : élément horizontal placé sur un ou plusieurs meubles bas et destiné à servir de poste de travail.
- **L'armoire de rangement** : ce meuble continu part du sol et s'arrête au niveau supérieur du meuble haut. Il peut être équipé d'une ou de plusieurs portes. Il intègre divers équipements qui permettent le stockage des aliments ou des ustensiles de cuisine.

Les dimensions des meubles de cuisine

Dans le tableau ci-dessous, nous reprenons les différentes caractéristiques dimensionnelles des éléments de cuisine.

Meubles ou éléments	Hauteurs	Profondeurs	Largeurs
Meuble bas avec plan de travail	Entre 850 et 900 mm	600 mm	600 et 1 200 mm (module de 300 mm) ou 800 et 1 600 (module de 400 mm)
Armoire de rangement	Minimum 1 950 mm	340 mm avec portes (300 mm utile)	
Meuble haut	650 mm intérieur. Hauteur libre entre le plan de travail et la partie inférieure du meuble haut = 400 mm minimum	340 mm avec portes (300 mm utiles)	
Plinthe	100 mm minimum		
Tiroir	80 mm (hauteur utile)	450 mm (profondeur utile)	
Table de cuisine	750 mm (hauteur du dessus de table) 620 mm sous la ceinture	500 minimum	800 minimum

Figure 12.6 *Dimension des éléments de cuisine*



© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

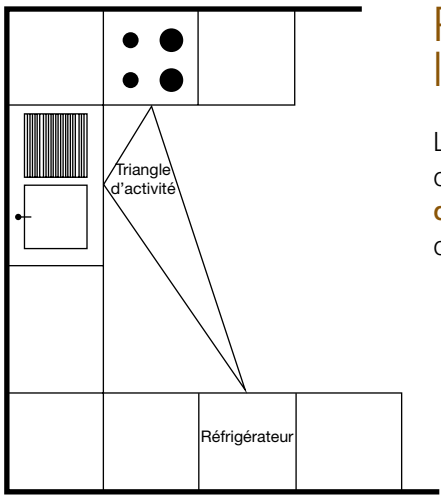


Figure 12.7 *Triangle d'activité*

Plan d'aménagement des cuisines : le triangle d'activité

Les déplacements dans une cuisine sont sources de fatigue et de pertes de temps. **L'analyse des mouvements révèle que les déplacements s'opèrent autour de trois centres d'activités**, qui sont :

- **le rangement** (meubles de rangement et réfrigérateur) ;
- **la cuisson** ;
- **le nettoyage**.

En reliant ces trois postes, on obtient le triangle d'activité. Plus la distance à parcourir dans ce triangle est courte, plus on travaille vite et moins on se fatigue. Il est nécessaire de tenir compte de ce principe dans la conception d'une cuisine.

Les quatre configurations de base de la cuisine

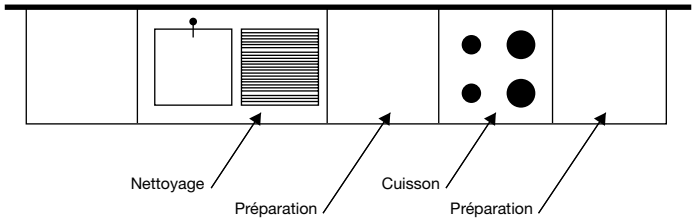
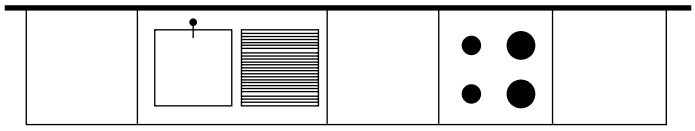


Figure 12.8 *Cuisine en longueur*



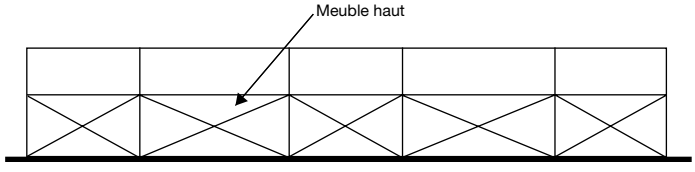


Figure 12.9 *Cuisine en lignes parallèles*

• La cuisine en longueur

Cette cuisine convient pour les pièces en longueur. **Les éléments sont posés en ligne continue sur un même mur**. On y retrouve les postes de travail les plus importants (préparation, cuisine, nettoyage). Ces cuisines généralement étroites ne permettent pas l'installation d'une table de cuisine.

Attention à ne pas dépasser 290 cm de longueur. Au-delà, les parcours au sein de la cuisine seraient trop longs.

• La cuisine en lignes parallèles

Deux murs parallèles sont équipés d'éléments de cuisine. **Sur un mur,** on retrouve **les éléments de rangement**. **Sur le mur en face,** on retrouve **les activités de préparation et de cuisson**.

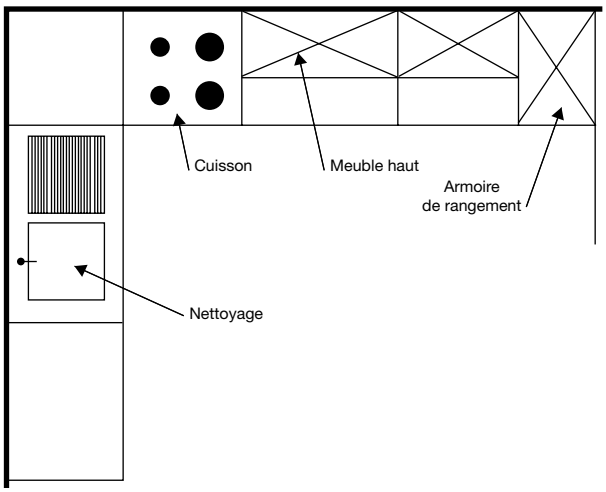


Figure 12.10 *Cuisine en L*

• La cuisine en L

Dans cette configuration, **l'évier et le coin cuisson peuvent être disposés près de l'angle**. Cette disposition permet de limiter les déplacements. L'évier sera placé de préférence sous la fenêtre pour bénéficier de l'éclairage naturel. L'espace restant libre permettra l'installation d'un coin repas.

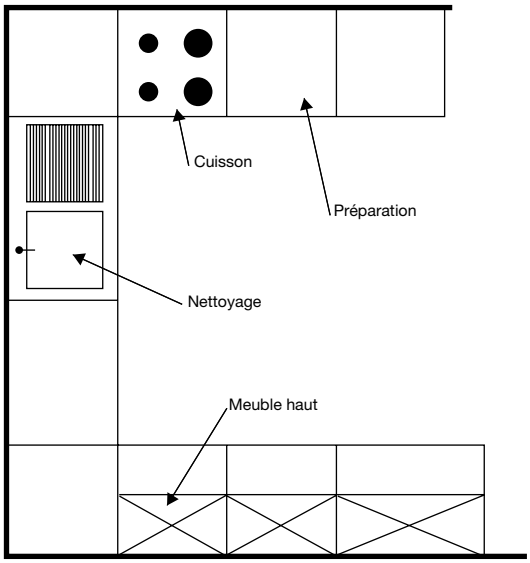


Figure 12.11 *Cuisine en U*

• La cuisine en U

Cet aménagement est surtout utilisé dans des espaces carrés ou rectangulaires de surface moyenne. Pour éviter de trop grands déplacements, **on regroupera les activités de préparation et de cuisson sur un même mur ou des deux côtés d'un angle**. Le dernier mur sera consacré aux meubles de rangements.

Pour aller plus loin

Pour plus de précisions, voir **les normes NF D 62-020 et NF D 62-023.**

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Ce qu'il faut retenir

L'ergonomie

L'ergonomie a pour objectif d'adapter l'environnement aux besoins de l'homme.

L'application des principes d'ergonomies contribue à adapter l'espace de travail ou de vie afin d'éviter les efforts et les gestes inutiles et d'apporter un meilleur confort lors de nos différentes activités humaines.

Étude des proportions et des mensurations de l'homme

Les dimensions standards utilisées dans l'ameublement traditionnel sont basées sur une personne moyenne de 1,75 m. À partir de cela, on a établi les dimensions du mobilier.

Les normes ergonomiques se fondent sur des mesures moyennes, qui ne peuvent pas tenir compte de toutes les morphologies humaines, mais qui permettent de définir des dimensions adaptées au plus grand nombre.

Les dimensions de passage

Cinq largeurs de passage sont définies (60, 100, 120, 150 et 170 cm). Ce dimensionnement a pour but de permettre aux personnes de circuler aisément entre deux parois, entre des meubles et une paroi et entre des meubles.

Ces dimensions doivent être prises en compte lors de l'agencement d'une cuisine, d'un séjour, d'une chambre, etc.

L'agencement d'une cuisine

L'agencement d'une cuisine se fait dans le souci de limiter les déplacements entre les différentes zones de préparation et de stockage. Les dimensions des meubles permettent de travailler de façon pratique et sans danger.

Plan d'aménagement d'une cuisine

Le triangle d'activité : les déplacements dans une cuisine s'opèrent autour de trois centres d'activités qui sont : le rangement, la cuisson et le nettoyage. Plus les déplacements sont courts entre ces centres d'activité, plus on travaille vite et moins on se fatigue.

Les quatre configurations de base de la cuisine :

- La cuisine en longueur : les éléments sont posés en ligne continue sur un même mur et on y retrouve les postes de préparation, de cuisine et de nettoyage. Au-delà de 290 cm, les parcours au sein de la cuisine deviennent trop longs.
- La cuisine en lignes parallèles : sur un mur, on retrouve les éléments de rangement. Sur le mur en face, on retrouve les activités de préparation et de cuisson.
- La cuisine en L : dans cette configuration, l'évier et le coin cuisson peuvent être disposés près de l'angle. Cette disposition permet de limiter les déplacements. L'espace restant libre permettra l'installation d'un coin repas.
- La cuisine en U : pour éviter de trop grands déplacements, on regroupe les activités de préparation et de cuisson sur un même mur ou sur les deux côtés d'un angle. Le dernier mur est consacré aux meubles de rangement.

Testez vos connaissances

1. Quel est le but de l'ergonomie :

•

2. Désignez les hauteurs standards des meubles suivants :

• *une assise de chaise* →

• *un dessus de table* →

3. Dans une largeur de passage de 120 cm, peut-on :

a ☐ *passer à trois personnes*

b ☐ *passer à deux personnes*

4. Quelle largeur de passage permet d'utiliser facilement un meuble ouvert :

a ☐ *la largeur de passage de 100 cm*

b ☐ *la largeur de passage de 120 cm*

c ☐ *la largeur de passage de 150 cm*

d ☐ *la largeur de passage de 170 cm*

5. À quoi correspond le triangle d'activité dans une cuisine :

•

6. Quelles sont les quatre configurations de base d'une cuisine :

•

•

•

•

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Partie 4

Communication technique

Les documents de fabrication

chapitre 13

Les documents de fabrication, tels que le contrat de phase et la fiche suiveuse, sont généralement **établis par le bureau des méthodes**. Ils permettent aux opérateurs des machines de préparer le poste de travail, de régler les machines, de contrôler la fabrication et de relever les temps de fabrication nécessaires aux calculs des coûts de revient des ouvrages.

13.1 Le dossier de fabrication

Lorsqu'on lance la fabrication d'un ouvrage ou d'un agencement se pose la question du choix des documents techniques à produire afin de constituer un dossier de fabrication. Celui-ci doit permettre la réalisation des ouvrages suivant les exigences du client tout en maîtrisant la qualité et les coûts.

Constitution d'un dossier

La constitution de ce dossier de fabrication dépendra des critères suivants :

- **structure de l'entreprise** :
  - artisanale ou industrielle ;
  - présence d'un bureau d'études ou/et des méthodes ;
- **compétences de l'entreprise** à produire les documents de fabrication :
  - présence au sein de l'entreprise de personnels qualifiés ;
  - moyens techniques (informatiques ou traditionnels) pour produire les documents ;
- **production unitaire ou en série** de l'ouvrage ;
- **exigences de qualité** imposées parfois par un cahier des charges de l'ouvrage ;

» **production en interne ou en externe** (sous-traitance) des pièces composant l'ouvrage ;

» **financières** (marge dégagée sur les produits).

Exemples

Dans le cas d'un ouvrage réalisé de façon unitaire et non répétitive dans le temps, on se contentera de produire un minimum de documents. Ils permettront la validation du produit par le client, et la compréhension technique pour l'atelier. On produira, donc, essentiellement des plans techniques tels que :

- des plans d'ensemble ;
- des perspectives ;
- des croquis techniques ;
- des plans de définition ou des plans sur règles et des épures.

Dans le cas d'un ouvrage réalisé en série, par exemple tous les mois, on établira un certain nombre de documents techniques. Ils permettront d'optimiser la production et d'assurer la qualité et les coûts de fabrication. On trouve, dans ce cas, des documents tels que :

- des plans techniques (plans d'ensemble, de définition, etc.) ;
- des documents d'ordonnancement (gamme d'usinage, planning de phase, analyse de fabrication ou analyse de phase) ;
- des documents de fabrication (fiche suiveuse, contrat de phase).

13.2 Le contrat de phase

But du contrat de phase : c'est un document établi par le bureau des méthodes et qui est destiné à l'atelier. Il comporte tous les renseignements utiles à la réalisation d'une phase donnée et définit les moyens et les conditions d'usinage. Ce document permet à un opérateur, à la fois d'effectuer l'ensemble des réglages et de choisir l'outil nécessaire à l'opération d'usinage.

Les différentes parties d'un contrat de phase

Le contrat de phase fait apparaître les informations suivantes :

❶ Informations générales

Ces informations renseignent sur la désignation, la nature et l'importance de la production à réaliser. On y trouve :

» le nom du client ;

- le nom du projet ;
- les noms de l'ensemble et du sous-ensemble auquel appartient la pièce ;
- le nom et la désignation de l'élément (« pièce ») ;
- la matière et le nombre de pièces à fabriquer avec la cadence.

❷ Informations relatives à la phase

Ces informations portent sur :

- le numéro de phase (numérotation en dizaine sans unité = 10, 20…) ;
- la désignation de la phase ;
- la désignation de la machine-outil.

Définition de la phase

Elle correspond à une étape précise dans le processus de fabrication (par exemple : rainurage d'une traverse) à laquelle est associé un outil (par exemple : une fraise à rainurer de 5 mm), des réglages spécifiques (par exemple : réalisation d'une rainure de 10 x 5 mm) et une machine (par exemple : toupie). La modification de l'un des éléments de l'usinage entraîne le passage à une autre phase de fabrication.

❸ Informations relatives aux opérations d'usinage

On trouve dans cette partie des informations sur :

- le numéro de la sous-phase (numérotation en dizaine avec un changement de l'unité = 11, 12…) ;
- la désignation de la sous-phase ;
- le numéro de l'opération (numérotation en centaine, dizaine et avec un changement de l'unité = 111, 112, 113…) ;
- la désignation de l'opération.

Définitions

Sous-phase : elle correspond à un changement de mise en position de la pièce sur les référentiels (table, guide) de la machine au cours de la phase.
Opération : elle représente la transformation de la pièce avec la même mise en position sur les référentiels lors d'une phase ou d'une sous-phase d'usinage.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

❹ Informations relatives aux éléments et aux paramètres de coupe

Dans cette partie, on trouve les informations suivantes :

- les références des outillages utilisés ;
- les caractéristiques des outillages utilisés ;
- les paramètres d'usinage (voir *Technologie des métiers du bois*, tome 2, chapitre 12) ;
- les informations sur les moyens de contrôle (noms et caractéristiques des outillages de contrôle utilisés).

❺ Informations relatives au réglage de la machine et à la mise en position de la pièce

Les croquis de phase ont une importance cruciale lors du réglage de la machine. Chaque croquis représente une transformation subie par la pièce au cours de l'usinage.

On dessine autant de croquis que d'opérations dans une même phase.

Ils doivent être réalisés aux instruments de traçage, hors échelle.

La vue doit se rapprocher le plus possible de la position réelle de la pièce sur la machine, en cours d'usinage.

Sur ces croquis, on doit faire apparaître :

- les contours des surfaces usinées. Ils sont représentés en trait fort (environ 2 mm) ;
- le sens du fil du bois pour indiquer le sens de la vue (vue en bois de bout ou en bois de fil) ;
- les appuis de la pièce et les moyens de maintien en position. Ils sont représentés à l'aide de symboles normalisés (voir, dans ce chapitre, la partie concernant la symbolisation des appuis et maintien en position) ;
- **la cotation de fabrication. On distingue les cotes suivantes :**
  - **Cote machine (*Cm*) :** c'est la distance entre le référentiel machine et la surface usinée (Voir fig. 13.1),
  - **Cote outil (*Co*) :** cette cote définit la forme et la dimension de l'empreinte laissée par l'outil (Voir fig. 13.2),
  - **Cote appareillage (*Ca*) :** cette cote dépend d'un système de réglage auxiliaire (gabarit, montage d'usinage, règle avec butées, etc.). Elle permet de réaliser un usinage à l'aide d'un appui ponctuel (butées de réglages de longueur de mortaise, butées pour un profilage arrêté sur la toupie, etc.),

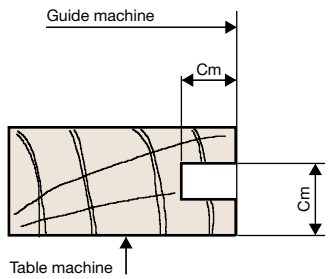


Figure 13.1 *Cote machine*

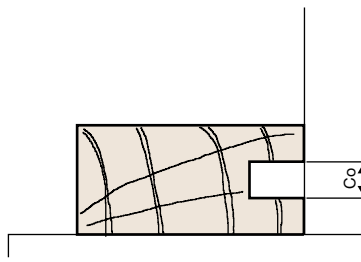


Figure 13.2 *Cote outil*

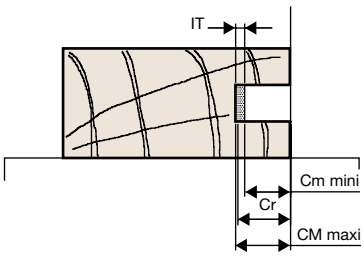


Figure 13.3 *Cote de réglage*

• **Cote de réglage (*Cr*) :** elle est calculée à partir des cotes machines « tolérancées ». Elle permet de régler l'outil et de rester dans **l'intervalle de tolérance (*IT*)** imposé par le bureau des méthodes. L'intervalle de tolérance est l'écart maximal (en mm) entre la côte CM maximale et Cm minimale.

• La cote de réglage se calcule de la façon suivante :

$$Cr = CM - IT/3$$

Exemple d'un contrat de phase

CONTRAT DE PHASE

❶

CLIENT : Lycée professionnel
PROJET : Agencement de bureau
ENSEMBLE : Lambris d'appui
SOUS ENSEMBLE : Cadre

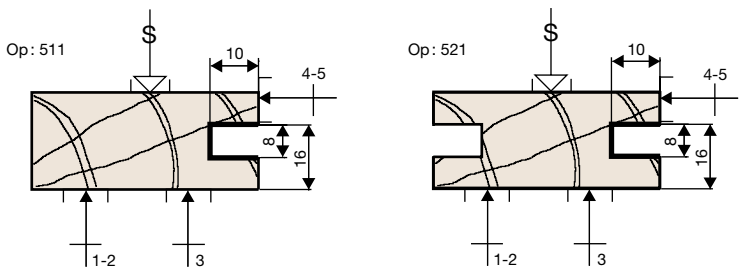
REPÈRE : 202
DÉSIGNATION : Montant intermédiaire
MATIÈRE : Chêne
QUANTITÉ : 20

❷

PHASE N : 50 **DÉSIGNATION** : Rainurage
MACHINE-OUTIL : Toupie à arbre vertical (TOV)

❸ Opération d'usinage			❹ Outil			❹ Paramètres de coupe					❹ Contrôles
Repère		Désignation	Référence outil	d_e	Z	n	Vc	a_p	f_z	V_f	
S. ph	Op.										
51		Rainurage 1er chant									
	511	Usiner la rainure	F.R. 05-10	160	4	6000	50	10	0,25	6	Calibre à coulisse
52		Rainurage 2e chant									
	521	Usiner la rainure	F.R. 05-10	160	4	6000	50	10	0,25	6	Calibre à coulisse

❺ **CROQUIS DE PHASE**



Établi par : O. HAMON exécuté par :
Le : 27/02/2012 Le :

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

13.3 Notions d'isostatisme

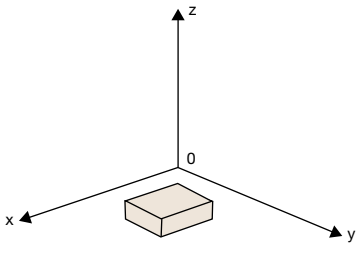


Figure 13.4

La symbolisation des appuis, repérés de 1 à 6, correspond aux **degrés de liberté** (ou mouvements) que l'on a supprimés à la pièce pour pouvoir l'usiner.

La mise en position des pièces sur une machine se fait par rapport à trois axes appartenant à un espace tri-directionnel.

Ces trois axes de référence sont : OX, OY et **OZ.**

Un solide peut se mouvoir autour des trois axes directionnels.

Afin de pouvoir mettre en position une pièce sur le référentiel machine, il nous faut connaître les mouvements possibles de cette pièce par rapport à ces trois axes.

Conventions

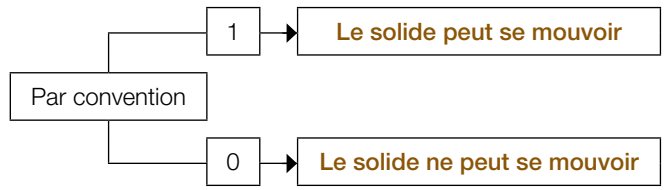
Si, sur l'un des axes, le solide peut :

- se déplacer parallèlement : on dit qu'il effectue une **translation ;**
- tourner autour : on dit qu'il effectue une **rotation.**

Par convention :

- **la translation** est identifiée par lettre **T** ;
- **la rotation** est identifiée par lettre **R**.

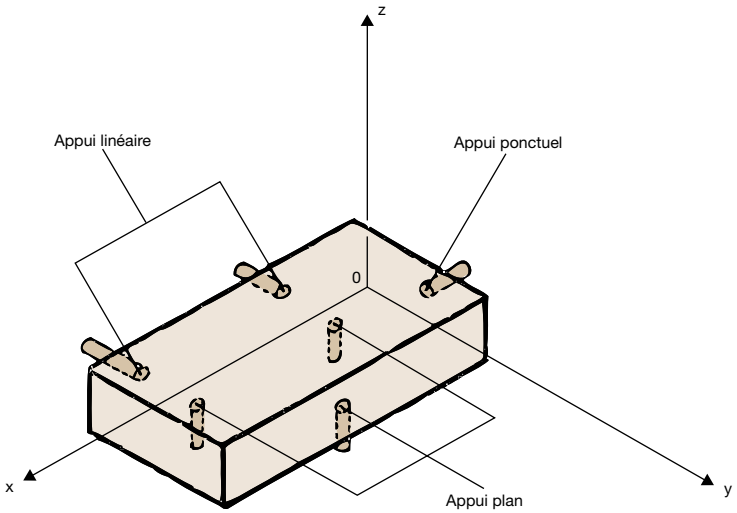
Lorsqu'un mouvement sur un axe est possible :



Identification des mouvements possibles d'un solide dans l'espace

À l'aide du schéma (fig. 13.5) et d'un tableau récapitulatif des mouvements, nous pouvons identifier le nombre de mouvements possibles d'un solide dans l'espace.

Figure 13.5



		Mouvements		
		T	R	
Axes	X	1	1	= 2
	Y	1	1	= 2
	Z	1	1	= 2

→ = 6

Conclusion : Un solide dans l'espace possède **6 mouvements possibles**. Ces mouvements sont appelés **degrés de liberté**.

Mise en position

Pour mettre en position une pièce sur une machine, il faut :

Supprimer les 6 degrés de liberté

↓

Que faut-il faire pour supprimer ces six dégrés de liberté ?

↓

Appui	Nb de contacts	Degrés de liberté supprimés	Surface de référence
Plan	3	1 translation sur Z 1 rotation sur Y 1 rotation sur X	SR1
Linéaire	2	1 translation sur Y 1 rotation sur Z	SR2
Ponctuel	1	1 translation sur X	SR3

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

13.4 La symbolisation des appuis et des maintiens en position

La symbolisation des appuis et des maintiens en position est issue de la norme **NF E 04-013**.

Les appuis, au nombre de six, sont symbolisés de la façon suivante :

» **symbolisation frontale :**

» **symbolisation projetée :**

On affecte à chaque appui un numéro qui correspond à une surface ou à un organe auxiliaire de la machine employée :

» **les appuis 1, 2 et 3** correspondent aux appuis plans (ils représentent, généralement, la table de la machine) ;

» **les appuis 4 et 5** correspondent aux appuis linéaires (ils représentent, généralement, le guide de la machine) ;

» **l'appui 6** correspond à un appui ponctuel (il représente une butée de machine).

Cette symbolisation des appuis et des maintiens est complétée par des éléments qui permettent d'identifier la nature de la surface de la pièce et la nature de la surface d'appui ou de maintien.

Chaque symbole se construit alors à l'aide de 4 éléments qui déterminent :

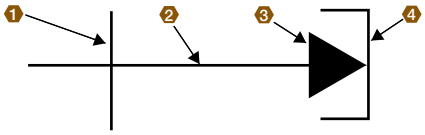
» ❶ **le type de technologie** (appui fixe ou serrage) ;

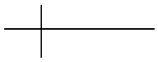
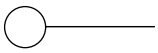
» ❷ **l'état de la surface de la pièce**, mise en contact avec l'appui (usinée ou brute) ;

» ❸ **la fonction de l'élément de technologie** (appui ou maintien) ;

» ❹ **la nature de la surface d'appui ou de maintien** (surfacique ou ponctuel).

Composition d'un symbole :



❶ Type de technologie		❷ Nature de la surface de la pièce	❸ Fonction de l'élément technologique	❹ Nature de la surface d'appui ou de maintien	
Technologie	**Symbole**			**Nature**	**Symbole**
Appui fixe		Surface brute	Appui Symbolisation frontale Symbolisation projetée	Contact surfacique	
Centrage fixe					
Système de serrage		Surface usinée	Maintien Symbolisation frontale Symbolisation projetée	Contact ponctuel	

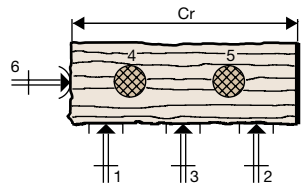
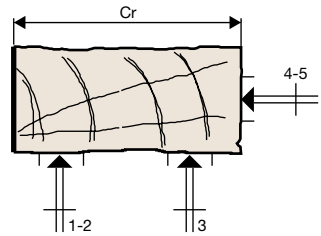
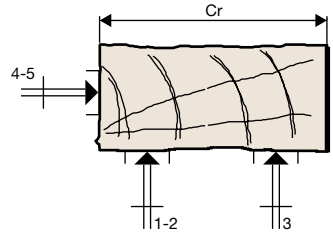
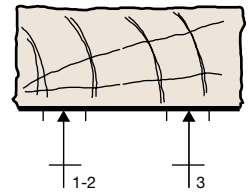
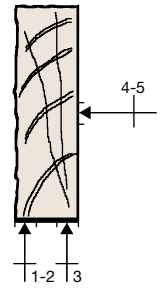
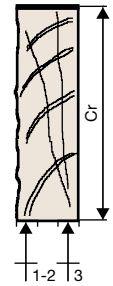
Pour plus d'information

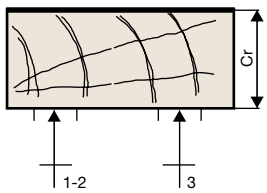
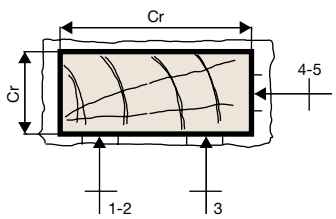
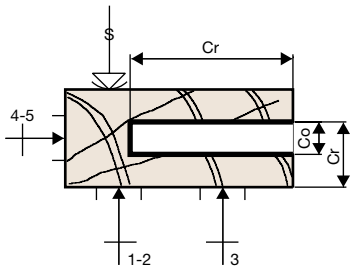
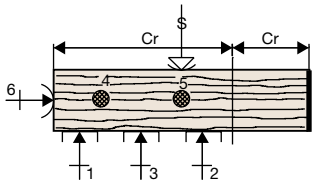
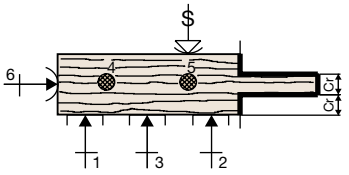
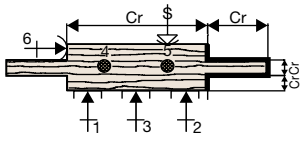
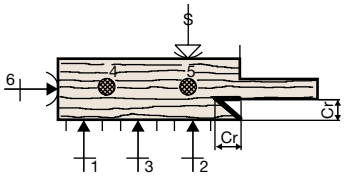
Voir le chapitre 2 : « Les montages d'usinage ».

13.5 Les principaux croquis de phase

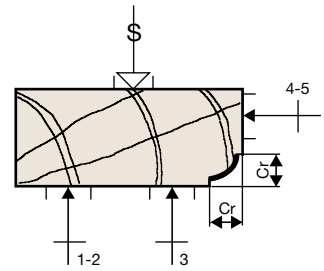
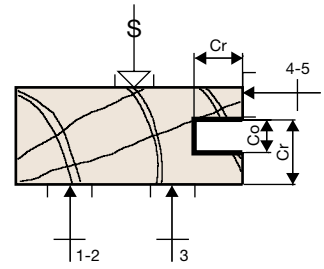
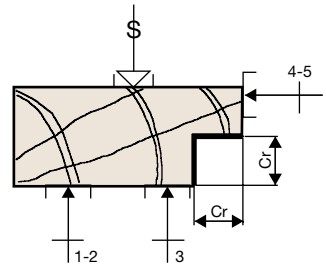
La représentation des croquis de phase dépend de l'opération et de la machine-outil employée. Ils sont utilisés non seulement pour les contrats de phase mais aussi pour les gammes d'usinage. Dans le tableau ci-dessous, on trouve des croquis utilisés très régulièrement dans ces documents. La liste n'est pas exhaustive et les symboles employés dans ce tableau pour les opérations et les machines sont des symboles conventionnels et non normalisés.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Opérations		Croquis	Machines	
Désignation	Symbole		Désignation	Symbole
Tronçonnage	tro		Scie circulaire à tronçonner	SCT
Délignage	del		Scie circulaire à déligner	SCD
Délignage	del		Scie à ruban	SR
Dégauchir une face	deg		Dégauchisseuse	DE
Dresser un chant	deg		Dégauchisseuse	DE
Mise en largeur	rab		Raboteuse	RA

Opérations		Croquis	Machines	
Désignation	Symbole		Désignation	Symbole
Mise en épaisseur	rab		Raboteuse	RA
Calibrage 4 faces	cal		Corroyeuse 4 faces	Q4F
Mortaisage	mor		Mortaiseuse à mèche	MOM
Tenonnage : Mise à longueur du tenon	màl		Tenonneuse à dérouleurs	TED
Tenonnage : Exécution du premier tenon	ten		Tenonneuse à dérouleurs	TED
Tenonnage : Exécution du second tenon	ten		Tenonneuse à dérouleurs	TED
Tenonnage : contre profilage	ten		Tenonneuse à dérouleurs	TED

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Opérations		Croquis	Machines	
Désignation	Symbole		Désignation	Symbole
Profilage	pro		Toupie à arbre vertical	TOV
Rainurage	Rai		Toupie à arbre vertical	TOV
Feuillurage	feu		Toupie à arbre vertical	TOV

13.6 Les tolérances dimensionnelles

Introduction

Pour assurer la qualité d'une fabrication, il faut bien évidement respecter rigoureusement la cotation définie sur les différents plans. Mais, lors de la fabrication d'une série de pièces identiques, des variations dimensionnelles apparaissent. Ceci est dû aux imperfections des machines, à l'usure des outils, à la précision des appareils de mesure et de réglage, à la variation naturelle du bois lié à son séchage et l'hydrométrie de l'air, etc.

En regard de ces différents aléas de fabrication, il est quasiment impossible d'obtenir des pièces ayant toutes une précision

au 1/10e de millimètre. Ce n'est pas pour autant qu'il faut les considérer comme défectueuses et les mettre au rebus.

Les tolérances permettent de définir une amplitude dimensionnelle à partir de laquelle la pièce peut être considérée comme défectueuse. Le but des tolérances est à la fois **de limiter les rebuts et d'assurer la qualité de l'ouvrage**.

Définir une tolérance

Les tolérances sont **établies par le bureau d'études, puis contrôlées et ajustées par celui des méthodes**.

Elles sont indiquées dans **les plans de définition**. Pour les définir, il faut connaître la fiabilité et la précision réelle de chaque machine utilisée, en s'appuyant sur des relevés et des statistiques déjà établis sur des usinages antérieurs. On appelle cela **la dispersion machine**.

Pour plus d'information

Voir le paragraphe 18.2 : « La carte de contrôle ».

Les tolérances sont mesurables, elles sont donc suivies et contrôlées durant l'usinage par une carte de contrôle. Cela peut être :

- **une tolérance dimensionnelle :** une distance, une cote ;
- **une tolérance de forme, d'orientation ou de position** : le respect d'un angle, la planéité et le parallélisme entre deux surfaces, une symétrie, etc.

L'intervalle de tolérance (IT)

- **L'intervalle de tolérance (IT) ❶** : c'est l'écart entre **la cote maximale (CM) ❷ et la cote minimale (Cm) ❸**. Celui-ci correspond à la marge d'erreur autorisée.
- **Cote nominale (CN) ❹** : c'est la cote de référence inscrite sur le dessin.
- **Écart supérieur (Es) ❺** : c'est la valeur qui permet d'obtenir la cote maximale à partir de la cote nominale.

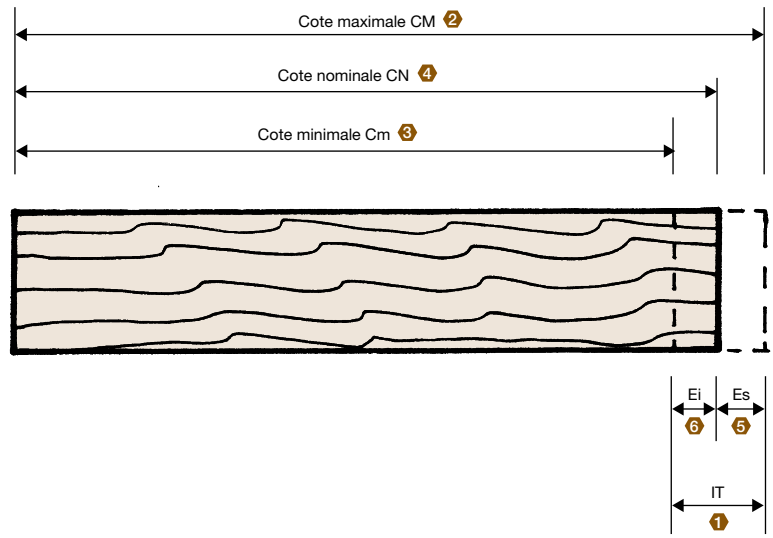
$$Es = CM - CN$$

- **Écart inférieur (Ei) ❻** : c'est la valeur qui permet d'obtenir la cote minimale à partir de la cote nominale.

$$Ei = Cm - CN$$

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Figure 13.6 *L'intervalle de tolérance*



On en déduit la valeur de l'intervalle de tolérance :

$$IT = CM - Cm = Es - Ei$$

La représentation graphique de l'intervalle de tolérance est exprimé à partir de la cote nominale avec les signes + et - .
Exemple : 20 ± 0.2

Exemples

• Prenons une cote de : 20 ± 0.2mm. On a :
à +0,2 (Es), la cote maximale CM = 20 + 0,2 = 20,2
à - 0,2 (Ei), la cote minimale Cm = 20 – 0,2 = 19,8
La cote usinée doit donc être comprise entre 20,2 et 19,8. On obtient donc un intervalle de tolérance de 20, 2 – 19,8 = 0,4 mm.

• Prenons une cote de : $30\ ^{+\ 0.8mm}_{-\ 0.1mm}$. On a :
à +0,8 (Es), la cote maximale CM = 30 + 0,8 = 30,8
à - 0,1 (Ei), la cote minimale Cm = 30 – 0,1 = 29,9
La cote est donc comprise entre 30,8 et 29,9. On obtient un IT de 30,8 – 29,9 = 0,9 mm.

13.7 La cotation fonctionnelle

Introduction

Pour obtenir un ouvrage de qualité, des jeux de fonctionnement doivent être assurés. Un ouvrage ou un sous-ensemble est constitué de différentes pièces. **Leurs tolérances s'ajoutent entre elles**, et font varier les jeux nécessaires à l'assemblage ou au fonctionnement.

La cotation fonctionnelle permet de prévoir et calculer les liens qui existent entre les jeux de fonctionnement et les tolérances des pièces.

Le but est également de diminuer les coûts de fabrication en donnant les plus larges tolérances possibles.

La cote condition

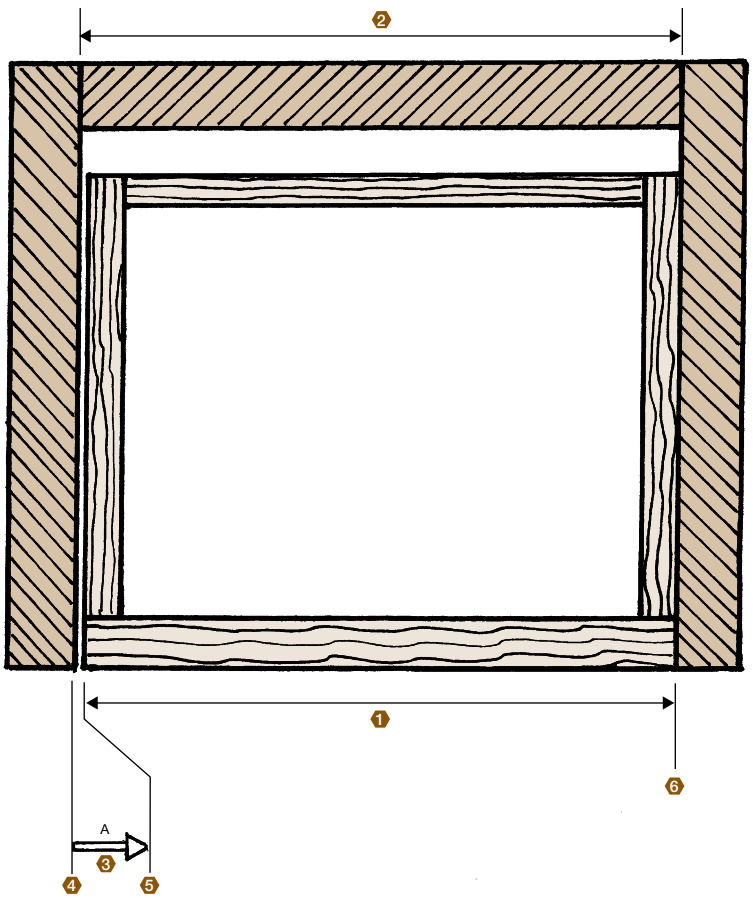


Figure 13.7 *La cote condition d'un tiroir*

Une cote condition est une cote avec tolérance, inscrite sur le dessin d'ensemble. Elle dépend directement de la somme des intervalles de tolérance des cotes des pièces concernées (dans l'exemple : le panneau arrière ❷, et la façade du tiroir ❶). **Elle exprime une exigence liée à un jeu de fonctionnement** pour :

- **un assemblage** (tenon mortaise, etc.) ;
- **un fonctionnement d'un mécanisme** (coulisse, charnière, etc.) ;
- **un sous-ensemble** (tiroir, porte, abattant, etc.).

La représentation graphique de la cote condition (A) ❸ indique son orientation : elle est soit de la gauche vers la droite (⇒), soit du bas vers le haut (⇑). Les deux surfaces encadrant la cote condition sont

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

appelées **les surfaces terminales** ❹ ❺. Et les surfaces de contact entre les deux sous-ensembles, constituant la chaîne de cote, sont nommées **les surfaces de liaison** ❻.

Le transfert de cote

C'est le moyen pour déterminer l'intervalle de tolérance d'une cote par rapport à d'autres déjà établies.

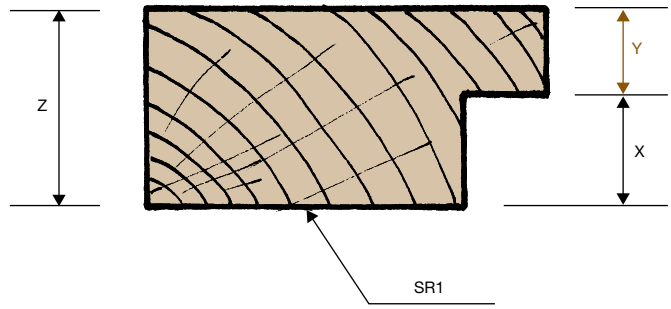


Figure 13.8 *Section d'une pièce*

Dans l'exemple :

- Z et X sont des **cotes fonctionnelles**, qui débutent d'une surface de référence (SR1) ;
- X est une **cote de fabrication** : cote machine (Cm), cote réglage (Cr), cote outil (Co), etc. ;
- Y est la **cote transférée** (la cote condition), elle dépend de Z (l'épaisseur de la pièce) et de X (l'usinage de la feuillure).

Z et X ont des IT déjà déterminées par le bureau des méthodes.

L'intervalle de tolérance de Y (cote condition) :

Y au maximum : $Y_{maxi} = Z_{maxi} - X_{mini}$

Y au minimum : $Y_{mini} = Z_{mini} - X_{maxi}$

Exemple

Prenons comme valeurs : Z = 30 ± 0,2 mm , X = 10 ± 0,5 mm et Y = 20.
On a : Y_{maxi} = 30,2 – 9,5 = 20,7 mm
Et : Y_{mini} = 29,8 – 10,5 = 19,3 mm
Donc, dans cet exemple, Y = 20 ± 0,7 mm . On constate que l'IT de Y est la somme des IT des pièces concernées (Z = ± 0,2 mm + X = ± 0,5 mm).

On en déduit donc la formule :

IT de la cote condition = somme des IT des cotes composantes (Z et X)

Dans le cas où les cotes composantes possèdent une tolérance + et – qui ne sont pas identiques, il faut obligatoirement utiliser la formule.

Dans le sens inverse, pour **retrouver la cote de fabrication** X, on ne peut pas utiliser la formule précédente, mais on utilisera :

$$X \text{ au maximum} : X_{maxi} = Z_{mini} - Y_{mini}$$

$$X \text{ au minimum} : X_{mini} = Z_{maxi} - Y_{maxi}$$

La chaîne de cote

La chaîne de côte consiste à vérifier les intervalles de tolérance de toutes les pièces influant sur la cote condition, et à déterminer sa valeur.

Pour calculer l'IT de la cote condition, il faut partir du principe de la situation « extrême », où toutes les tolérances seraient à leurs maxima ou à leurs minima.

Exemple

Prenons l'exemple précédent du tiroir dans un caisson (voir figure 13.7). On a :

- le panneau arrière du caisson ❷ : 400 ± 0,3 mm , CM ❷ = 400,3 et Cm ❷ = 399,7 ;
- la façade du tiroir ❶ : 399 ± 0,2 mm , CM ❶ = 399,2 et Cm ❶ = 398,8 ;
- la cote condition ❸ d'une valeur nominale de 1 mm.

Imaginons que le jeu soit réduit au minimum. Dans ce cas, le tiroir serait le plus large possible (❶ est au maximum) et le caisson le plus étroit possible (❷ est au minimum). On aura alors un cote condition minimale de : 399,7 – 399,2 = 0,5 mm.

Imaginons maintenant l'inverse : un tiroir étroit (❶ au minimum) et un caisson large (❷ au maximum). On aura donc un cote condition maximale de : 400,3 – 398,8 = 1,5 mm.

Conclusion : la cote condition ❸ a une valeur nominale de 1 mm, avec un maximum à 1,5 mm et un minimum à 0,5 mm. Donc elle est à 1 ± 0,5 mm, avec un IT de 1 mm.

On peut remarquer que l'IT de la cote condition ❸ est la somme des IT des pièces concernées (❷ ± 0,3 mm + ❶ ± 0,2 mm).

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Comme pour le transfert de cote :

IT de la cote condition (❸) = somme des IT des cotes composantes (❶et ❷)

Attention

Dans le cas d'un jeu de fonctionnement, la cote condition minimale (Cm) ne doit pas être inférieure à 0, sinon le système sera inutilisable (dans l'exemple : le tiroir ne rentrera pas dans son caisson).

13.8 La fiche suiveuse

Le but de la fiche suiveuse est de suivre et de contrôler la production d'une pièce durant sa fabrication. On établira une fiche suiveuse pour chaque pièce composant l'ouvrage.

Cette fiche établie par le bureau des méthodes est issue des documents d'ordonnancement (planning de phases, gamme d'usinage, etc.). Elle est établie dans le cadre d'une production en série et non unitaire. Elle permettra :

- **d'organiser** la production et la livraison ;
- **de connaître** les temps de fabrication (Tp, Tm, Tc) ;
- **de chiffrer** le prix de revient réel de la fabrication ;
- **de connaître** le nombre de pièces mises au rebut pour chaque poste ;
- **de contrôler** l'avancement de la production ;
- **d'analyser** la production en vue de futures améliorations.

Les différentes parties d'une fiche suiveuse

La fiche suiveuse fait apparaître les informations suivantes :

❶ Informations générales

Cette partie est renseignée par le bureau des méthodes. Les informations générales renseignent sur la désignation, la nature et l'importance de la production à réaliser. On y trouve :

- le nom du client ;
- le nom du projet ;
- le nom de l'ensemble, du sous-ensemble auquel appartient la pièce ;
- les nom et désignation de l'élément (« pièce ») ;
- la matière, le nombre de pièces à fabriquer ainsi que la cadence de fabrication.

❷ Informations relatives au poste de travail

Cette partie est renseignée par le bureau des méthodes. L'ordre des différentes phases reprend celui établi par la gamme d'usinage ou le planning de phase. Les informations relatives au poste de travail portent sur :

- le numéro de phase ;
- la désignation de la phase de travail ;
- les symboles de la machine-outil utilisée ;
- les documents de contrôle et de réglage à utiliser au poste de travail.

❸ Informations relatives à la fabrication des pièces

Cette partie est renseignée par les exécutants. On y trouve :

- le nom des exécutants (opérateurs) ;
- le nombre de pièces bonnes et mauvaises après avoir effectué les contrôles demandés. Le décompte de pièces mises au rebut permet de tracer un historique de l'usinage, sous la forme d'une carte de contrôle, et de déceler les phases les plus critiques de la réalisation de la série ;
- la date de l'usinage ;
- les temps de fabrication. Ces temps se décomposent en Temps de préparation du poste (**Tp**), Temps de manipulation

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

des pièces (**Tm**) et Temps de coupe (**Tc**). Ce relevé des temps permet de comparer les temps prévus au préalable et les temps réels d'usinage afin de mieux évaluer le prix de revient de la série en cours de la réalisation.

Exemple d'une fiche suiveuse

FICHE SUIVEUSE

CLIENT : Lycée professionnel
PROJET : Agencement de bureau
ENSEMBLE : Lambris d'appui
SOUS ENSEMBLE : Cadre

REPÈRE : 202
DÉSIGNATION : Montant intermédiaire
MATIÈRE : Chêne
QUANTITÉ : 20

N°	Phase	Poste de travail	Documents de contrôles	Opérateur(s)	Contrôle des pièces		Dates	Temps		
					Bonnes	Mauvaises		Tp	Tc	Tm
10	Tronçonnage	SCT	Feuille de débit	O. Hamon	25	0	05/09/2012	5	5	3
20	Délignage	SCD	Feuille de débit	O. Hamon	24	1	05/09/2012	5	25	5
30	Corroyage	Q4F	Feuille de débit	O. Hamon	23	1	05/09/2012	5	5	7
40	Tenonnage	TEO	Contrat de phase N° LA-02	O. Hamon	21	2	06/09/2012	10	31	5
50	Rainurage	TOV	Contrat de phase N° LA-03	O. Hamon	21	0	06/09/2012	10	21	5
60										
70										
80										
90										
					Totaux			Totaux		
Date de livraison :		Visa :								

Ce qu'il faut retenir

Le dossier de fabrication

Le dossier de fabrication dépend de la structure de l'entreprise, du type de production et des impératifs liés à la production des ouvrages.

Le contrat de phase

Le contrat de phase établi par le bureau des méthodes comporte tous les renseignements utiles à la réalisation d'une phase donnée et définit les moyens et les conditions d'usinage.

Sur le contrat de phase on trouve les informations suivantes :

- **informations générales** : elles renseignent sur la désignation, la nature et l'importance de la production à réaliser ;
- **informations relatives à la phase** : elles renseignent sur la désignation et le numéro de la phase, la machine-outil à employer ;
- **informations relatives aux opérations d'usinage** : elles renseignent sur la désignation et la numérotation de la sous-phase et l'opération ;
- **informations relatives aux éléments et aux paramètres de coupe** : elles renseignent sur les caractéristiques, les références des outillages, sur les paramètres d'usinage et sur les moyens de contrôle ;
- **informations relatives au réglage de la machine et à la mise en position de la pièce : ces informations sont sous forme de** croquis de phase qui représentent la transformation subie par la pièce au cours de l'usinage.

Les croquis de phase

Ils doivent se rapprocher le plus possible de la position réelle de la pièce sur la machine et sont réalisés aux instruments de traçage, hors échelle.

On représente sur ces croquis : les contours des surfaces usinées en trait fort, le sens du fil du bois pour indiquer le sens de la vue, les appuis de la pièce et les moyens de maintien en position à l'aide de symboles normalisés.

Symbolisation des appuis et des maintiens en position

Cette symbolisation est issue de la norme **NF E 04-013**. Chaque symbole qui représente un appui ou un maintien en position **se construit à l'aide de 4 éléments qui déterminent** :

- le type de technologie (appui fixe ou serrage) ;
- la nature de la surface de la pièce (usinée ou brute) ;
- la fonction de l'élément de technologie (appui ou maintien) ;
- la nature de la surface d'appui ou de maintien (surfacique ou ponctuel).

La symbolisation **des appuis, repérés de 1 à 6**, correspond aux « **degrés de liberté** » (ou mouvements) que l'on a supprimés à la pièce pour pouvoir l'usiner.

Les tolérances dimensionnelles

Les tolérances permettent de définir une amplitude dimensionnelle, à partir de laquelle la pièce peut être considérée comme défectueuse. Les tolérances servent à limiter les rebuts tout en assurant encore la qualité de l'ouvrage.

Les tolérances s'appuient sur des statistiques appelées « la dispersion machine ». Elles sont contrôlées durant l'usinage par une carte de contrôle.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

La cotation fonctionnelle

La cotation fonctionnelle permet de prévoir et calculer les liens qui existent entre les tolérances des pièces et les jeux de fonctionnement pour un assemblage, un fonctionnement de mécanisme, ou un sous-ensemble. Le calcul de la chaîne de côte assure la vérification des intervalles de tolérance de toutes les pièces influant sur la cote condition.

IT de la cote condition = somme des IT des cotes composantes.

La fiche suiveuse

La fiche suiveuse permet de suivre et de contrôler la production d'une pièce durant sa fabrication.

Sur la fiche suiveuse on trouve les informations suivantes :

- **informations générales** : elles renseignent sur la désignation, la nature et l'importance de la production à réaliser. Cette partie est complétée par le bureau des méthodes ;
- **informations relatives au poste de travail** : l'ordre des différentes phases est établi par le bureau des méthodes. Les informations portent sur le numéro et la désignation de la phase, sur le nom des postes de travail et sur les documents de contrôle et de réglage à utiliser ;
- **informations relatives à la fabrication des pièces** : ces informations sont complétées par les opérateurs. On y trouve le nom des exécutants, le nombre de pièces bonnes et mauvaises, la date de l'usinage et les temps de fabrication.

Testez vos connaissances

1. Citez quatre documents techniques pouvant être utilisés pour fabriquer ou suivre un ouvrage en série :

-
-
-
-

2. Calculez CM, Cm et l'intervalle de tolérance des cotes suivantes :

cote : 55 ± 0,6 mm

-

cote : 24 $^{+\ 1,2\ mm}_{-\ 0,2\ mm}$

-

3. Calculez l'intervalle de tolérance de la cote condition, d'après les dimensions suivantes : Cotes de fabrication de 50 ± 0,3 mm , et 32 ± 0,55 mm. La cote condition est de 18 mm :

-

4. Quelles informations de la fiche suiveuse sont complétées par les exécutants :

a ☐ *les informations générales*

b ☐ *les informations relatives au poste de travail*

c ☐ *les informations relatives à la fabrication des pièces*

5. Indiquez quelles sont les informations relatives à la fabrication des pièces :

-
-
-
-

6. Complétez le contrat de phase correspondant à l'usinage des tenons de la pièce (phase N° 40) à l'aide du plan de définition et des informations techniques que vous trouverez ci-dessous.

On vous demande :

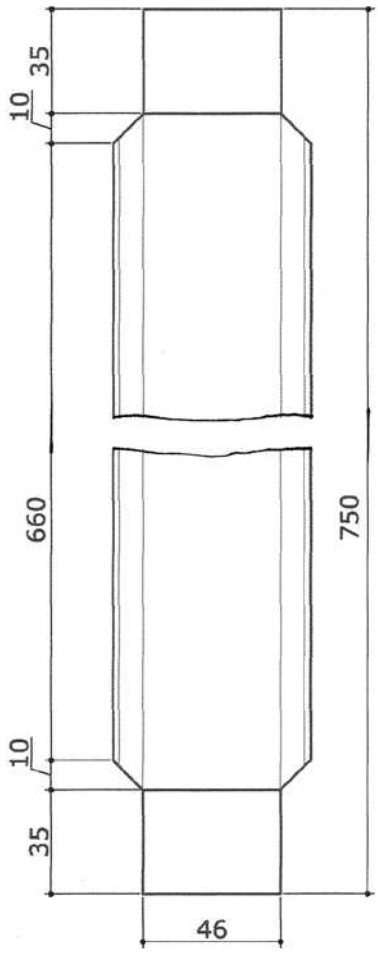
- de compléter l'en-tête du document ;
- de renseigner les informations relatives à la phase ;
- d'indiquer la numérotation et la désignation des sous-phases et opérations ;
- de compléter les informations relatives aux paramètres de coupe ;
- de réaliser des croquis de phase soignés ;
- de représenter les appuis et maintien en position ;
- de réaliser la cotation de fabrication.

Données techniques :

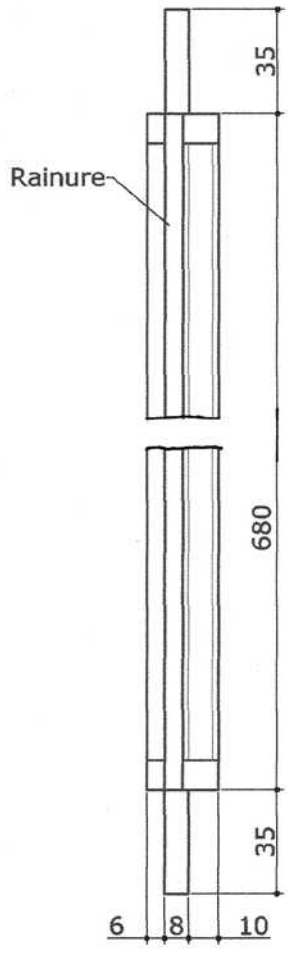
Tenonneuse à dérouleurs (TED)							
Outil de coupe	**Réf.**	***n***	V_c	V_f	a_p	d_e	***Z***
Scie circulaire	SC 350	3500	64	manuel		350	54
Dérouleurs	D 150	6000	47	manuel		150	4 + 4
Arbre de toupie		4500		manuel		Max. 300	

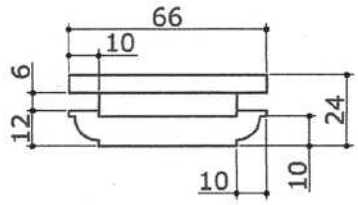
© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Vue de face



Vue de côté





Vue de dessus

202	20	montant intermédiaire	Hêtre	
Rep	Nb	Désignation	Matiére	Observation
Nom:		Lycée Professionnel DE PRONY		Le:05/10/2012
Prénom:		LAMBRIS D'APPUI		Dessin: O.H.
				Ech: 1/2 Page: 4/4

CONTRAT DE PHASE

CLIENT : Lycée professionnel
PROJET : Agencement de bureau
ENSEMBLE :
SOUS ENSEMBLE : Cadre

REPÈRE :
DÉSIGNATION :
MATIÈRE :
QUANTITÉ :

PHASE N :
MACHINE-OUTIL :

DÉSIGNATION :

Opération d'usinage			Outil			Paramètres de coupe					Contrôles
Repère		Désignation	Référence outil	d_e	Z	n	V_c	a_p	f_z	V_f	
S. ph	Op.										

5 CROQUIS DE PHASE

Établi par : exécuté par :
Le : Le :

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Les documents d'ordonnancement

chapitre 14

Les documents d'ordonnancement se trouvent à l'intérieur du dossier des méthodes. Ces documents sont destinés à étudier et à organiser chronologiquement les différentes phases de travail qui seront nécessaires, **soit pour pouvoir fabriquer un ouvrage** ou **soit pour fabriquer une pièce** spécifique de ce même ouvrage.

Dans ces deux catégories sont intégrés :

- l'analyse de fabrication, le planning de phase et le processus de fabrication utilisés pour étudier la fabrication d'un ouvrage ;
- la gamme d'usinage destinée à l'étude de la fabrication d'une pièce.

Dans le dossier de fabrication n'apparaissent jamais tous les documents de manière exhaustive. Ils seront choisis en fonction du type d'ouvrage à fabriquer, des quantités et de la fréquence de production ainsi que des habitudes de travail.

14.1 Sujet d'études

Pour pouvoir comprendre les différents documents d'ordonnancement, nous utiliserons dans ce chapitre un sujet commun, afin de pouvoir visualiser et de comparer les diverses présentations que peuvent prendre les documents permettant l'étude de la fabrication d'un ouvrage ou d'une pièce.

Nous nous appuierons sur l'étude d'un lambris d'appui mural dont on trouvera ci-après la perspective, le plan d'ensemble et une coupe.

Figure 14.1 *Perspective et plan d'ensemble*

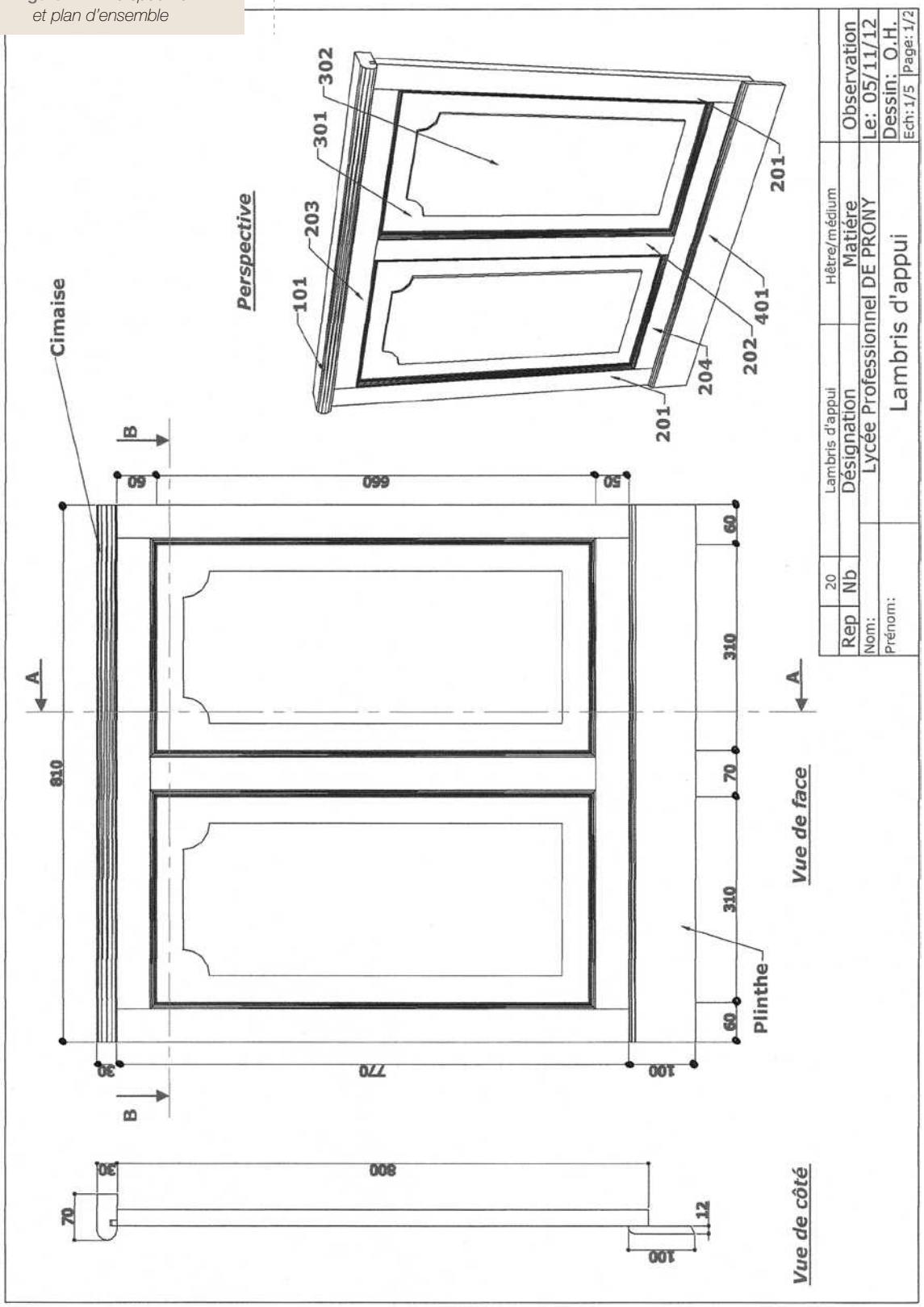
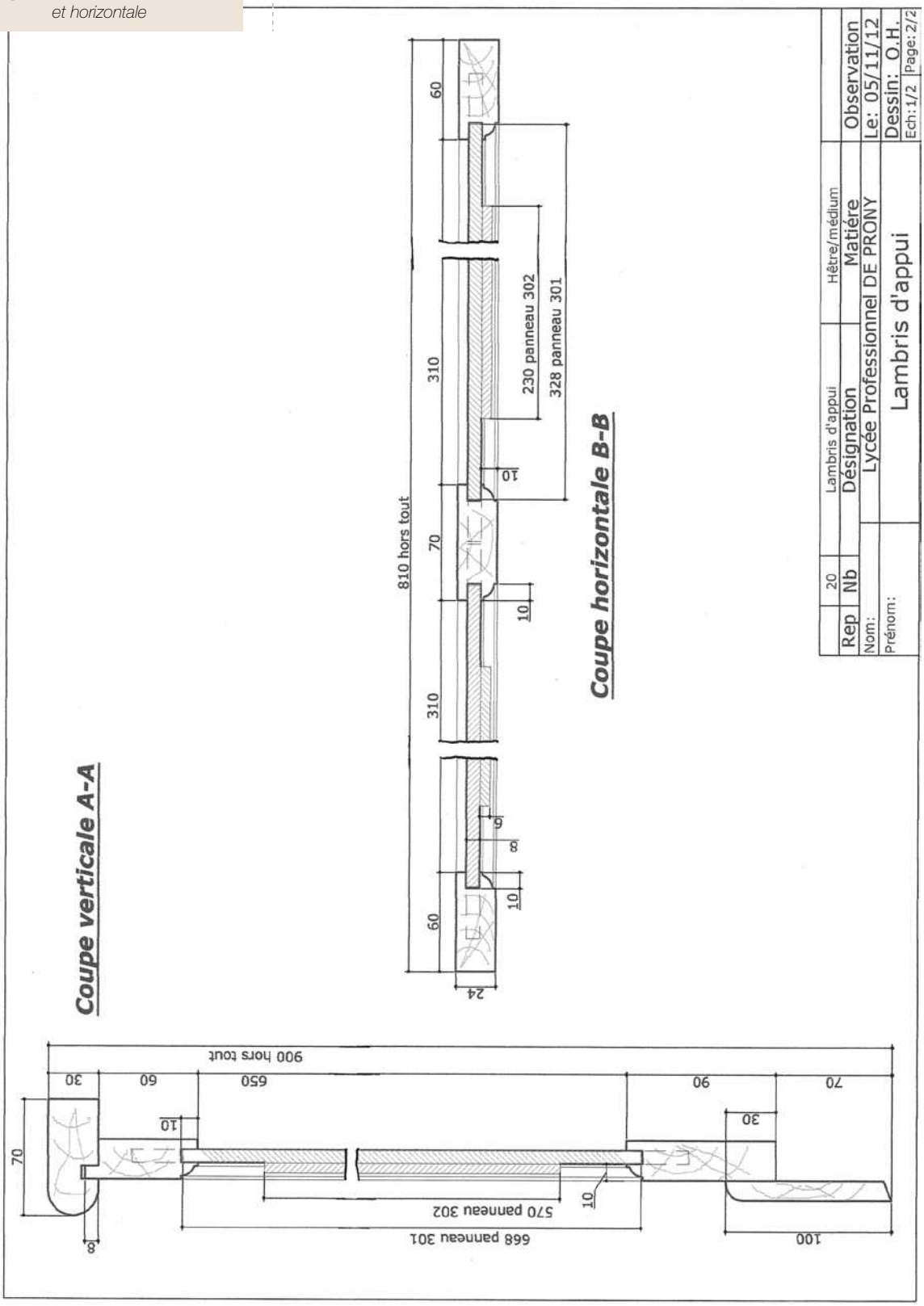


Figure 14.2 *Coupes verticale et horizontale*



© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

14.2 Le processus de fabrication

L'objectif du processus de fabrication est **d'ordonnancer la fabrication de l'ouvrage** et **d'indiquer les différentes étapes de fabrication de chaque pièce.**

Ce processus est représenté sous la forme d'un graphique sur lequel apparaissent toutes les phases d'usinage, de montage et de finition avec les moyens utilisés. Il précise, par sous-ensembles, le repérage et la quantité de chaque pièce.

Informations contenues dans le processus de fabrication

❶ Informations générales

Ces informations renseignent sur la désignation, la nature et l'importance de la production à réaliser. On y trouve :

- le nom du client ;
- le nom de l'ensemble ;
- la matière et le nombre d'ouvrages à fabriquer.

❷ Informations relatives aux sous-ensembles et aux pièces

On retrouve dans cette partie :

- le nom des sous-ensembles ;
- le nom des pièces ;
- le repère des pièces ;
- le nombre de pièces à réaliser.

Dans cette partie, les pièces sont regroupées par sous-ensembles.

❸ Informations relatives aux phases

Ces informations portent sur :

- la désignation de la phase ;
- la désignation de la machine-outil.

Dans cette partie est rangé chronologiquement **l'ensemble des phases** nécessaires à la réalisation **de toutes les pièces** de l'ouvrage.

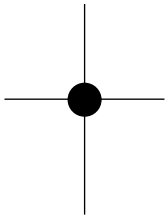


Figure 14.3 *Étape de fabrication*

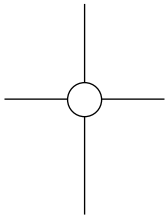


Figure 14.4 *Assemblage*

Rappel

Une phase correspond à une étape précise dans le processus de fabrication à laquelle sont associés un outil, des réglages spécifiques et une machine. La modification de l'un des éléments de l'usinage entraîne alors le passage à une autre phase de fabrication.

Informations relatives au processus de fabrication

Le graphique est complété par :

- des droites verticales partant de chaque élément de l'ouvrage et symbolisant l'avancement du processus de fabrication des pièces ❹ ;
- des droites horizontales partant des phases et symbolisant l'étape de fabrication ❹ ;
- les étapes sont symbolisées par un cercle plein noir ❺ ;
- les assemblages sont symbolisés par un cercle vide ❻.

Établir un processus de fabrication

La création d'un processus de fabrication comporte deux étapes :

• Étape n° 1 : recherche d'informations et analyse du processus de fabrication

Pour établir un processus de fabrication, il est nécessaire :

- **de connaître** les différents sous-ensembles et les différentes pièces composant l'ouvrage ;
- **d'identifier** les différentes phases de fabrication permettant d'usiner, d'assembler et de finir les différents sous-ensembles et les différentes pièces composant l'ouvrage.

Cette recherche d'informations et cette analyse du processus de fabrication ne peuvent se faire qu'à l'aide :

- du plan d'ensemble de l'ouvrage et des plans de définition de chaque pièce ;
- d'une connaissance du parc-machine et des outils de coupe mis à disposition pour fabriquer l'ouvrage ;
- d'une connaissance des processus de fabrication de chaque machine-outil.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

• **Étape n° 2 : mise en forme du processus de fabrication**

Selon la procédure suivante :

1. **compléter** les informations générales ;
2. **noter** dans le tableau le nom des pièces, leurs repères et leurs quantités. Les pièces seront regroupées par sous-ensemble ;
3. **répertorier chronologiquement**, dans ce même tableau, l'ensemble des phases, auxquelles on associe le symbole de la machine-outil correspondant ;
4. **tracer les droites** représentant le processus de fabrication de chaque pièce et les étapes de fabrication ;
5. **symboliser chaque phase de fabrication** d'une pièce à l'aide d'un **cercle noir plein**. Ce symbole est dessiné à l'intersection des droites représentant la phase et la pièce ;

À noter

Dans ce processus, on fait apparaître de manière exhaustive toutes les phases de fabrication pour l'ensemble de l'ouvrage. **Chaque pièce ne passe pas par toutes les étapes** de fabrication. **Le but est donc d'identifier pour chaque pièce ses propres étapes de fabrication**.

6. **symboliser l'assemblage** des pièces en reliant les droites des différentes pièces entre elles et en représentant l'assemblage à l'aide d'un **cercle vide**. Suivre la même procédure pour les sous-ensembles.

Exemple d'un processus de fabrication

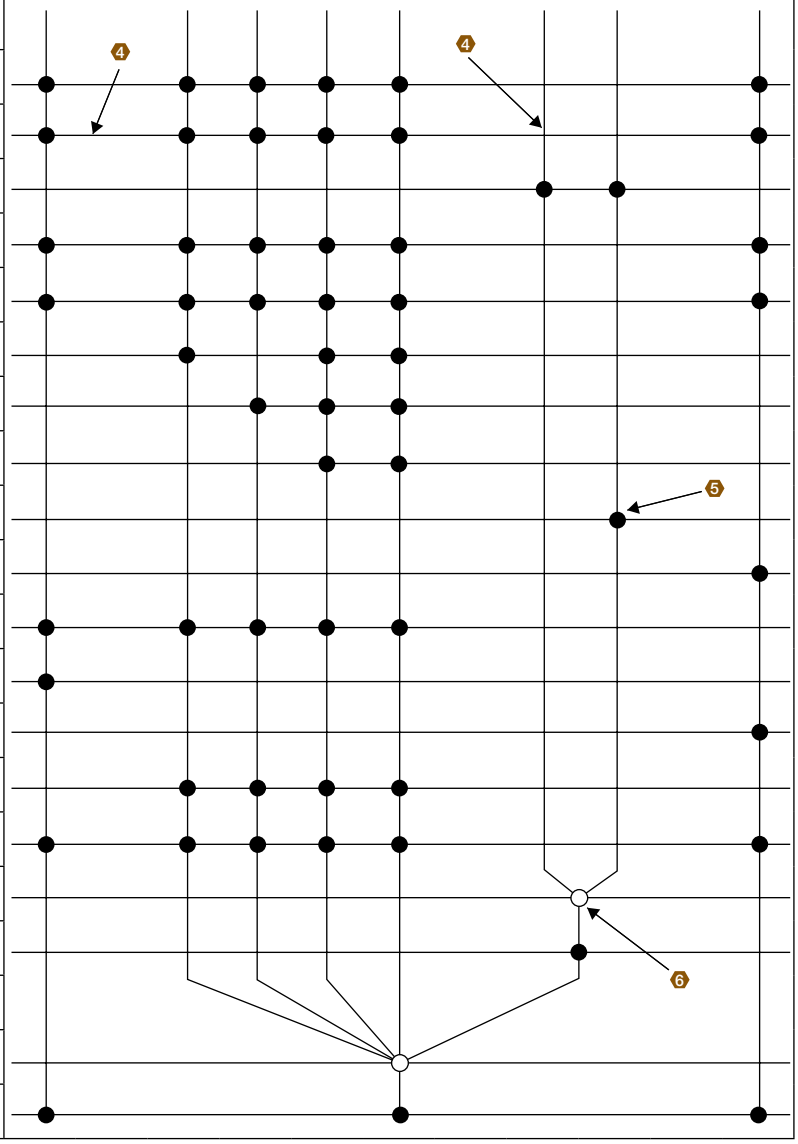
Le processus de fabrication ci-après s'appuie sur l'étude d'un petit lambris d'appui dont on trouvera les plans au début de ce même chapitre (voir le paragraphe 14.1). Les différentes phases indiquées dans ce processus peuvent varier d'un atelier à un autre en fonction des machines-outils mises à disposition et des habitudes de travail.

PROCESSUS DE FABRICATION

❶ ENSEMBLE : lambris d'appui	❶ Matière : hêtre	❶ Nombre : 20	❶ Client : lycée professionnel

ÉLÉMENTS				❷ OSSATURE					PANNEAU			
		cimaise		❷ montant	Montant inter.	Traverse haute	Traverse basse		Panneau 1	Panneau 2		plinthe
	❷ Repère	101		201	202	203	204		301	302		401
	❷ Nombres	20		40	20	20	20		40	40		20

❸ PHASES	❸ M.O
Tronçonnage	SCT
Delignage	SCD
Débit panneau	SCF
Corroyage	Q4F
Mise à longueur	SCF
Mortaisage	MOM
Tenonnage	TED
Épaulement	TED
Calibrage avec MU	TOV
Coupe inclinée	SCF
Rainurage	TOV
Profilage 1/2 rond	TOV
Profilage 1/4 rond	TOV
Profilage moulure	TOV
Ponçage	POC
Assemblage par collage	CDPN
Vernissage	
Assemblage par collage	CDPN
Vernissage	



© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

14.3 L'analyse de fabrication

L'analyse de fabrication se présente sous la forme d'un graphique. Comme pour le processus de fabrication, elle a pour objectif de faire apparaître **toutes les phases d'usinage et de montage avec les moyens associés** nécessaires à la réalisation d'un ouvrage.

Informations contenues dans l'analyse de fabrication

Les informations contenues dans l'analyse de fabrication sont plus succinctes que celles figurant dans le processus de fabrication. On y trouve :

❶ Informations générales

Ces informations comportent :

- le nom du client ;
- le nom de l'ensemble.

❷ Informations relatives aux différentes pièces composant l'ouvrage

Elles concernent :

- la désignation des pièces ;
- le repère des pièces ;
- le nombre de pièces à réaliser.

Cette partie regroupe les pièces par sous-ensemble.

À noter : Selon le type d'ouvrage, on peut faire apparaître sur le graphique la quincaillerie s'y afférant.

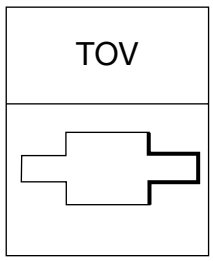


Figure 14.5 *Symbolisation des phases*

❸ Informations relatives aux différentes phases de fabrication

Dans cette partie, contrairement aux représentations utilisées dans le processus de fabrication, les phases de fabrication sont symbolisées par :

- **l'abréviation de la machine-outil utilisée ;**
- **un ou des croquis permettant de voir les surfaces usinées.**

Établir une analyse de fabrication

• Étape n° 1 : recherche d'informations et analyse des étapes de fabrication

Tout comme dans le processus de fabrication, il est nécessaire dans un premier temps de rechercher et d'analyser les informations qui permettront de construire ce graphique.

Il faudra donc :

» **analyser** les plans techniques pour identifier les sous-ensembles et les pièces composant l'ouvrage ;

» **identifier** les différentes phases de fabrication qui permettent la réalisation des pièces et l'assemblage des sous-ensembles ou de l'ouvrage.

• Étape n° 2 : mise en forme de l'analyse de fabrication

Pour établir ce graphique, on peut suivre la procédure suivante :

1. **compléter** les informations générales ;
2. **noter** dans le tableau, en haut du graphique, le nom des pièces, leurs repères et leurs quantités. On veillera à regrouper par sous-ensembles les pièces et à regrouper les pièces de quincaillerie si nécessaire ;
3. **représenter** chronologiquement sous chaque pièce les phases de fabrication ;
4. **relier** les phases de fabrication entre elles à l'aide d'une droite ❹ ;
5. **symboliser** l'assemblage des pièces en reliant les droites des différentes pièces entre elles ❺. Suivre la même procédure pour les sous-ensembles.

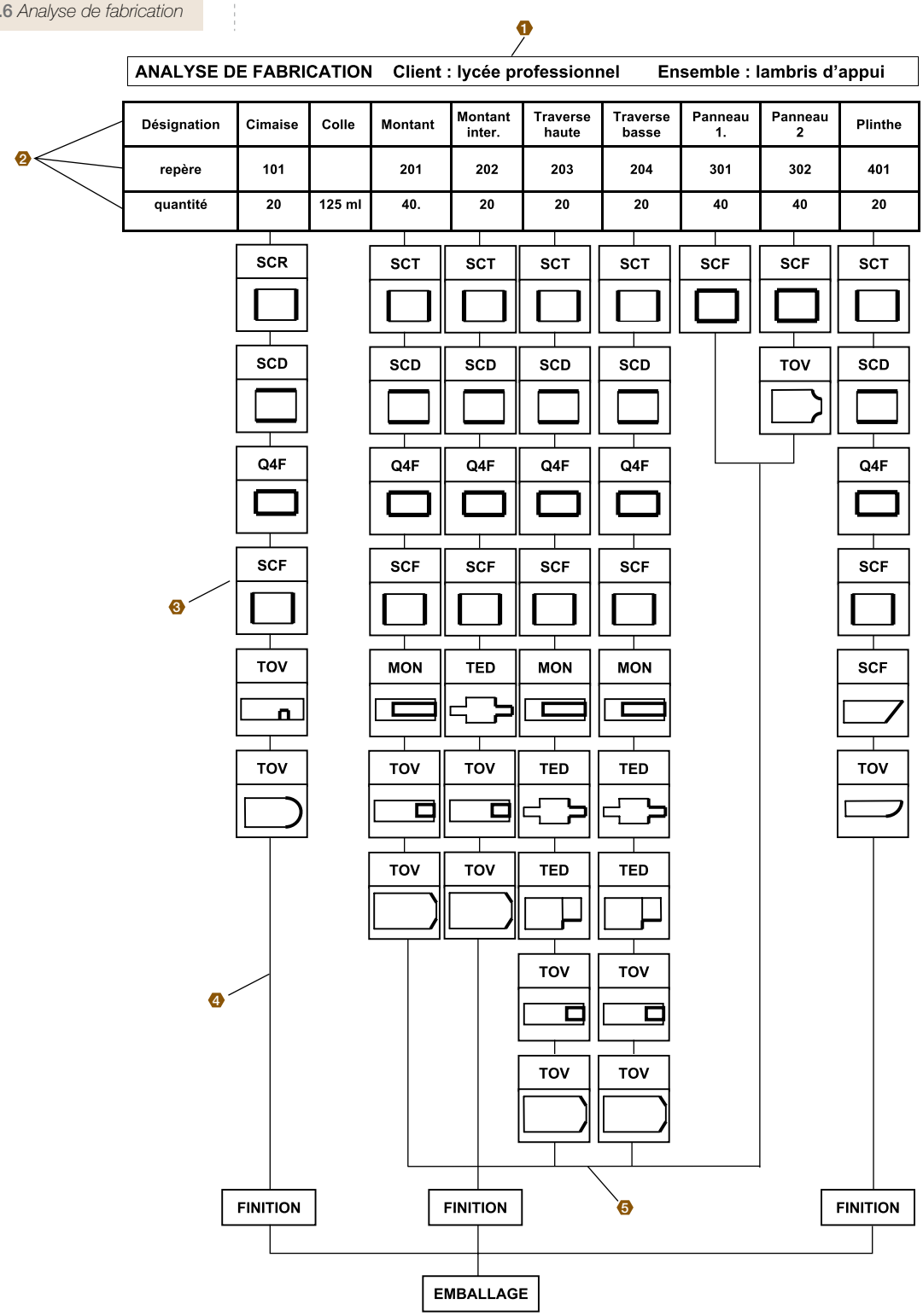
Exemple d'une analyse de fabrication

L'analyse de fabrication, ci-dessous, s'appuie sur le même sujet que le processus de fabrication. Nous retrouvons pour chaque pièce les mêmes phases d'usinage. Si le fond reste le même, la forme diffère.

La compréhension des phases de fabrication est plus aisée grâce au croquis représentant les surfaces usinées. Par contre, contrairement au processus de fabrication, il est plus difficile d'identifier toutes les phases nécessaires à la fabrication de l'ouvrage.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Figure 14.6 *Analyse de fabrication*



14.4 Le planning des phases

L'objectif du planning des phases est d'ordonnancer et de visualiser **toutes les phases d'usinage** nécessaires à la réalisation d'un ouvrage.

Ce planning est représenté sous la forme d'un graphique. Il fait apparaître les pièces de l'ouvrage, regroupées par sous-ensembles, et répertorie **toutes les opérations d'usinage**. Par ailleurs, n'apparaissent pas dans ce graphique les moyens associés aux opérations.

Informations contenues dans le planning des phases

On trouve dans ce graphique les informations suivantes :

❶ Informations générales

Ces informations portent sur :

- le nom du client ;
- le nom de l'ensemble.

❷ Informations relatives aux différentes pièces composant l'ouvrage

On trouve dans cette partie :

- la désignation des sous-ensembles ;
- la désignation des pièces ;
- le repère des pièces.

❸ Informations relatives aux différentes phases de fabrication

Sont concernées :

- la numérotation des phases ;
- **la symbolisation des phases**, qui est représentée par **l'abréviation de l'opération d'usinage**.

Figure 14.7 *Symbolisation d'une phase de corroyage*

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Abréviations	Opérations
aff	affleurage
ass	assemblage
cal	calibrage à la toupie
cal1	calibrage à la raboteuse
cor	corroyage
def	défonçage à la CN
deg	dégauchissage

Abréviations	Opérations
del	délignage
ent	entaillage
feu	feuillurage
màf	mise au format
màl	mise à longueur
mor	mortaisage
pon	ponçage

Abréviations	Opérations
pro	profilage
rab	rabotage
rain	rainurage
sci	sciage incliné
sct	sciage au ruban
ten	tenonnage
tro	tronçonnage
ver	vernissage

Nota : les abréviations ne sont pas normalisées ni conventionnelles

Établir un planning des phases

• Étape n° 1 : recherche d'informations et analyse des phases de fabrication

Tout comme pour les autres documents d'ordonnancement, la recherche d'informations et l'analyse des phases de fabrication se fait dans les mêmes conditions et selon les mêmes critères.

Il est à noter que le planning des phases peut être issu d'un processus de fabrication ou d'une analyse de fabrication.

• Étape n° 2 : mise en forme de l'analyse de fabrication

Pour pouvoir établir ce graphique, suivre la procédure suivante :

1. **compléter** les informations générales ;
2. **noter** dans le tableau, destiné à cet effet, le nom des pièces et leur repère. Les pièces seront regroupées par sous-ensembles ;
3. **représenter** chronologiquement, en face de chaque pièce, les phases de fabrication ;
4. **relier** les phases de fabrication entre elles à l'aide d'une droite ❹ ;
5. **symboliser** l'assemblage des pièces en reliant les droites des différentes pièces entre elles ❺. On fera de même lorsque plusieurs sous-ensembles s'assemblent entre eux. Ensuite pour symboliser l'opération, on utilise l'abréviation « ass » pour assemblage ❻.

Exemple d'un planning des phases

Ce planning des phases est issu de l'étude des phases du lambris d'appui. Il répertorie chronologiquement les différentes opérations d'usinage nécessaires à la réalisation des pièces, puis des sous-ensembles qui constituent l'ouvrage.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Figure 14.8 *Planning des phases*

PLANNING DES PHASES — ❶ client : lycée professionnel — ❶ Ensemble : lambris d'appui

PHASES N°		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
❷ Rep	❷ Désignation														
101	Cimaise	tro	del	cor	màl	rain	pro	pon	ver						
201	Montant	tro	del	cor	màl	mor	rain	pro	pon						
202	Montant inter	tro	del	cor	màl	ten	rain	pro	pon						
203	Traverse haute	tro	del	cor	màl	mor	ten	ten 2	rain	pro	pon	ass	ver		
204	Traverse basse	tro	del	cor	màl	mor	ten	ten 2	rain	pro	pon				
301	Panneau 1	màf		ass											
302	Panneau 2	màf	cal												
401	Plinthe	tro	del	cor	màl	sci	pro	pon	ver						

❸ ❹ ❺ ❻

14.5 La gamme d'usinage

Cette gamme a pour objectif de donner tous les renseignements utiles à la réalisation **de toutes les phases de fabrication**, pour pouvoir **réaliser une pièce d'un ouvrage**. Elle définit aussi les moyens et les conditions d'usinage et de contrôle.

Toutes les informations contenues dans ce document permettent, à la fois, d'utiliser correctement les machines-outils, de prévoir les temps de fabrication et de favoriser la productivité de l'entreprise.

On peut considérer la gamme d'usinage comme une succession chronologique de contrats de phase (voir le paragraphe 13.2 : « Le contrat de phase ») réunis sur un même document.

On trouve donc dans cette gamme la plupart des informations contenues dans un contrat de phase.

Les différentes parties d'une gamme d'usinage

La gamme d'usinage fait apparaître les informations suivantes :

❶ Informations générales

Ces informations renseignent sur la désignation, la nature et l'importance de la production à réaliser. On y trouve :

- le nom du client ;
- le nom du projet ;
- le nom de l'ensemble, du sous-ensemble auquel appartient la pièce ;
- les nom et désignation de l'élément (« pièce ») ;
- la matière et le nombre de pièces à fabriquer.

❷ Informations relatives à la pièce à fabriquer

On insère dans cette partie un plan de définition de la pièce.

❸ Informations relatives à la phase, aux sous-phases et aux opérations

Ces informations portent sur :

- le numéro de phase (numérotation en dizaine sans unité = 10, 20…) ;
- le numéro de la sous-phase (numérotation en dizaine avec un changement de l'unité = 11, 12…) ;

- le numéro de l'opération (numérotation en centaine, dizaine et avec un changement de l'unité = 111, 112…) ;
- la désignation de la phase, des sous-phases et des opérations.

❹ Informations relatives aux éléments et aux paramètres de coupe

Figurent dans cette partie les informations suivantes :

- la symbolisation de la machine-outil ;
- la fréquence de rotation et la vitesse d'avance (voir *Technologie des métiers du bois*, tome 2, chapitre 12) ;
- les références des outillages utilisés ;
- les caractéristiques des outillages utilisés ;
- les informations sur les moyens de contrôle (noms ou symboles graphiques des outils de contrôle et caractéristiques des outillages de contrôle utilisés).

❺ Informations relatives au réglage de la machine et à la mise en position de la pièce

Ces informations sont représentées sous la forme de croquis de phase. Chaque croquis représente une transformation subie par la pièce au cours de l'usinage.

On dessine autant de croquis que d'opérations réalisées dans une même phase.

Quelques principes à respecter lors de l'élaboration des croquis :

- ils sont réalisés aux instruments de traçage, hors échelle ;
- la vue se rapproche le plus possible de la position réelle de la pièce sur la machine, en cours d'usinage ;
- les contours des surfaces usinées sont représentés en trait fort (environ 2 mm) ;
- on représente le sens du fil du bois pour indiquer le sens de la vue (vue en bois de bout ou en bois de fil) ;
- les appuis de la pièce et les moyens de maintien en position sont représentés à l'aide de symboles normalisés ;
- les croquis sont cotés.

Pour aller plus loin

Pour plus d'informations sur les croquis de phase, les représentations normalisées des symboles et la cotation de fabrication, se reporter aux paragraphes 13.2 et 13.3.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

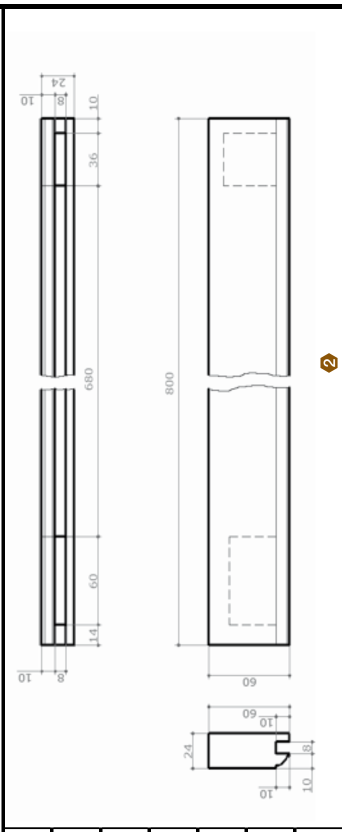
Exemple d'une gamme d'usinage

Nous prendrons, comme exemple, pour réaliser cette gamme d'usinage le montant du lambris d'appui (voir plan de définition dans la section 3.1 de ce chapitre).

Figure 14.9 *Gamme d'usinage*

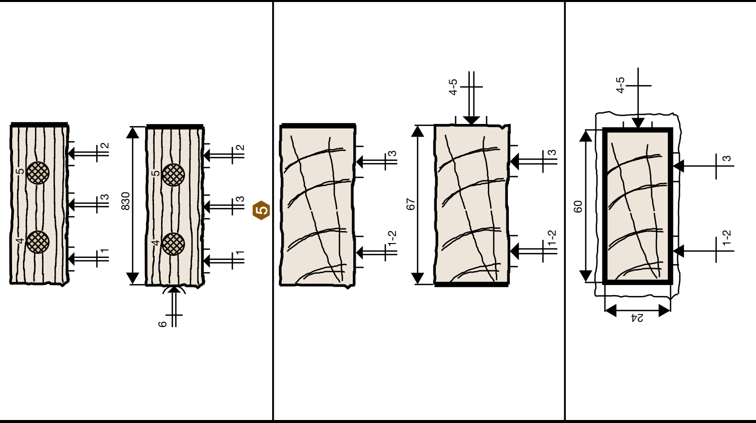
GAMME D'USINAGE

Client: Lycée professionnel (1)	
Ensemble: Lambris d'appui (1)	
Sous-ensemble: Cadre (1)	
Élément: 201 (1)	
Désignation: Montant (1)	
Matière: Hêtre (1)	
Nombre d'élément: 40	

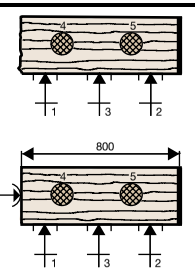
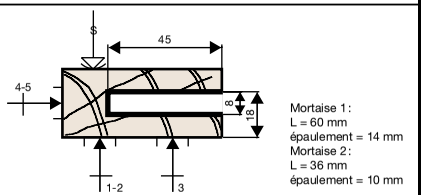
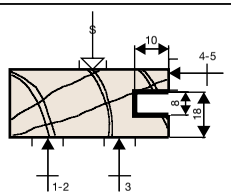
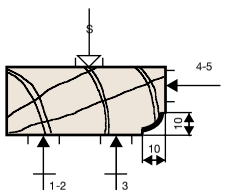


Ph	S/Ph	Op	Désignation	Machine -outils Symbole	n	outils Références	d_e	Z	contrôles
(3)									
10			Tronçonnage (3)						
	(3)								
	11	(3)	mise à longueur (3)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)
		111	1er coupe (3)	SCT	3500	SC 45	400	45	Fiche de débit mètre
		112	mise à longueur	SCT	3500	SC 45	400	45	
20			Délignage						
	21		Mise en largeur						
		211	1er coupe	SCD	4000	SC 28	400	28	Fiche de débit mètre
		212	mise en largeur	SCD	4000	SC 28	400	28	
30			Corroyage						
	31		calibrage						
		311	usinage 4 faces	COR	5500		110	3	Fiche de débit calibre à coulisse

croquis



© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

40			Mise à longueur							
	41		coupe 1er extrémité							Plan de déf.
		411	coupe extrémité	SCF	3500	SC 54	350	54		mètre
	42		coupe 2 ème extrémité							
		421	coupe extrémité	SCF	3500	SC 54	350	54		
50			Mortaisage							
	51		mortaise haute							
		511	exécution de la mortaise	MOM			8			Plan de déf.
	52		mortaise basse							calibre à coulisse
		521	exécution de la mortaise	MOM			8			
60			Rainurage							
	61		rainurage sur chant							
		611	exécution rainure	TOV	6000	FR 160	160	4		Plan de déf. calibre à coulisse
70			Profilage							
	71		profilage moulure							
		711	exécution moulure	TOV	4500	FP 150	150	4		Plan de déf. calibre à coulisse

Ce qu'il faut retenir

Le processus de fabrication

L'objectif du processus de fabrication est **d'ordonnancer la fabrication** de l'ouvrage et **d'indiquer les différentes étapes de fabrication de chaque pièce**.

Sur le processus de fabrication, on trouve les informations suivantes :

- **informations générales :** elles renseignent sur la désignation, la nature et l'importance de la production à réaliser ;
- **informations relatives aux sous-ensembles et aux pièces :** elles renseignent sur la désignation des sous-ensembles et des pièces. Elles indiquent les repères et les quantités de chaque pièce ;
- **informations relatives aux phases :** elles renseignent sur la désignation de la phase et la désignation de la machine-outil ;
- **informations relatives au processus de fabrication :** le graphique est complété par des droites verticales et horizontales symbolisant l'avancement du processus de fabrication et les étapes de fabrication. À l'intersection de ces droites, on symbolise la phase de travail par un cercle plein noir. Les assemblages des pièces sont symbolisés par un cercle vide.

L'analyse de fabrication

L'objectif de l'analyse de fabrication est de faire **apparaître toutes les phases d'usinage et de montage avec les moyens associés** nécessaires à la réalisation d'un ouvrage.

Sur le processus de fabrication, on trouve les informations suivantes :

- **informations générales :** elles renseignent sur la désignation de l'ouvrage à réaliser et sur le nom du client ;
- **informations relatives aux pièces :** elles renseignent sur la désignation, le repère et la quantité de chaque pièce ;
- **informations relatives aux phases :** les phases de fabrication sont symbolisées par l'abréviation de la machine-outil utilisée et par un ou des croquis permettant de voir les surfaces usinées.

Le planning des phases

L'objectif du planning des phases est d'ordonnancer et de visualiser **toutes les phases d'usinage** nécessaires à la réalisation d'un ouvrage.

Sur le processus de fabrication, on trouve les informations suivantes :

- **informations générales :** elles renseignent sur la désignation de l'ouvrage à réaliser et sur le nom du client ;
- **informations relatives aux pièces :** elles renseignent sur la désignation des sous-ensembles et des pièces et sur le repère de chaque pièce ;
- **informations relatives aux phases :** les phases de fabrication sont symbolisées par l'abréviation de l'opération et la numérotation des phases.

La gamme d'usinage

La gamme d'usinage a pour objectif de donner tous les renseignements utiles à la réalisation **de toutes les phases de fabrication**, pour pouvoir **réaliser une pièce d'un ouvrage**. Elle définit aussi les moyens et les conditions d'usinage.

Sur la gamme d'usinage, on trouve les informations suivantes :

- **informations générales :** elles renseignent sur la désignation, la nature et l'importance de la production à réaliser ;
- **informations relatives à la pièce à réaliser :** on insère dans cette partie un plan de définition de la pièce ;
- **informations relatives à la phase, aux sous-phases et aux opérations** : elles renseignent sur la désignation et le numéro de la phase, de la sous-phase et de l'opération ;
- **informations relatives aux éléments et aux paramètres de coupe :** elles renseignent sur la machine-outil à employer, les références des outillages, les caractéristiques des outillages, la fréquence de rotation, la vitesse d'avance et sur les moyens de contrôle ;
- **informations relatives au réglage de la machine et à la mise en position de la pièce :** ces informations sont sous forme de croquis de phase qui représentent la transformation subie par la pièce au cours de l'usinage.

Les croquis de phase

Ils doivent se rapprocher le plus possible de la position réelle de la pièce sur la machine et sont réalisés aux instruments de traçage, hors échelle.

On représente sur ces croquis : les contours des surfaces usinées en trait fort, le sens du fil du bois pour indiquer le sens de la vue, les appuis de la pièce et les moyens de maintien en position à l'aide de symboles normalisés.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Testez vos connaissances

1. Complétez la gamme d'usinage correspondant à la réalisation de la traverse basse en vous appuyant sur le planning des phases de la figure 14.8 et des informations techniques que vous trouverez ci-dessous.

On demande :

- de compléter l'en-tête du document ;
- de renseigner les informations relatives aux phases, sous-phases et opérations ;
- de compléter les informations relatives aux paramètres de coupe ;
- de réaliser des croquis de phase soignée ;
- de représenter les appuis et maintien en position ;
- de réaliser la cotation de fabrication.

Données techniques :

Outil de coupe							
Désignation	**Réf.**	***n***	V_c	V_f	a_p	d_e	***Z***
Scie circulaire de finition (pour SCF et TED)	SC 54	3500	65	manuel		350	54
Scie circulaire de débit (tronçonnage)	SC 45	3500	70	manuel		400	45
Scie circulaire de débit (délignage)	SC 28	4000	83	manuel		400	28
Porte-outils calibreur (pour Q4F)		5500	31	6		110	3
Dérouleurs (pour TED)	D 150	6000	47	manuel		150	4 + 4
Porte-outils pour contre-profil (pour TED)	FCP	3000	47	manuel		300	4
Fraise à rainurer	FR 160	6000	50	6	10	160	4 + 4
Fraise à profiler	FP 150	4500	35	8	10	150	4

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

GAMME D'USINAGE

Client:

Ensemble:

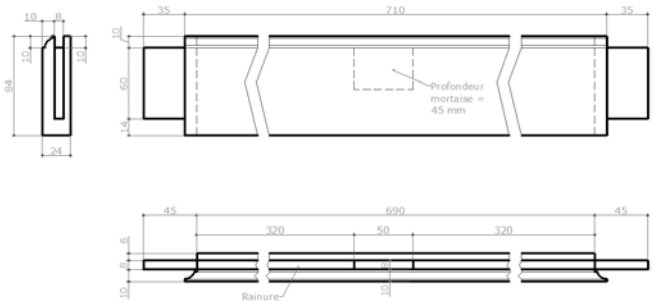
Sous-ensemble:

Elément:

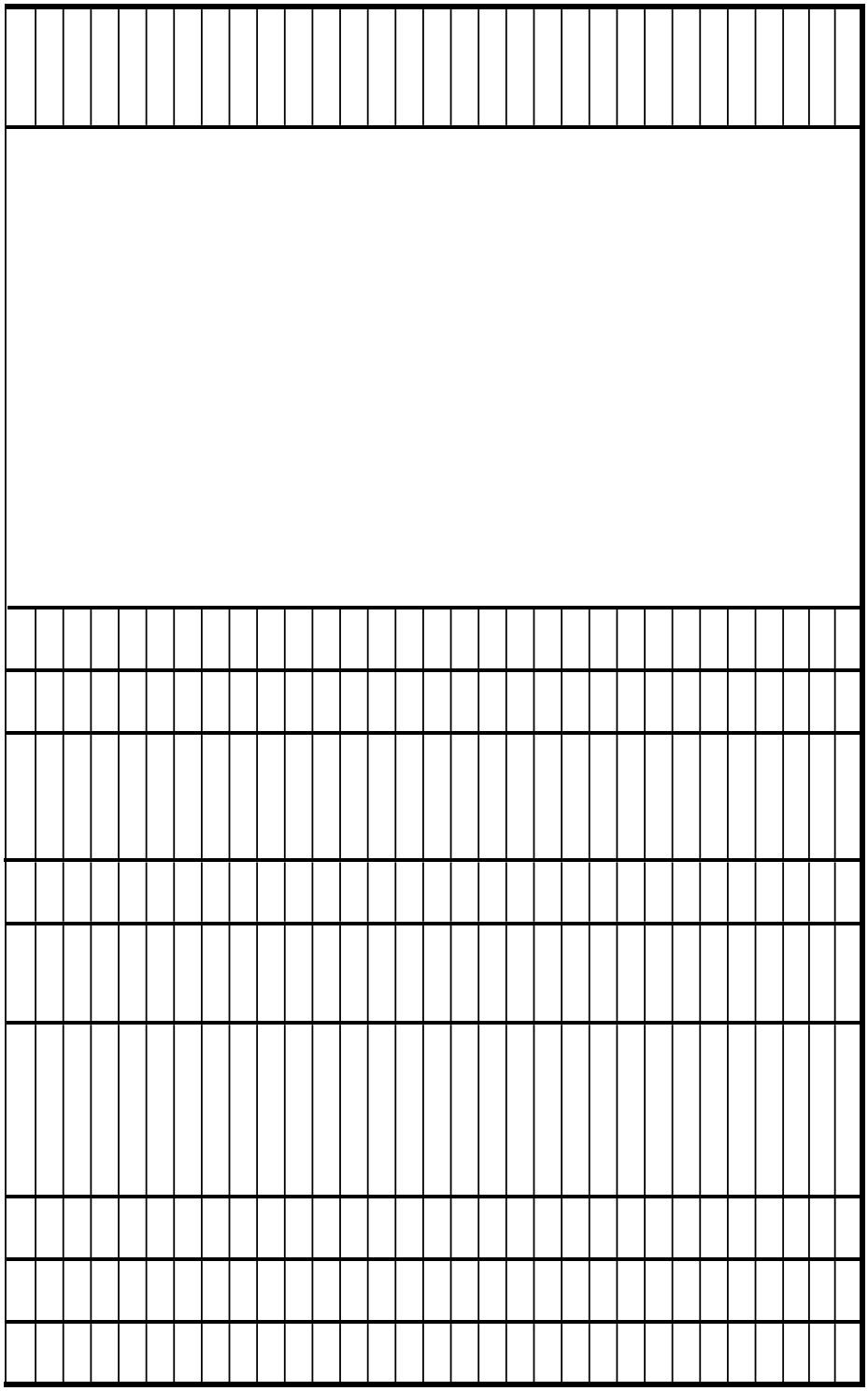
Désignation:

Matière:

Nombre d'élément:



Ph	S/Ph	Op	Désignation	Machine -outils		outils			croquis	contrôles
				Symbole	n	Références	de	Z		



Les normes

chapitre 15

D'après le décret **n° 2009-697 du 16 juin 2009**, la normalisation est une activité d'intérêt général **qui a pour objet de fournir des documents de référence élaborés de manière consensuelle** par toutes les parties intéressées. Elle porte sur :

- des règles ;
- des caractéristiques ;
- des recommandations de bonnes pratiques, relatives à des produits, des services, des méthodes, des processus ou à des organisations.

Elle vise à encourager le développement économique et l'innovation tout en prenant en compte des objectifs de développement durable.

15.1 La normalisation

Définition de la norme

Une norme est un **document de référence** qui est utilisé dans des échanges commerciaux (relatifs à la vente ou la mise en œuvre d'un produit, à la fourniture d'un service, etc.).

Ce document établit des règles, des lignes directrices, des caractéristiques. **La norme est établie** par un organisme de normalisation reconnu (AFNOR, UTE pour la France) **suite à un accord entre toutes les parties intéressées**.

Le rôle d'une norme

La norme est un outil qui permet en outre :

- d'adopter le même langage ;
- d'atteindre des objectifs de qualité ou de sécurité ;
- de mesurer et contrôler des critères d'exigences ;
- de transférer les nouvelles technologies ;
- de se mettre en conformité avec la réglementation ;
- de se développer sur de nouveaux marchés ;
- de donner confiance aux consommateurs et aux prescripteurs.

Les secteurs qui utilisent la normalisation

Les secteurs où intervient la normalisation sont très variés. Les normes sont présentes aussi bien dans le secteur de l'agroalimentaire que dans le bâtiment, le sport, la santé et l'action sociale, l'énergie (gaz, électricité, pétrolière…), etc.

15.2 Standards, normes et réglementations

Le monde de l'entreprise utilise différents documents de référence qui déterminent des règles, des lignes directrices, des recommandations. Ces documents sont hiérarchisés en fonction des obligations légales qu'ils imposent aux entreprises. Parmi ces documents, on trouve :

Les standards	Ce sont des spécifications mises en place par un groupe d'acteurs du marché (groupe restreint).	Application volontaire de la part des acteurs
Les normes	Règles du jeu, volontaires, établies par un accord entre tous les acteurs du marché	Application volontaire de la part des acteurs
Les décrets et arrêtés	Règles établies par l'État	Application obligatoire
Les lois	Règles établies par l'État	Application obligatoire

Cas particulier

Une norme devient obligatoire lorsqu'elle est citée comme unique moyen de satisfaire aux exigences d'un texte réglementaire (arrêté).

Pour information

En France, en 2011, environ 400 normes sont rendues d'application obligatoire parmi la collection de normes françaises dénombrant plus de 33 000 documents de référence et documents normatifs.

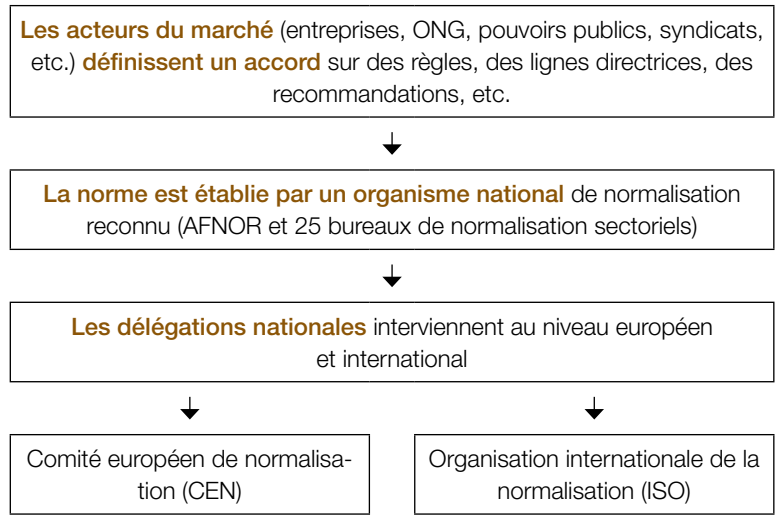
15.3 L'organisation de la normalisation

Dans le tableau ci-dessous est présentée la structure de l'organisation de la normalisation au niveau mondial :

Niveau international	Niveau européen	Niveau national
Organisation internationale de la normalisation (**ISO**)	Comité européen de normalisation (**CEN**)	Association française de normalisation (**Afnor**) Membre français de l'ISO et de la CEN
Commission électrotechnique internationale (**CEI**)	Comité européen de normalisation électrotechnique (**CENELEC**)	Union technique de l'électricité (**UTE**) Membre français de la CEI et de la CENELEC
Union internationale des télécommunications (**UIT**)	Institut européen de Normalisation des télécommunications (**ETSI**)	Direction générale de l'industrie, des technologies de l'information et des postes (**DIGITIP**) Membre français de l'UIT

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Le fonctionnement de la normalisation



15.4 Les différents documents normatifs

On retrouve dans les documents normatifs :

- **la norme homologuée (NF) :** ce sont des documents **à contenu normatif**. Ils ont suivi la procédure d'approbation (enquête publique). **Ils peuvent donc servir de référence dans une réglementation**, un marché public ou une marque NF (norme française) ;
- **la norme expérimentale (XP) :** une norme peut être publiée sous une forme expérimentale lorsqu'elle a besoin de subir **une période de mise à l'épreuve**. Dans un délai maximum de 3 ans après leur publication, ces normes doivent subir un nouvel examen par la commission de normalisation. La commission peut alors soit soumettre la norme à homologation, soit prolonger sa durée d'expérimentation (sur une période maximale de 3 ans), soit la supprimer ;
- **le fascicule de documentation (FD) :** c'est un **document d'information** qui est élaboré par un groupe d'experts

(acteurs du marché) et qui est validé par la commission de normalisation. Il n'est soumis ni à une enquête publique ni à homologation. Ce document peut refléter, par exemple, l'état des techniques dans un domaine.

Reconnaître une norme

Sur la première page du document, on peut voir apparaître :

» **des codes de type :**

Exemples de codes	Symbolisation
NF C 15-100	**NF** pour indiquer que c'est une norme purement nationale.
NF EN 13501-3	**NF EN** pour indiquer que c'est une norme française qui reproduit intégralement une norme européenne.
NF ISO 4526	**NF ISO** pour indiquer que c'est une norme française qui reproduit intégralement une norme internationale.
NF EN ISO 9001 Voir exemple ❶	**NF EN ISO** pour indiquer que c'est une norme française qui reproduit intégralement une norme européenne, reproduisant elle-même une norme internationale. Les lettres et les chiffres qui suivent ces symboles correspondent à la codification des documents

» **un titre.** Exemple : système de management de la qualité ❷,

» **la traduction du titre en anglais et en allemand.** Voir exemple ❸,

» **un indice de classement.** Exemple : X 50-131 ❹,

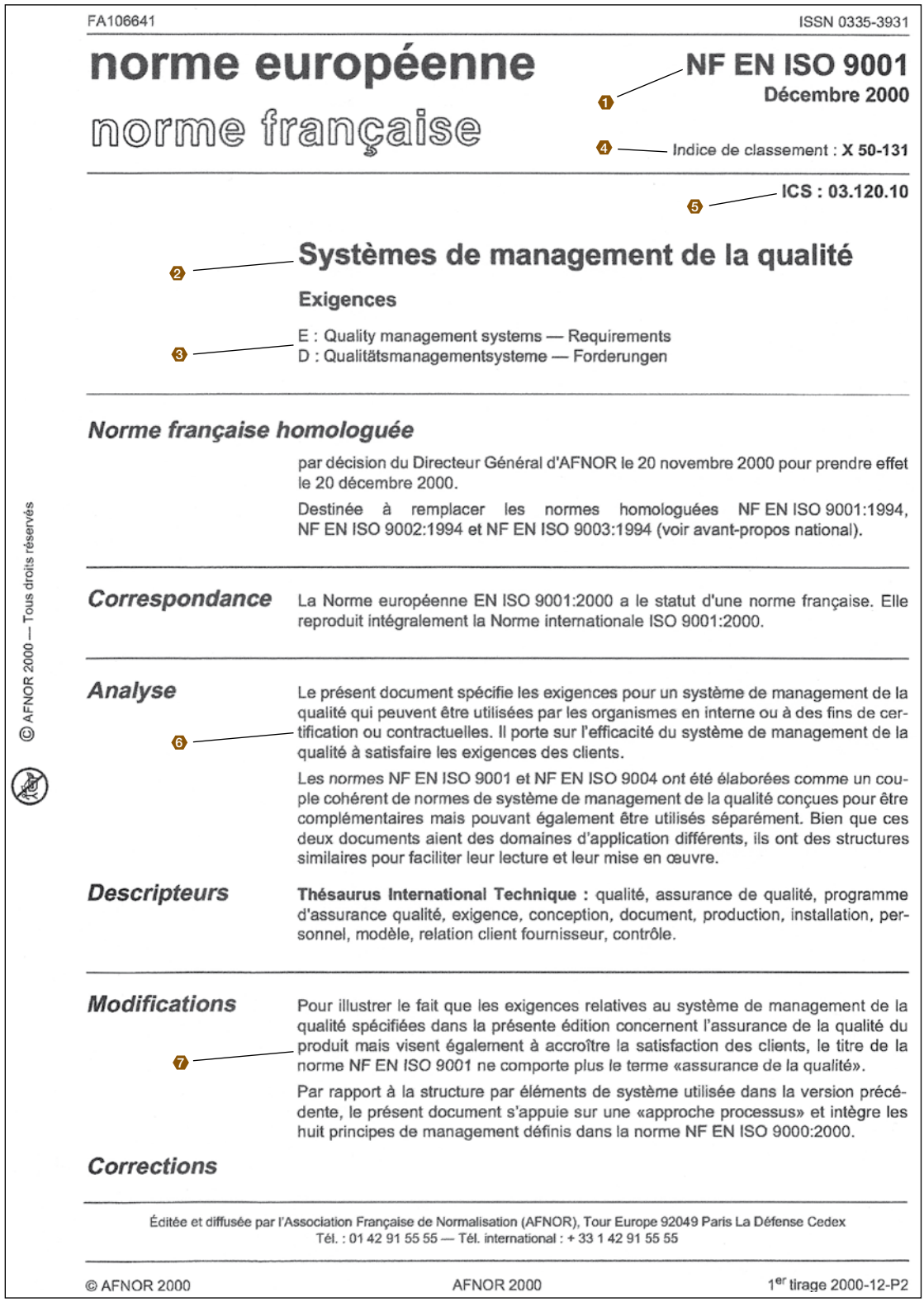
» **le(s) domaine(s) dans lequel (ou lesquels) est classé le document suivant la nouvelle classification internationale.** Exemple : ICS : 03.120.10 ❺,

» **un champ couvert par la norme.** Voir exemple ❻,

» **des éventuelles modifications.** Voir exemple ❼.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Figure 15.1 *Exemple d'une page de garde d'une norme*



FA106641 ISSN 0335-3931

norme européenne
norme française

NF EN ISO 9001
Décembre 2000

Indice de classement : **X 50-131**

ICS : 03.120.10

Systèmes de management de la qualité

Exigences

E : Quality management systems — Requirements
D : Qualitätsmanagementsysteme — Forderungen

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 20 novembre 2000 pour prendre effet le 20 décembre 2000.

Destinée à remplacer les normes homologuées NF EN ISO 9001:1994, NF EN ISO 9002:1994 et NF EN ISO 9003:1994 (voir avant-propos national).

Correspondance

La Norme européenne EN ISO 9001:2000 a le statut d'une norme française. Elle reproduit intégralement la Norme internationale ISO 9001:2000.

Analyse

Le présent document spécifie les exigences pour un système de management de la qualité qui peuvent être utilisées par les organismes en interne ou à des fins de certification ou contractuelles. Il porte sur l'efficacité du système de management de la qualité à satisfaire les exigences des clients.

Les normes NF EN ISO 9001 et NF EN ISO 9004 ont été élaborées comme un couple cohérent de normes de système de management de la qualité conçues pour être complémentaires mais pouvant également être utilisés séparément. Bien que ces deux documents aient des domaines d'application différents, ils ont des structures similaires pour faciliter leur lecture et leur mise en œuvre.

Descripteurs

Thésaurus International Technique : qualité, assurance de qualité, programme d'assurance qualité, exigence, conception, document, production, installation, personnel, modèle, relation client fournisseur, contrôle.

Modifications

Pour illustrer le fait que les exigences relatives au système de management de la qualité spécifiées dans la présente édition concernent l'assurance de la qualité du produit mais visent également à accroître la satisfaction des clients, le titre de la norme NF EN ISO 9001 ne comporte plus le terme «assurance de la qualité».

Par rapport à la structure par éléments de système utilisée dans la version précédente, le présent document s'appuie sur une «approche processus» et intègre les huit principes de management définis dans la norme NF EN ISO 9000:2000.

Corrections

Éditée et diffusée par l'Association Française de Normalisation (AFNOR), Tour Europe 92049 Paris La Défense Cedex
Tél. : 01 42 91 55 55 — Tél. international : + 33 1 42 91 55 55

© AFNOR 2000 AFNOR 2000 1er tirage 2000-12-P2

© AFNOR 2000 — Tous droits réservés

Les autres documents de référence

Ces documents de référence se présentent sous une mise en forme différente de celles des normes. On trouve parmi ces documents :

- **les référentiels de bonnes pratiques (BP) :** ils permettent de répondre aux **besoins d'une profession** afin qu'elle puisse faire connaître **ses règles de pratiques professionnelles** auprès de ses clients et de les faire accepter par l'ensemble de la profession ;
- **les accords (AC) :** ces accords sont **élaborés suite à la demande d'acteurs du marché** afin de définir des solutions dans un domaine d'activité **qui a besoin de stabiliser ses pratiques**. Ce document peut servir de base à l'élaboration d'une norme ;
- **le guide d'application (GA) :** ce document **contient les recommandations pour pouvoir appliquer une ou plusieurs norme(s)** par les professionnels. Il peut s'agir aussi d'une synthèse des points essentiels d'une ou de plusieurs normes.

15.5 Les documents techniques unifiés (DTU)

Ces documents **définissent les règles d'exécution des ouvrages ou de leur mise en œuvre**. Ils contiennent au moins un document tel que le cahier des clauses techniques (**CCT**) ou le cahier des clauses spéciales (**CCS**).

Ces trois documents sont d'application contractuelle dans les marchés de travaux des bâtiments publics et privés.

Définitions

Le cahier des clauses techniques (CCT) : il définit les conditions à respecter dans le choix et la mise en œuvre des matériaux.
Le cahier des clauses spéciales (CCS) : il définit les limites des prestations et obligations envers les autres corps de métier.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Le statut des DTU

Les DTU sont établis par la Commission générale de normalisation du bâtiment/DTU afin de pouvoir intégrer ces documents dans le circuit de la Normalisation française. Cela intervient dans le cadre de l'harmonisation technique européenne (**Eurocodes**).

Cette évolution a pour conséquence de transformer les DTU en normes. Cette transformation se fait progressivement. De ce fait, les DTU peuvent avoir l'un des statuts suivants :

- **norme française homologuée (NF) ;**
- **norme expérimentale (XP) ;**
- **fascicule de documentation (FD) ;**
- **DTU (statut originel)** : dans ce cas, il ne fait pas partie des normes. Il est provisoirement conservé dans l'attente de son intégration dans le système de normalisation officiel.

Ce qu'il faut retenir

Définition de la norme

Une norme est un **document de référence** qui donne des lignes directrices, des règles, des recommandations relatives à des produits, des services, des méthodes, des processus ou des organisations. Ces **documents sont établis de façon consensuelle** entre les acteurs du marché.

Rôle d'une norme

Une norme est un outil qui permet entre autres de communiquer plus facilement, d'atteindre des objectifs, de mesurer ou contrôler, de se mettre en conformité avec la réglementation ; de se développer sur de nouveaux marchés, de donner confiance aux clients et aux prescripteurs.

Standards, normes et réglementation

Parmi les différents documents de références, on trouve des documents qui sont appliqués de façon volontaire par les acteurs (standards et normes) et des documents qui sont appliqués de façon obligatoire (décrets, arrêtés et lois).

Le fonctionnement de la normalisation

Les acteurs du marché définissent un accord sur des règles, des lignes directrices, des recommandations, etc. Ensuite un organisme de normalisation reconnu établit la norme. De plus, des délégations de ces organismes sont représentées au niveau européen et international.

Les différents documents normatifs

La norme homologuée (NF) : ce sont des documents à contenu normatif.

La norme expérimentale (XP) : une norme est publiée sous une forme expérimentale lorsqu'elle a besoin de subir une période de mise à l'épreuve.

Le fascicule de documentation (FD) : c'est un document d'information qui est élaboré par un groupe d'experts et qui est validé par la commission de normalisation.

Les autres documents de référence

Les référentiels de bonnes pratiques (BP) : permettent de répondre aux besoins d'une profession pour faire connaître ses règles de pratiques professionnelles.

Les accords (AC) : ces accords sont **élaborés suite à la demande d'acteurs du marché** afin de définir des solutions dans un domaine d'activité **qui a besoin de stabiliser ses pratiques**.

Guide d'application (GA) : contient les recommandations pour pouvoir appliquer une ou plusieurs normes.

Les DTU

Les documents techniques unifiés qui possèdent un statut originel ne sont pas des normes. Mais dans le cadre de l'harmonisation technique européenne, ils sont transformés progressivement, en intégrant le circuit de la normalisation français, et peuvent alors prendre les statuts suivants :

- **norme française homologuée (NF)**
- **norme expérimentale (XP)**
- **fascicule de documentation (FD)**

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Testez vos connaissances

1. Donnez la définition d'une norme :

•

2. Parmi ces documents de référence, indiquez ceux qui sont d'application volontaire et ceux qui sont d'application obligatoire :

- *standards* →
- *lois* →
- *décrets* →
- *normes* →
- *arrêtés* →

3. Citez le nom des trois organisations qui s'occupent de la normalisation au niveau international, européen et français :

•

•

•

4. Citez les trois types de documents normatifs :

•

•

•

5. À quoi servent les DTU :

•

6. Le statut originel des DTU fait-il partit des normes :

a ☐ *oui*

b ☐ *non*

Partie 5

Gestion de production et CFAO

La gestion de l'ordonnancement

chapitre 16

16.1 Généralités sur la gestion de production

Gérer un projet, cela signifie traditionnellement ordonner et ordonnancer (mettre dans l'ordre) les différentes tâches qui vont permettre de mener à bien le projet.

On gère la conception et la fabrication d'une gamme de mobilier comme un projet unitaire. Une équipe-projet est constituée dès le départ et elle va suivre celui-ci jusqu'à son aboutissement. Cette équipe comprend des personnes :

- du service commercial ;
- du bureau des études ;
- du bureau des méthodes ;
- du service fabrication ;
- et du service qualité.

Fonctions de la gestion de production

On peut distinguer trois fonctions principales :

- **la fonction de planification :** planifier les différentes opérations à réaliser sur une période déterminée. Prévoir les moyens matériels et humains à mettre en œuvre pour réaliser le projet ;

- **la fonction d'exécution :** c'est la mise en œuvre des différents moyens pour mener les opérations prédéfinies et le suivi de celles-ci ;
- **la fonction de contrôle :** contrôler par comparaison (calcul des écarts et analyse) entre la réalisation (en cours ou finie) et ce qui a été planifié au préalable.

Les champs d'action

Les champs d'actions de la gestion de production sont très vastes.

- **Prévoir la demande :** prévoir les ventes afin de fabriquer uniquement ce qui sera vendu. Cela permet de limiter les stocks et les invendus.
- **Gérer l'achat et l'approvisionnement :** acheter la matière première et les produits en grande quantité permet d'obtenir des remises de la part des fournisseurs. Par contre, cela augmente les stocks.
- **Gérer les stocks :** le but est de limiter le nombre de matières premières et des produits, afin de réduire les frais de stockage. Ces frais correspondent au capital immobilisé par l'achat, et aux frais du local de stockage. Sans oublier le risque de ne jamais pourvoir utiliser ces stocks, suite à une détérioration, à un produit qui est passé de mode ou rarement demandé.
- **Optimiser les coûts :** dans la plupart des entreprises, les coûts de production (matières premières et main-d'œuvre) représentent en moyenne 75 % du chiffre d'affaires. Une bonne gestion de production permet de réduire ces coûts. Cela devient donc une préoccupation permanente à chaque étape.
- **Établir les procédures de conception, de lancement et de suivi des fabrications en cours :** c'est l'ensemble des actions qui répartissent, pilotent et contrôlent les activités des postes de travail de l'atelier. C'est le travail à part entière du bureau des méthodes qui établit de nombreux documents (fiche suiveuse, gamme d'usinage, contrat de phase…).
- **Contrôler la qualité des produits fabriqués :** c'est l'organisation et le suivi des opérations et des pièces, en cours et à la fin de la fabrication.
- **Organiser la maintenance du matériel**, c'est-à-dire conserver l'outil de production en parfait état.
- **Gérer les délais de livraison et de paiement.**

Les méthodes utilisées

Pour organiser et gérer les différentes phases d'un projet, il est nécessaire d'utiliser des méthodes telles que **la méthode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) ou la méthode du diagramme de Gantt.**

Le PERT est une technique de gestion des projets utilisée en général pour des projets importants en taille, en coût et en durée alors que le Gantt est davantage utilisé pour des projets de moindre importance.

Le PERT a l'avantage de mettre clairement en évidence les liens existant entre les différentes opérations alors que le Gantt est plus facile à lire et à utiliser en atelier.

Figure 16.1 *Logiciel de gestion*

Des logiciels informatiques appelés GPAO (gestion de production assistée par ordinateur) permettent de les établir.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

16.2 La méthode PERT

Définition

Le PERT : *Program Evaluation and Review Technique* (soit en français « technique d'élaboration et de contrôle d'un programme ») est une méthode d'organisation consistant à mettre en ordre, sous forme de réseaux, les opérations (appelées aussi tâches) qui, par leur dépendance et leur chronologie, concourent toutes à l'obtention d'un produit.

Il s'attache surtout à mettre en évidence les liaisons qui existent entre les différentes tâches d'un projet et à définir le chemin critique, qui constitue l'ensemble des opérations sur lesquelles on ne peut pas perdre de temps sans modifier la durée de réalisation du projet.

Conditions préalables

Pour établir un PERT, il faut connaître :

- l'ensemble du projet ;
- les différentes tâches ou opérations qui le composent ;
- les durées correspondantes aux tâches ;
- les liens d'antériorité entre les différentes tâches.

Tableau des antériorités

Le classement chronologique des phases d'une fabrication se détermine par l'antériorité propre à chaque phase, c'est-à-dire celle qui est obligatoirement avant.

Par exemple, avant la phase du dégauchissage du chant d'une pièce, il faut avoir fait son antériorité (géométrique) qui est la phase de dégauchissage de son plat.

On trouve **trois types d'antériorité** : géométrique, technologique ou économique.

Avant de commencer le réseau PERT, on doit établir un tableau des antériorités en se référant aux documents des méthodes traitant de l'ordonnancement de la fabrication : le planning de phase, la gamme d'usinage, l'analyse de fabrication, l'analyse de phase ou le processus de fabrication.

Exemple

Prenons comme exemple le processus de fabrication suivant, pour une fabrication de 20 tabourets pliants en bois massif :

ENSEMBLE : tabouret pliant Nb : 40				PROCESSUS DE FABRICATION								
				PHASES								
SOUS -ENSEMBLES	ELEMENTS	REPERES	NOMBRES	Débit et corroyage	Mise à longueur	Calibrage	Perçage tourillon	Mortaisage	Tenonnage	Défonçage C.N	Collage	Finition et montage
piètement	pieds	101	80	X	X			X				
	traverses	102	80	X		X	X		X		X	X
dessus	Plateaux	201	40	X		X	X			X		

La recherche du tableau des antériorités permet de trouver le niveau d'antériorité de chacune des opérations, indispensable à l'établissement du réseau PERT.

Pour trouver le numéro des niveaux, cela peut être fait directement sur le tableau suivant (par déduction et par élimination) :

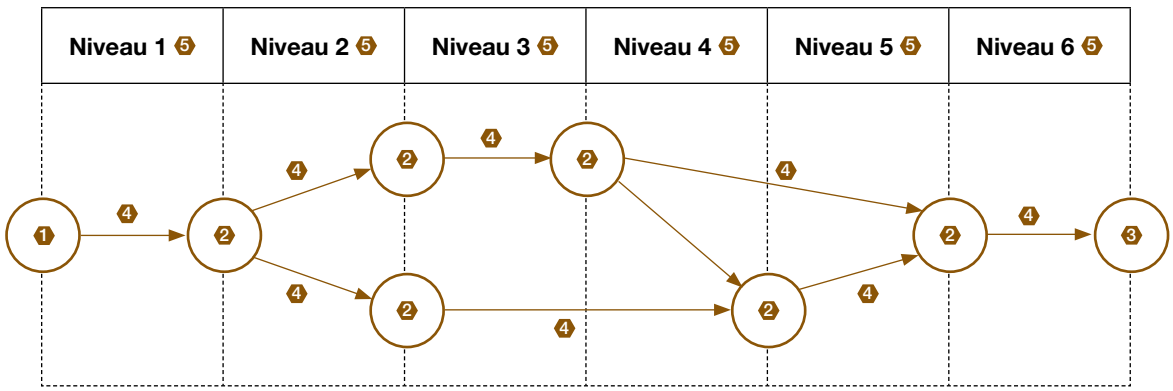
TABLEAU DES ANTÉRIORITÉS				
Opérations précédentes	**Repère des opérations**	**Désignation des opérations**	**Niveaux d'antériorité**	**Temps en minutes**
-	A	Débit et corroyage	1	50
D	B	Mortaisage des pieds	3	40
H	C	Tenonnage des traverses	4	45
A	D	Mise à longueur des pieds	2	30
B C	E	Collage général	5	600
H	F	Défonçage C.N plateau	4	80
A	G	Calibrage plateau et traverse	2	25
G	H	Perçage tourillon plateau et traverse	3	90
E F	I	Finition général et montage	6	450

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Exemple *(suite)*

Dans le tableau précédent, on observe que pour faire l'opération **A**, il ne faut rien faire avant (**-**), donc **A** est au niveau 1. Ensuite, on regarde dans la colonne des opérations précédentes où est inscrite l'opération **A**, et on voit qu'elle est en **D** et en **G**, donc **D** et **G** sont au niveau 2. Et ainsi de suite, on regarde dans la colonne des opérations précédentes où sont **D** et **G**. Lorsqu'une opération a plusieurs antécédents, on prend en compte le niveau le plus élevé : par exemple, E est en 5, car B est en 3 mais C est en 4.

Représentation graphique du réseau PERT



❶ Étape initiale

❷ Étapes courantes

❸ Étape finale

❹ Les tâches

❺ Les niveaux d'antériorité

L'étape

L'étape est le commencement ou la fin d'une tâche (ou une opération), **elle n'a pas de durée.**

Elle peut être représentée par **un cercle, un carré ou un rectangle.** Chaque étape est numérotée et positionnée à cheval sur la séparation entre deux niveaux.

• **Différentes catégories d'étapes :**

» **l'étape initiale** : elle marque le début du réseau, elle est unique dans un réseau ;

» **l'étape finale** : elle marque la fin des travaux du projet, elle est unique dans un réseau ;

» **l'étape courante** : elle marque le début et/ou la fin d'une ou plusieurs tâches ;

» **l'étape critique** : elle a un battement nul. C'est une étape sur laquelle on ne peut pas perdre de temps sans modifier la durée totale de la fabrication. elle est représentée par un double cercle.

La numérotation des étapes se fait de gauche à droite dans le réseau, et de haut en bas dans le même niveau d'antériorité.

La tâche

Une tâche est un déroulement dans le temps d'une opération. Elle est représentée par un vecteur sur lequel sont indiquées l'action à effectuer et sa durée. Les tâches peuvent être successives, simultanées ou convergentes.

• **Différentes catégories de tâches :**

» **la tâche réelle** : elle correspond à l'exécution d'un travail, elle consomme du temps de main-d'œuvre ;

» **la tâche d'attente** : elle ne représente pas un travail, mais elle consomme du temps par l'immobilisation de la pièce (séchage d'un collage ou d'un vernis) ;

» **la tâche fictive :** c'est un artifice pour rendre cohérent le réseau et respecter les antériorités de certaines tâches. Elles ne consomment ni temps ni moyens matériels (elle est représentée en pointillés).

Construction d'un réseau PERT

• **Étape 1 :**

Après avoir déterminé le niveau d'antériorité des tâches (les opérations), on les positionne dans la colonne correspondant au niveau de ces opérations (représentée par un vecteur).

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

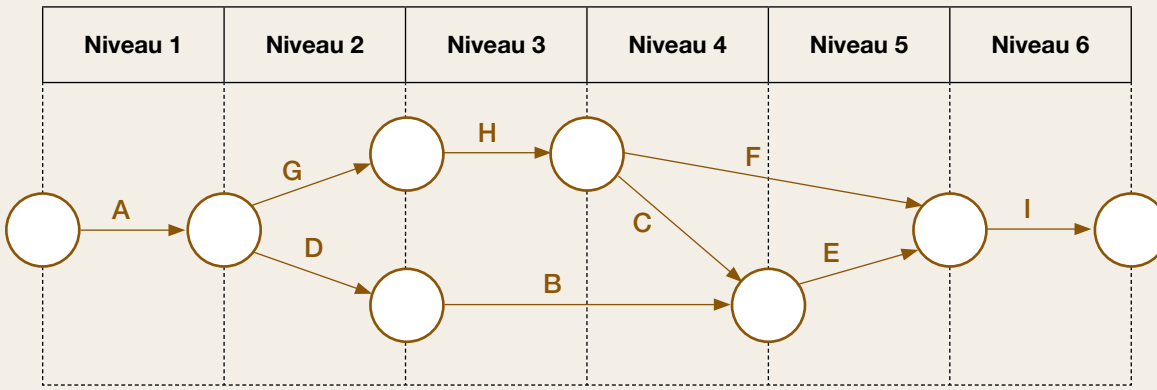
Exemple *(suite)*

Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Niveau 5	Niveau 6
Tâche A →	tâche G →	tâche H →	tâche C →	tâche E →	tâche I →
	tâche D →	tâche B →	tâche F →		

• Étape 2 :

Puis progressivement, on positionne les étapes (représentées par un cercle) entre les tâches ; leur choix doit respecter le tableau des antériorités.

Exemple *(suite)*



Il est indiqué dans le tableau qu'avant de faire l'opération E, il faut avoir fait B et C et uniquement ceux-là. Également, qu'avant de faire les opérations F et C, il faut avoir fait H.

• Les règles à respecter pour la construction sont :

» une tâche est toujours unique, il est possible de créer des tâches fictives pour conserver la cohérence d'un réseau ;

» une tâche peut être sur plusieurs niveaux ;

» la ou les tâches indiquées (dans le tableau) comme précédentes d'une autre tâche doivent sans exception être raccordées à celle-ci par une étape. Attention, il est impossible d'en raccorder une autre qui ne soit pas indiquée.

Gestion des temps

De manière générale lors de la fabrication, certaines pièces sont plus longues à réaliser que d'autres. C'est donc ces pièces-là qui vont retarder et conditionner la durée totale de cette fabrication. Ainsi, les autres pièces pourront alors disposer **d'une marge de temps supplémentaire** pour être fabriquées, sans que cela n'influe sur la durée totale. Cela **donne de la flexibilité** dans la gestion de la production, en cas d'aléas ou de files d'attente à une machine.

Le but de la gestion des temps est de définir la durée totale de la fabrication et les marges des étapes. Cela peut être exprimé en **minutes, en heures ou en secondes,** mais aussi en **centièmes d'heure**.

Les étapes servent à comptabiliser les temps entre les tâches, donc à dire au bout de combien de temps on peut passer à la tâche suivante. Les temps indiqués dans ces étapes sont dits **au plus tôt et au plus tard**. Si la différence entre ces deux chiffres est nulle, on parle alors **d'étape critique** (sans marge).

Dans cet exemple, la marge est de 15 minutes (55-40). Les tâches suivantes qui sont raccordées à cette étape peuvent commencer entre la 40e et la 55e minute (par rapport au début), sans que cela ne rallonge pour autant la durée totale de fabrication.

• Calcul des temps au plus tôt (Dto)

On part de l'étape initiale, sur un temps de zéro et on avance vers l'étape finale, **en additionnant les temps des tâches**. **Lorsqu'il y a plusieurs tâches qui précèdent l'étape concernée**, on prend en compte le temps d'exécution **le plus long.**

• Calcul des temps au plus tard (Dta)

Le calcul des temps au plus tard s'effectue à partir de l'étape finale. Si aucune marge n'est prévue par le bureau des méthodes **pour l'étape finale**, alors **le temps au plus tard (Dta) est égal au temps le plus tôt (Dto).** Puis on remonte vers l'étape initiale, **en soustrayant les temps des tâches précédant l'étape.**

Lorsqu'il y a plusieurs tâches qui précèdent l'étape concernée, on prend en compte le temps d'exécution **le plus court**.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

• Calcul de la marge d'étape (ou battement)

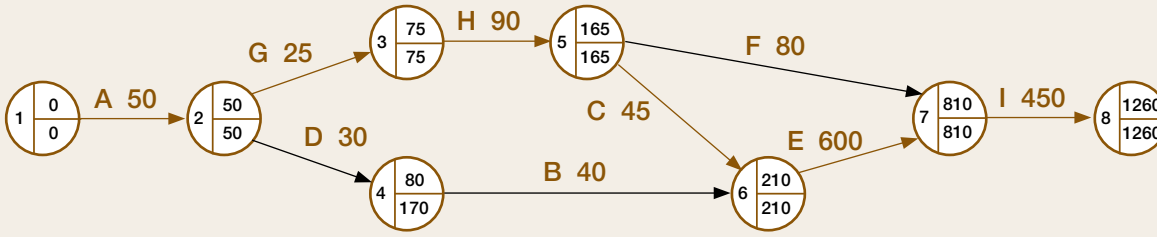
C'est la différence entre le temps au plus tôt et le temps au plus tard d'une étape. Les étapes dont la marge (appelée aussi battement) est nulle sont alors des **étapes critiques**, elles jalonnent le **chemin critique**.

• Le chemin critique

C'est l'itinéraire le plus long du réseau, il passe par les étapes critiques. Il peut exister plusieurs chemins critiques sur un même réseau.

Le chemin critique constitue l'ensemble des opérations sur lesquelles on ne peut pas perdre de temps sans modifier la durée totale de réalisation.

Exemple *(suite)*



Le temps au plus tôt de l'étape 6 est de 210 minutes car par la tâche B, le temps d'exécution est de 120 min (80 min + 40 min), mais le temps d'exécution le plus long passe par la tâche C, il est donc de 210 min (165 min + 45 min).

Le temps au plus tard de l'étape 5 est de 165 minutes car par la tâche F, le temps d'exécution est de 730 min (810 min – 80 min), mais le temps d'exécution le plus court passe par la tâche C, il est de 165 min (210 min – 45 min).

Le chemin critique passe par les tâches critiques A, G, H, C, E, et I. Les étapes et les tâches situées sur ce chemin sont symbolisées par une couleur ou par des doubles cercles et des doubles traits.

L'étape 4 dispose d'une marge de 90 minutes de battement (170 – 80), c'est-à-dire que la tâche B peut être commencée au bout de la 170e minute au lieu de la 80e, sans que cela n'influe sur la durée totale de fabrication.

Ce qu'il faut retenir

Généralités sur la gestion de production

Gérer un projet signifie ordonner et ordonnancer les différentes tâches qui vont permettre de mener à bien le projet. **Les fonctions de la gestion de production sont : la planification, l'exécution et le contrôle.**

Les champs d'action sont :

- prévoir la demande (pour limiter les stocks et les invendus) ;
- gérer les achats, les approvisionnements et les stocks ;
- gérer la conception, le lancement et l'avancement des fabrications ;
- contrôler la qualité des produits, en cours et à la fin de la fabrication ;
- organiser la maintenance de l'outil de production (le matériel) ;
- gérer les coûts, les délais de livraison et de paiement.

La méthode PERT

C'est une méthode d'organisation représentée sous forme de réseaux. Elle met en évidence les liaisons et la chronologie qui existent entre les différentes tâches d'une fabrication. Elle sert à définir le chemin critique.

Le tableau des antériorités

Le classement chronologique des phases d'une fabrication se détermine par l'antériorité propre à chaque phase. Il s'appuie sur les documents des méthodes traitant de l'ordonnancement de la fabrication. Ce tableau sert de référence pour déterminer le niveau d'antériorité d'une tâche dans le réseau.

L'étape

L'étape est le commencement ou la fin d'une tâche, elle n'a pas de durée. Elle peut être représentée par un cercle.

- les étapes initiale et finale : elles marquent le début et la fin du réseau (unique) ;
- l'étape courante : elle marque le début et/ou la fin d'une ou plusieurs tâches ;
- l'étape critique : elle a un battement nul (temps au plus tôt = temps au plus tard).

La tâche

Une tâche est un déroulement dans le temps d'une opération. Elle est représentée par un vecteur sur lequel sont indiqués l'action à effectuer et sa durée.

- la tâche réelle : elle consomme du temps ;
- la tâche d'attente (séchage d'un collage ou d'un vernis) ;
- la tâche fictive : c'est un artifice pour rendre cohérent le réseau.

La gestion des temps

Le but de la gestion des temps est de définir la durée totale de la fabrication et les marges des étapes. Elle peut être exprimée en minutes, en heures, en secondes, ou en centièmes d'heure. Les étapes servent à comptabiliser les temps au plus tôt et au plus tard entre les tâches, et à déterminer les marges d'étape. Si cette marge est nulle, elle est une étape critique et elle jalonne le chemin critique. Le chemin critique constitue l'ensemble des opérations sur lesquelles on ne peut pas perdre de temps sans modifier la durée totale de la réalisation.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Testez vos connaissances

1. Nommez les trois fonctions principales de la gestion de production :

-
-
-

2. Dans quel cas une étape est-elle dite critique ?

a ☐ *lorsque son temps au plus tôt est supérieur à son temps au plus tard*

b ☐ *lorsque son temps au plus tôt est identique à son temps au plus tard*

c ☐ *lorsque son temps au plus tôt est inférieur à son temps au plus tard*

3. Décrivez l'avantage d'une étape non critique :

-

4. Complétez le tableau suivant en indiquant le niveau d'antériorité de chaque opération :

TABLEAU DES ANTÉRIORITÉS		
Opérations précédentes	**Repère des opérations**	**Niveaux d'antériorité**
B	A	
D	B	
E	C	
-	D	
-	E	
G	F	
A C	G	
F	H	
J	I	
A C	J	

5. En vous appuyant sur le tableau des antériorités suivant, établissez (sur papier libre) votre réseau PERT, sans oublier le chemin critique :

TABLEAU DES ANTÉRIORITÉS				
Opérations précédentes	**Repère des opérations**	**Désignation des opérations**	**Niveaux d'antériorité**	**Temps en minutes**
-	A	Débit et corroyage	1	50
A	B	Tenonnage des traverses	2	40
-	C	Réalisation M.U pour TOV	1	30
G F	D	Profilage plateau et traverses	4	25
H D	E	Collage	5	35
B C I	F	Défonçage C.N plateau	3	25
A	G	Mortaisage des pieds	2	15
J	H	Profilage pieds	4	40
-	I	Débit panneau	1	15
B C I	J	Calibrage avec M.U traverse	3	55

16.3 Le diagramme de Gantt

Appelé également **diagramme d'ordonnancement ou planning d'ordonnancement**, le diagramme de Gantt est une méthode datant de 1918 encore très répandue. Elle consiste à déterminer la meilleure manière de positionner les différentes tâches d'un projet à exécuter, sur une période déterminée. En essayant de faire en sorte que les moyens humains et matériels soient utilisés de la meilleure façon possible tout en respectant les délais.

Conditions préalables

Pour établir le diagramme, il faut prendre en compte les paramètres suivants :

- l'ensemble du projet ;
- les différentes tâches (ou opérations) qui le composent ;
- les liens d'antériorité entre les différentes tâches ;
- le délai ou la date de fin de réalisation à respecter ;

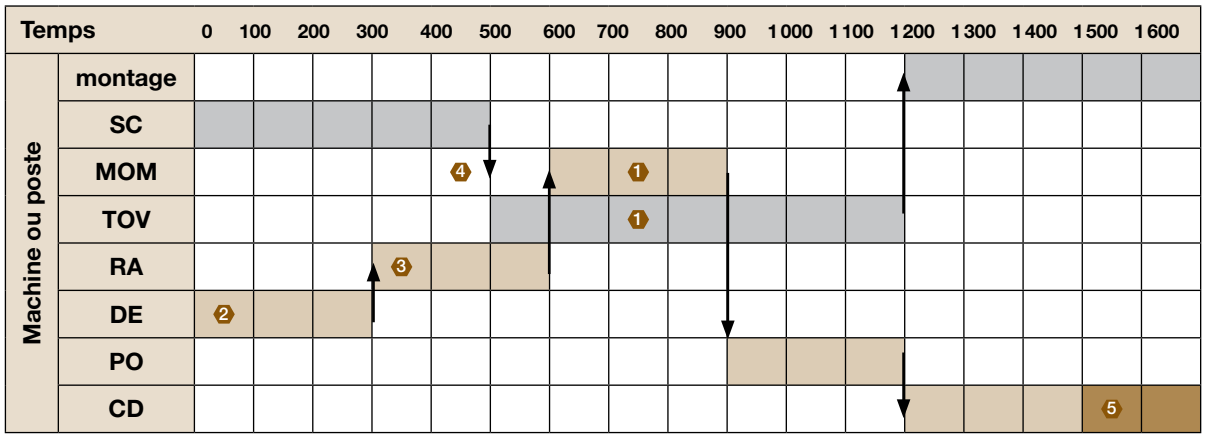
© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

» la durée de chacune des tâches. Pour optimiser la fabrication, il est parfois utile de différencier les différents temps qui la composent (temps de réglage ou d'usinage) ;

» les charges de production déjà existantes causées par les autres fabrications déjà prévues ou en cours, pouvant provoquer des attentes de machines ou de personnes.

Représentation graphique du diagramme

Le diagramme de Gantt définit le calendrier d'exécution des opérations. Il permet de visualiser l'utilisation des moyens de production, suivant l'avancement des opérations.



❶ Chaque opération (ou tâche) est représentée sur un axe par un segment proportionnel à sa durée. L'opération est identifiée par son repère.

Un code graphique (hachure ou couleur) permet de différencier les différentes pièces de la fabrication. Il est accompagné d'une légende. Un autre code peut être utilisé pour identifier les intervenants.

❷ On commence par la ou les opérations qui n'ont pas d'antériorités.

❸ On représente ensuite les opérations ayant pour antérieures celles déjà représentées, et ainsi de suite.

❹ Des flèches représentent les contraintes d'antériorités des opérations entre elles.

❺ On met en évidence les flottements existant sur certaines opérations à l'aide d'un code graphique.

Construction d'un diagramme de Gantt

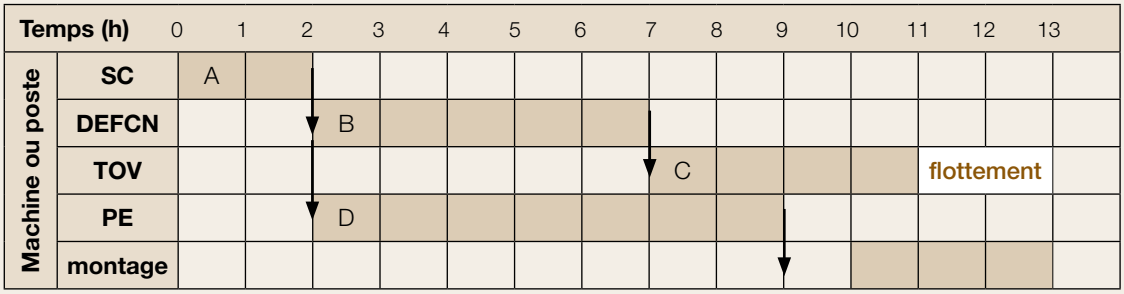
La construction d'un diagramme de Gantt s'appuie sur les mêmes documents que ceux du réseau PERT. Il peut être même construit directement à l'aide d'un PERT, et inversement un PERT peut être construit avec un Gantt.

Le document de référence est comme pour le PERT : le tableau des antériorités. Celui-ci détermine le classement chronologique des phases d'une fabrication. Il est établi en se référent aux documents des méthodes.

Exemple

TABLEAU DES ANTÉRIORITÉS				
Opérations précédentes	**Repère des opérations**	**Désignation des opérations**	**Machines-outils**	**Temps en heure**
-	A	Débit	SC	2
A	B	Calibrage	DEFCN	5
B	C	Profilage	TOV	4
A	D	Perçage	PE	7
D	E	Finition et montage	Zone montage	4

Le diagramme de Gantt de cette fabrication :



Dans cet exemple, on constate que la fabrication a une durée totale de 13 heures. Le chemin critique passe par les opérations A, D et E.

L'opération C dispose d'un flottement de deux heures, c'est-à-dire qu'elle peut débuter à la 9e heure. Ce flottement peut être répercuté sur l'opération B, en commençant à la 4e heure (et la C à la 9e).

On peut noter, pour cette fabrication, que de la 2e à la 9e heure, deux personnes sont nécessaires pour respecter le diagramme.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

• Flottement d'opération et chemin critique

Un flottement correspond au temps de retard qu'on peut prendre sur une tâche sans pour autant augmenter la durée globale de la réalisation du projet. C'est un élément de flexibilité permettant à l'entreprise d'optimiser l'outil de production. Comme dans le réseau PERT, le flottement correspond à la marge d'étape, c'est-à-dire la différence entre le temps au plus tôt et le temps au plus tard d'une étape. Si cette marge (flottement) est nulle, l'opération fait partie du **chemin critique**.

Le jalonnement

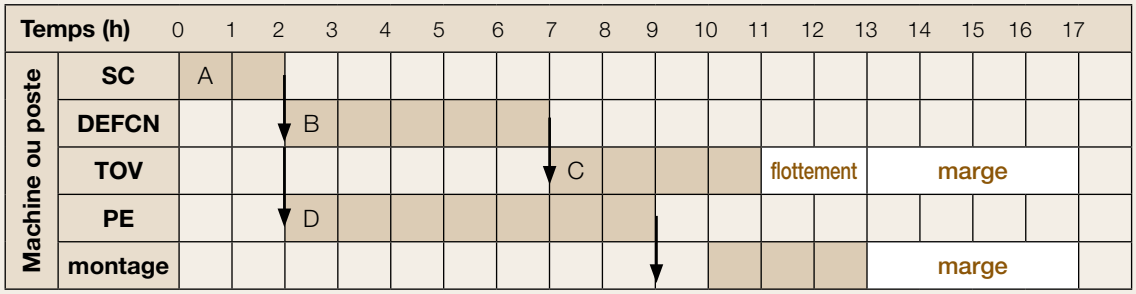
• Jalonnement au plus tôt

Le diagramme de Gantt classique consiste à représenter les opérations en les faisant démarrer **le plus tôt possible**, ce qu'on appelle un jalonnement au plus tôt.

Le jalonnement des opérations se fait à partir de la date de lancement de l'ordre de fabrication.

Exemple *(suite)*

Prenons le cas du diagramme précédent, et imaginons que nous disposons de 17 heures pour réaliser cette fabrication avant la livraison.



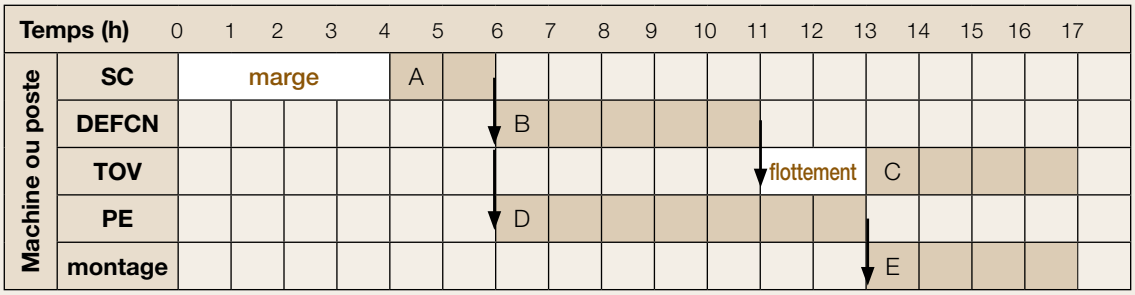
La marge de temps est une sécurité qui permet d'absorber les aléas de productions ; par contre, les fabrications en cours et les stocks sont plus importants.

• Jalonnement au plus tard

Avec les préoccupations des stocks et des invendus, on utilise de plus en plus la méthode dite du **Juste à temps**, ce qui amène à faire commencer **les opérations le plus tard possible**.

Le jalonnement des opérations se fait à partir de la date de livraison et l'on remonte dans le temps jusqu'à déterminer la date du début de la production.

Exemple *(suite)*



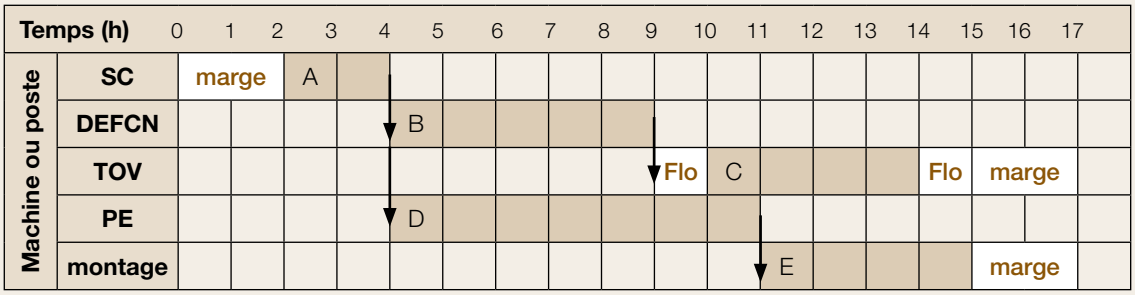
L'opération C est retardée au maximum en mettant son flottement avant elle.

Les fabrications en cours et les stocks sont minimisés. Par contre, **il n'existe pas de sécurité** pour couvrir un aléa survenant sur la production.

• Jalonnement avec marge en aval et marge en amont

C'est un compromis des deux méthodes précédentes entre le jalonnement au plus tôt et au plus tard. Les marges et les flottements sont divisés en deux et répartis avant et après les opérations.

Exemple *(suite)*



© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Les files d'attente

Malgré l'existence d'un programme de production correctement élaboré et parfaitement respecté, l'ensemble des aléas de production provoque un engorgement des ateliers qui se caractérise par la formation de files d'attente de lots de pièces, au pied des machines. Pour ces lots en attente, un ordre de priorité est établi suivant plusieurs critères.

Gestion des priorités

Les lots de pièces qui s'accumulent doivent être différenciés par ordre de priorité. Diverses règles sont utilisables, elles sélectionnent dans la file d'attente le lot prioritaire.

Les critères de priorité sont les suivants :

» priorité à **la fabrication ayant la date de livraison la plus rapprochée**, pour respecter au mieux les délais ;

» priorité à **la première commande confirmée** pour ne pas mettre en fabrication des produits qui ne seront peut-être pas vendus ;

» priorité à **l'opération dont la durée est la plus courte**. Cela lui évite une trop longue attente, alors que le préjudice pour l'opération longue est faible, mais pas inversement ;

» priorité à **l'opération ayant une marge nulle ou la plus petite.** Marge = temps restant avant la livraison – temps total d'achèvement du projet. **Exemple** : 8 jours avant la date de livraison, et la fin du projet dans 5 jours. Cela donne une marge de 3 jours.

Optimisation de l'outil de production

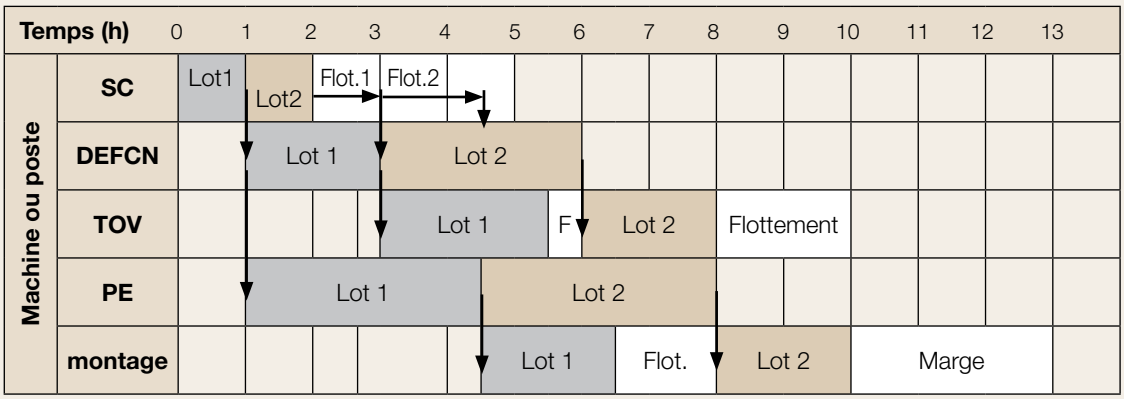
• Gestion par lot

Le lot correspond à la quantité de pièces concernées par une même d'action. Quand le nombre de pièces est trop important, il est préconisé de diviser les pièces à usiner en plusieurs lots. Par exemple : pour une fabrication de 200 pieds, on les divise en 2 lots de 100 pieds.

L'avantage essentiel de la gestion par lot est que pour chaque opération, on peut transférer les premiers lots au poste de travail suivant sans être obligé d'avoir fini toutes les pièces.

L'inconvénient de cette gestion, c'est qu'elle nécessite un plus grand nombre de personnels et engendre plus de temps de transfert des pièces d'un poste à l'autre.

Exemple *(suite)*



Dans cet exemple, on constate que la gestion de cette fabrication par deux lots permet de gagner une marge de 3 heures sur la durée totale. Ce diagramme met en évidence quatre périodes de flottement, ce qui donne plus de souplesse.

Par contre, au cours de la 5e heure, il faut 4 personnes sur 4 postes différents.

• Gestion des différents temps de fabrication

La détermination des temps peut s'effectuer de différentes manières :

- **par le chronométrage** d'une opération ;
- **par expérience** des temps passés lors d'une fabrication similaire ;
- **par simulation et estimation**.

Les temps peuvent être exprimés **en minutes, en heures ou en secondes, mais aussi en centièmes d'heure.**

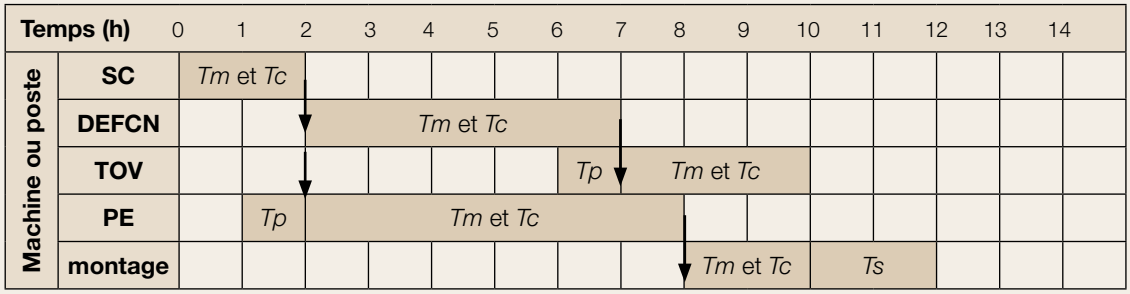
Il est possible d'optimiser la fabrication **suivant les temps détaillés d'une opération :**

- ***Tp*, temps de préparation du poste** : le temps de préparation correspond souvent au réglage d'une machine. Il exige la présence d'une personne et l'immobilisation du poste de travail (la machine). Par contre, les pièces sont libres, donc le temps de préparation peut être anticipé avant la fin de l'opération précédente. Toutes les opérations ne nécessitent pas forcément de réglages ou de préparation ;
- ***Tm*, temps de manipulation des pièces au poste** ;
- ***Tc*, temps de coupe ou de transformation** ;

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

- **_Tu_, temps d'usinage :** les temps d'usinage (*Tu* = *Tm* + *Tc*) mobilise le personnel, la machine et les pièces. Néanmoins, sur un poste de travail bien organisé, il est parfois possible de réduire le temps de manipulation et ce, en préparant la pièce pendant l'usinage d'une autre, par exemple avec une machine à commande numérique à deux zones de travail ou à la toupie avec deux montages d'usinage identique ;
- **_Ts_, temps de séchage :** le temps de séchage d'un collage ou d'un produit de finition immobilise les pièces mais pas le personnel, et rarement le poste de travail ;
- **_Tt_, temps de transfert entre deux postes de travail :** c'est le temps nécessaire pour déplacer les pièces d'un poste à l'autre. Il peut être réduit par une bonne organisation du circuit d'usinage, et il peut être automatisé pour limiter l'usage du personnel.

Exemple *(suite)*



Dans cet exemple, le gain de temps par anticipation des temps de préparation (*Tp*) est de 1 heure. Il met en évidence que les deux personnes sont disponibles à la 10e heure. Chaque flèche représente un transfert de pièce (*Tt*) d'un poste à l'autre, il peut être ajouté dans le calcul des temps.

• Gestion des moyens humains et matériels de production

Dans les entreprises, généralement plusieurs fabrications sont en cours en même temps.

Pour que le planning de Gantt soit réalisable, il faut le juxtaposer avec les autres pour vérifier la disponibilité du personnel et des machines. Il est important de détecter et de limiter les éventuelles files d'attente au poste de travail, puis de gérer l'ordre des priorités.

Chaque planning nécessite des moyens humains, il faut alors désigner les bonnes personnes en fonction de leurs compétences et vérifier si elles ne sont pas assignées à d'autres tâches au même moment.

Ce qu'il faut retenir

Cette méthode consiste à faire en sorte que les moyens humains et matériels soient utilisés de la meilleure façon possible tout en respectant les délais et en réduisant au maximum le temps de fabrication.

Construction du diagramme de Gantt

Elle s'appuie sur le document de référence qui est le tableau des antériorités. Celui-ci détermine le classement chronologique des phases d'une fabrication. Le diagramme met en évidence les flottements (marge d'étape) et le chemin critique.

Le jalonnement

Jalonnement au plus tôt

Les opérations commencent le plus tôt possible, à partir de la date de lancement de l'ordre de fabrication. La marge de temps est située à la fin de la fabrication, c'est une sécurité qui permet d'absorber les aléas de production. Par contre, les fabrications en cours et les stocks sont plus importants.

Jalonnement au plus tard

Les opérations commencent le plus tard possible, le jalonnement des opérations se fait à partir de la date de livraison jusqu'à déterminer la date du début de la production. La marge de temps est alors au début de la fabrication. Cette méthode réduit les stocks mais ne bénéficie d'aucune marge de sécurité en cas d'aléas.

Jalonnement avec marge en aval et marge en amont

C'est un compromis des deux méthodes précédentes. Les marges et les flottements sont répartis avant et après les opérations.

Les files d'attente et la gestion des priorités

L'ensemble des aléas de production provoque une file d'attente des pièces, au pied des machines. Pour ces lots de pièces, un ordre de priorité est établi suivant plusieurs critères :

- priorité à la fabrication ayant la date de livraison la plus rapprochée ;
- priorité à la première commande confirmée ;
- priorité à l'opération dont la durée est la plus courte ;
- priorité à l'opération ayant une marge nulle ou la plus petite.

Gestion par lot

Lorsque le nombre de pièces est trop important, il est préconisé de diviser les pièces à usiner en plusieurs lots. Cela permet de transférer les premiers lots au poste de travail suivant sans être obligé d'avoir fini tous les lots du poste précédent. Cette gestion nécessite un plus grand nombre de personnels.

Gestion des différents temps de fabrication

Il est possible d'optimiser la fabrication suivant les temps détaillés d'une opération :

- *Tp* : temps de préparation du poste (au réglage d'une machine) ;
- *Tu* : temps d'usinage (temps de manipulation *Tm* + temps de coupe *Tc*) ;

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

» *Ts* : temps de séchage (collage ou produit de finition) ;
» *Tt* : temps de transfert entre deux postes de travail.

Gestion des moyens humains et matériels de production

La gestion de production par diagramme de Gantt permet de détecter et de limiter les files d'attente au poste de travail, puis de gérer l'ordre des priorités. C'est un outil indispensable pour optimiser l'emploi du personnel et des machines.

Testez vos connaissances

6. Désignez l'avantage d'une fabrication avec jalonnement au plus tard :

•

7. Dans un diagramme de Gantt, comment se nomme le temps disponible lors d'une opération non critique ?

a ☐ *le jalonnement*
b ☐ *le flottement*

8. Nommez quelle fabrication est prioritaire lors d'une file d'attente :

a ☐ *la fabrication ayant la date de fin la plus tôt*
b ☐ *la fabrication ayant la date de fin la plus tard*
c ☐ *la fabrication ayant l'opération la plus longue*
d ☐ *la fabrication ayant l'opération la plus courte*

9. En vous appuyant sur le tableau suivant, établissez le diagramme de Gantt :

Avec un jalonnement au plus tôt et un temps maximum de 1 000 minutes.

TABLEAU DES ANTÉRIORITÉS				
Opérations précédentes	**Repère des opérations**	**Désignation des opérations**	**Machines-outils**	**Temps en minutes**
-	A	Débit	SR	100
A	B	Dégauchissage	DE	50
B	C	Rabotage	RA	50
F	D	Mortaisage des pieds	MO	100
H	E	Tenonnage des traverses	TE	100
C	F	Mise à longueur des pieds	SC	50
H	G	Calibrage des plateaux	TOV	200
C	H	Perçage tourillon plateaux et traverses	PE	100
D E G	I	Finition générale et montage	Zone de montage	300

Temps (mn)		0		100		200		300		400		500		600		700		800		900		1 000	
Machine ou poste	SC																						
	SR																						
	DE																						
	RA																						
	MO																						
	TE																						
	TOV																						
	PE																						
	montage																						

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Les coûts de fabrication

chapitre 17

Le prix de vente aux clients d'un ouvrage dépend du coût de fabrication pour l'entreprise. Lors de la conception et de la réalisation du dossier technique de celui-ci, les coûts des matières premières, des produits et de la main-d'œuvre doivent être pris en compte sans oublier les frais généraux de l'entreprise.

Il est important de bien évaluer les coûts de fabrication :

- si le coût de fabrication est surévalué, le prix de vente risque d'être trop élevé par rapport à la concurrence, et il sera donc difficile à vendre ;
- si le prix de vente est sous-évalué, l'entreprise vendra facilement ces ouvrages mais risque de perdre de l'argent.

17.1 Les coûts des matières premières et des produits

La feuille de débit des matières

Il doit y être quantifié la matière première (en m^2 ou en m^3) aux dimensions finies de toutes les pièces nécessaires. Les surfaces et les volumes finis ne tiennent pas compte de la perte de bois liée au corroyage, aux usinages et aux chutes inexploitables.

Pour chaque type de matériau, les quantités sont calculées suivant le mode de commercialisation soit en m^2 pour les surfaces (panneau, placage et stratifié), soit en m^3 pour les volumes (bois massif).

Les matières premières et les produits

» **Le coût de la matière première** (massif, panneaux, placage ou stratifié) : on utilise les valeurs des surfaces et des volumes de la feuille de débit. Il faut les majorer avec « un pourcentage de perte ».

» **Les abrasifs, les colles et les produits de finition** : on estime la quantité nécessaire suivant la surface à poncer, à coller et à vernir.

» **La quincaillerie** : cela prend en compte les éléments de liaison (vis), les organes de rotation (charnières), d'immobilisation (serrure), de translation (coulisse), les éléments décoratifs ou fonctionnels, et les pièces de liaison préfabriquées (les tourillons et les lamelles).

Le bon de commande

• Le conditionnement et le stock

Pour obtenir des tarifs d'achat intéressants, il est souvent préférable d'acheter en gros. Par contre, cela occasionne souvent du stock, ce qui a des avantages et des inconvénients :

» **les panneaux et le stratifié sont vendus entiers**, suivant leur format spécifique. Comme pour les placages et le stratifié, les quantités sont exprimées en m^2 ;

» **le bois massif est vendu en m^3 par planche ou bille entière.**

• Autres coûts

» **l'achat d'un outillage** spécialement adapté et indispensable à la fabrication envisagée ;

» **l'intervention d'un sous-traitant** pour réaliser une partie ou une étape de la fabrication.

Pour plus d'informations

Voir *Technologie des métiers du bois*, tome 2, chapitre 2 (éditions Dunod).

17.2 Les coûts de la main-d'œuvre

Les temps de fabrication

Ils sont établis en s'appuyant sur les documents :

- soit de **la gestion de production** : un réseau PERT ou un diagramme de Gantt déjà établi ;
- soit du **dossier des méthodes** : analyse de fabrication, gamme d'usinage, analyse de phase, etc. ;
- avec **un tableau de référence des temps d'usinage**..

Exprimé en centièmes d'heure (ch), en heures, en minutes ou en secondes. Les temps sont définis soit par chronométrage, soit par expérience, soit par simulation ou estimation. **Les temps de fabrication peuvent être détaillés :**

- ***Tp*** : temps de préparation du poste ;
- ***Tu*** : temps d'usinage (temps de manipulation *Tm* + temps de coupe *Tc*) ;
- ***Tt*** : temps de transfert entre deux postes de travail ;
- ***Ts*** : temps de séchage pour la colle ou les produits de finition. Attention, ce temps ne demande aucune main-d'œuvre, donc il n'occasionne aucun coût. Par contre, il immobilise l'ouvrage.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Exemple de temps de référence d'une entreprise

Prenons comme exemple une fabrication de 5 tabourets :

TEMPS DE RÉFÉRENCE D'USINAGE			
Désignation des opérations	**Machines outil**	**Temps en Ch. (1/100 h) Par pièce usinée**	
		Préparation (Tp)	**Usinage (Tu)**
Débit des bois	SR	0	1
Dégauchissage	DE	0	2
Rabotage	RA	0	1.5
Mise à longueur	SC	0	1
Mortaisage	MOM	15	2.5
Tenonnage	TEPN	10	2
Profilage	TOV	15	1
Collage	-	0	20
Finition	-	0	25
Temps de transfert entre postes de travail		Tt = 5	

CALCUL DU TEMPS DE FABRICATION					
rep	**Désignation des opérations**	**M.O**	**Nombre d'usinage**	**Tp + (Tu × Nb) (en ch)**	**Total (en ch)**
A	Débit des bois	SR	40	0 + (40 × 1)	40
B	Dégauchissage	DE	40	0 + (40 × 2)	80
C	Rabotage	RA	40	0 + (40 × 1,5)	60
D	Mise à longueur	SC	20	0 + (20 × 1)	20
E	Mortaisage	MOM	20	15 + (20 × 2,5)	65
F	Tenonnage	TEPN	20	10 + (20 × 2)	50
G	Profilage	TOV	20	15 + (20 × 1)	35
H	Collage	-	5	0 + (5 × 20)	100
I	Finition	-	5	0 + (5 × 25)	125
Transfert entre poste			10	10 × 5	50
Total des temps de fabrication en 1/100 h					625 ch
Total des temps de fabrication en heures et minutes					6 h et 15 min

Le salaire horaire de la main-d'œuvre étant facturé et estimé en heures, il faut donc traduire le temps comptabilisé en centièmes d'heure en heures et minutes.

Exemple

Transférer les centièmes d'heure en heures et minutes

On sait que 100 ch = 1 heure. Donc pour convertir 625 ch en heures et minutes, il faut appliquer les calculs suivants : 625 ch/100 = 6,25

On obtient 6 heures et 25 ch. (25 ch/100) × 60 = 15 minutes

Résultat : 625 ch = 6 heures et 15 minutes

Calculer le coût en main-d'œuvre de cette fabrication, avec un salaire horaire de 32 €/heure HT. On peut utiliser le temps en centièmes d'heure (625 ch) :

(625 ch/100) × 32 € = 200 € HT

Ou son transfert en heures (6 h et 15 min) :

(6 h × 32 €) + ((32 €/60) × 15 min) = 200 € HT

17.3 Le prix de vente

L'établissement du prix de vente prend en compte :

- **les coûts des matières premières et des produits :** ceux qui ont été nécessaires à la fabrication : bois massif, panneaux, placage, colle, vernis, vis, charnières… ;
- **le coût lié à la main-d'œuvre** : il est estimé en nombre d'heures de travail nécessaire à la fabrication puis multiplié par le coût horaire de la main-d'œuvre. Le coût horaire de travail d'une personne est établi en prenant en compte :
  - **le salaire horaire brut de l'ouvrier et les charges patronales** qui y sont liées,
  - **les charges et les frais liés au fonctionnement de l'entreprise**, comme par exemple : le loyer des locaux, les factures (électriques), le salaire du personnel non productif (secrétariat), les taxes et impôts, le coût des crédits liés aux achats des machines, etc. ;
- **un pourcentage bénéficiaire sur le projet :** le pourcentage est ajouté à la somme totale HT ;

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

» **éventuellement suivant le projet :**

- **les frais d'emballage,**
- **les frais de stockage et de livraison,**
- **la marge prise par le point de vente ou le commercial.**

17.4 Le seuil de rentabilité

Rechercher le seuil de rentabilité, c'est estimer à partir de quelle valeur il est plus judicieux de privilégier un choix par rapport à un autre.

Cette recherche peut être appliquée dans de nombreux cas différents, par exemple :

» **estimer** à quel moment il est plus rentable de faire un gainage à la main ou de réaliser un montage d'usinage pour la raboteuse ;

» **estimer**, pour une fabrication en grande série, à quel moment il est plus rentable d'acheter du matériel supplémentaire ou de conserver celui existant ;

» **vernir** un meuble soi-même ou le donner à un vernisseur ;

» **acheter** une camionnette pour faire les livraisons ou en louer une le moment venu, ou encore faire appel à un transporteur.

Conditions préalables

Pour établir un seuil de rentabilité, il faut **les données financières** suivantes :

» les tarifs des fournisseurs pour les matières premières et les produits sans oublier leurs frais de livraison ;

» les tarifs des sous-traitants ;

» les coûts de main-d'œuvre de l'atelier ;

» les coûts liés aux nouveaux investissements : le crédit, les locaux supplémentaires, la maintenance, la dévalorisation du matériel, la formation du personnel.

Exemple

Une entreprise doit réaliser une fabrication de 500 pièces nécessitant un calibrage à la toupie.

Le choix n°1 : les coûts de la main-d'œuvre et de la matière première sont de 450 € pour la réalisation du montage d'usinage et de 8 € par pièce réalisée.

Le choix n°2 : un fournisseur d'outillage propose un nouveau type de guidage à lunette pour la toupie, celui-ci permettant d'éviter la réalisation d'un montage d'usinage et d'abaisser le coût de réalisation d'une pièce à 5 €. Ce guide à lunette est facturé 1 250 € auxquels s'ajoutent 180 € de frais de port.

Est-il plus rentable d'acheter un nouvel outillage pour la fabrication des 500 pièces ?

À partir de combien de pièces obtient-on le seuil de rentabilité de notre achat ?

Méthodes de recherche

Deux méthodes existent pour rechercher le seuil de rentabilité, c'est-à-dire à partir de quelle valeur (le point d'intersection) le choix bascule d'une solution vers une autre.

» **Méthode mathématique** (fonction affine) : le point d'intersection est atteint lorsque le choix 1 égale le choix 2.

Exemple *(suite)*

Choix 1 : 450 € + (8 € × nombre de pièces)

Choix 2 : (1 250 € + 180 €) + (5 € × nombre de pièces)

On recherche quel est le nombre de pièces(Y) qui nous donnera : choix 1 = choix 2. On a donc :

$450 + (8 \times Y) = (1\,250 + 180) + (5 \times Y)$

$(8 \times Y) - (5 \times Y) = 1\,430 - 450$

$(8 - 5)\,Y = 980$

$3\,Y = 980$

$Y = 980/3 \approx 326$ pièces

Conclusion : avec le choix N °2, la fabrication devient rentable à partir de 327 pièces. Il faut donc privilégier cette solution pour réaliser les 500 pièces.

» **Méthode graphique** : sur un graphique, il s'agit de tracer les vecteurs (droites ou paraboles) correspondant aux différents choix et observer le croisement de ces vecteurs.

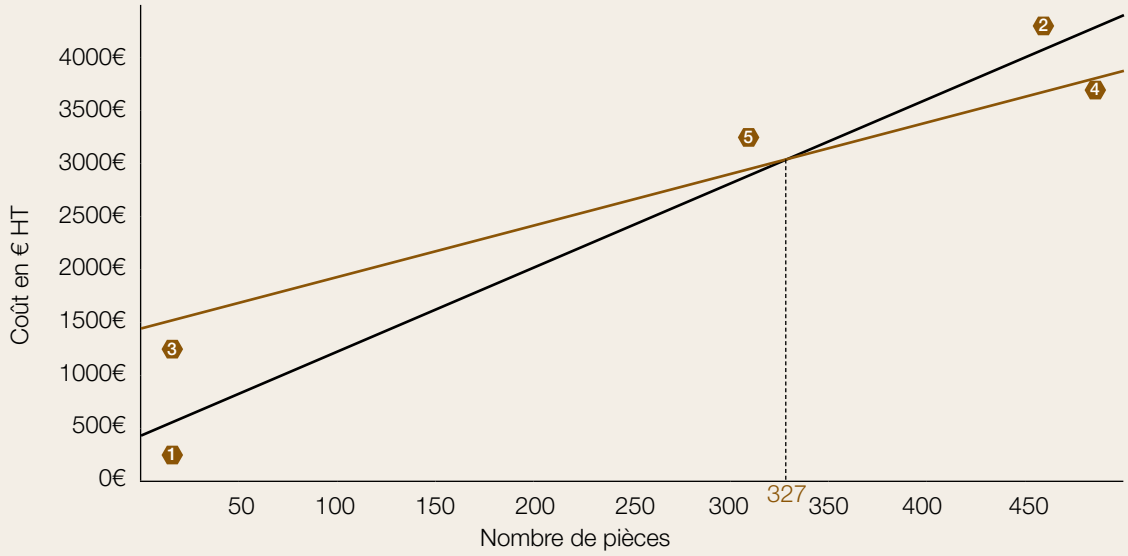
© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Exemple *(suite)*

Choix 1 : 450 € + (8 € × Y nombre de pièces)
L'entreprise (**tracé en noir**) : = (8 × Y) + 450
Pour une pièce ❶ : (8 × 1) + 450 = 458 €
Et pour 500 pièces ❷ : (8 × 500) + 450 = 4 450 €

Choix 2 : (1 250 € + 180 €) + (5 € × nombre de pièces)
L'entreprise avec l'outillage (**tracé en marron**) :
Y = (5 × Y) + (1 250 + 180)
Pour une pièce ❸ : (5 × 1) + 1 430 = 1 435 €
Et pour 500 pièces ❹ : (5 × 500) + 1 430 = 3 930 €

On peut lire sur le graphique :
Le point d'intersection ❺ est le seuil de rentabilité, donc :
Le choix n °1 est rentable de 1 à 326 pièces.
Le choix n °2 avec l'outillage est rentable à partir de 327 pièces.



Ce qu'il faut retenir

Le prix de vente d'un ouvrage dépend des coûts de sa fabrication : coûts des matières premières, des produits, de la main-d'œuvre et des frais généraux de l'entreprise.

Les coûts des matières premières et produits

- la feuille de débit quantifie la matière première (en m^2 ou en m^3) ;
- le coût de la matière première : les valeurs de la feuille de débit sont majorées avec « un pourcentage de perte » ;
- le coût des abrasifs, des colles et des produits de finition ;
- le coût de la quincaillerie.

Autres facteurs influençant le coût de fabrication :

- le conditionnement et le stock ;
- l'achat d'un outillage spécialement adapté ;
- l'intervention d'un sous-traitant.

Les coûts de la main-d'œuvre

La durée d'une fabrication s'appuie sur la gestion de production (réseau PERT ou diagramme de Gantt) et sur le dossier des méthodes.

Les temps de fabrication sont détaillés en temps de préparation, d'usinage et de transfert. Ils sont répertoriés dans un tableau de référence des temps d'usinage, en centièmes d'heure (Ch), en heures, en minutes ou en secondes.

Le prix de vente

Il prend en compte :

- les coûts des matières premières et des produits utilisés ;
- les coûts liés à la main-d'œuvre ;
- les charges et les frais liés au fonctionnement de l'entreprise ;
- le pourcentage bénéficiaire sur le projet ;
- éventuellement les frais de stockage, d'emballage et de livraison et la marge prise par le point de vente ou le commercial.

Le seuil de rentabilité

C'est rechercher à partir de quelle valeur il est plus judicieux de privilégier un choix par rapport à un autre. Cette recherche peut être appliquée dans de nombreux cas différents.

Pour établir le seuil de rentabilité, il faut des données financières.

On utilise soit la méthode mathématique, soit la méthode graphique (le ou les points d'intersection des différents choix).

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Testez vos connaissances

1. En quelle unité est commercialisé le panneau contre-plaqué :

a ☐ *en* m^2

b ☐ *en* m^3

2. Nommez les trois temps détaillant une fabrication :

-
-
-

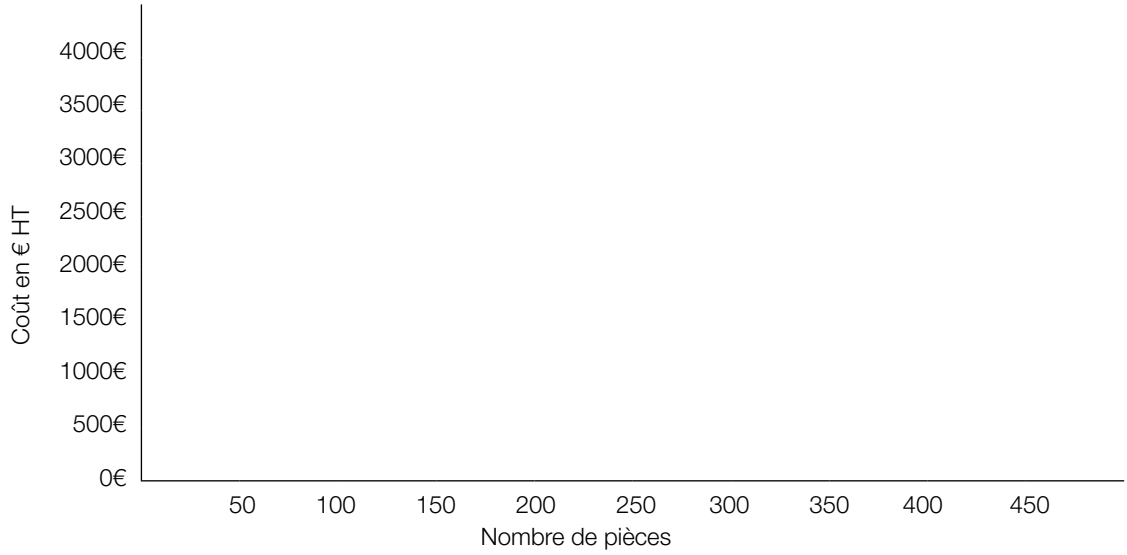
3. Convertissez 430 Ch en heures et minutes :

-

4. En vous appuyant sur le sujet suivant :

« L'atelier dans lequel vous travaillez a une commande de 50 tables avec une laque noire brillante. Pour cette commande, l'entreprise est obligée de faire appel à un vernisseur en sous-traitance.
Le choix n °1 : l'entreprise n °1(sous-traitante) propose un coût de 180 € par table, plus 35 € de livraison pour l'ensemble de la commande.
Le choix n °2 : l'entreprise n °2 (sous-traitante) propose un coût de 92 € par table, plus 900 € de livraison pour l'ensemble de la commande.
Le choix n °3 : l'entreprise dans laquelle vous travaillez envisage d'investir dans un compresseur et un pistolet à vernir d'une valeur de 2 650 €, ce qui permettrait de réaliser soi-même les vernis. Néanmoins, le coût du vernis est de 40 € par table. »

Tracez sur le graphique suivant le seuil de rentabilité des trois choix :



Pour faciliter le tracé du graphique :

Tracez le choix n °1 avec 1 et 25 pièces

Tracez le choix n °2 avec 1 et 40 pièces

Tracez le choix n °3 avec 1 et 50 pièces

5. Déterminez à partir de combien de pièces les trois possibilités sont rentables :

- *Le choix n °1 : de …… pièces à …… pièces.*
- *Le choix n °2 : de …… pièces à …… pièces.*
- *Le choix n °3 : de …… pièces à …… pièces.*

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

La qualité
chapitre 18

La recherche et la conservation de la qualité dans une fabrication sont essentielles pour sa rentabilité. Sa bonne gestion rayonne sur tous les intervenants de la production.

18.1 Définition et généralités

• Les normes ISO 9 000 et ISO 8 402 :

« La qualité, c'est l'aptitude d'un produit (ou d'un service) à satisfaire les besoins exprimés des utilisateurs ».

La norme ISO 9 000 regroupe trois autres normes : ISO 9 001, ISO 9 002 et ISO 9 003. Une entreprise certifiée de la norme ISO 9 003 garantit que les produits ont subi un contrôle et des essais permettant d'assurer leur qualité.

• La méthode SPC :

SPC (*Statistical Process Control*) est une surveillance des procédés en continu. C'est un véritable système d'information et de contrôle, appliqué au procédé d'une fabrication, qui est contrôlé soit directement par les paramètres de fabrication, soit indirectement par les produits qui en sont issus.

• La démarche de la qualité :

Elle se traduit par un nombre d'actions, visant à tout mettre en œuvre pour fournir un produit (ou un service) de qualité. Les outils les plus utilisés sont :

» **la carte de contrôle ;**

» **le diagramme de Pareto ;**

» **le diagramme de causes à effets.**

18.2 La carte de contrôle

Définition et objectif de la carte de contrôle

La carte de contrôle est l'élément de base de la **MSP** (maîtrise statistique des procédés). Elle est utilisée pour **assurer la stabilité d'une fabrication**, car le principe de base du contrôle de la qualité est de considérer que tout système est soumis à des variations aléatoires. Afin d'éviter de mettre des pièces au rebus, il est indispensable d'anticiper ces variations avant les limites de tolérance.

Les paramètres à contrôler sont définis dans les documents du bureau des méthodes, principalement les plans de définition de la pièce concernée.

Ces paramètres bénéficient de deux types de tolérance :

- **une tolérance dimensionnelle** (intervalle de tolérance d'une cotation ; IT) ;
- **une tolérance de forme, d'orientation ou de position** (planéité, angle, parallélisme, symétrie, etc.).

Il est donc important de **suivre l'évolution de la fabrication** au bon moment pour réaliser les réglages et corrections nécessaires. Pour cela, on procède à des contrôles qui doivent renseigner sur la réalité de la production.

Les niveaux de contrôle

• Les contrôles en cours de fabrication

Les pièces sont contrôlées sur un poste précis pendant la fabrication. Ces contrôles permettent de vérifier que les mesures relevées lors d'un usinage répondent toujours aux exigences, et donc de vérifier la stabilité du processus, mais surtout de pouvoir agir immédiatement avant la fin de l'opération (nouveaux réglages, changement d'outils…).

• Les contrôles de réception

L'objectif est de filtrer les entrées et/ou les sorties provenant :

- de la sous-traitance et des fournisseurs de l'entreprise ;
- d'un atelier à un autre, ou d'un poste d'usinage à un autre.

Méthodes de contrôle

• Le contrôle par attributs

Utilisé pour des grandeurs non mesurables. Les produits ou les pièces sont jugées et classées uniquement comme « bonnes » ou comme « défectueuses ».

• Le contrôle par mesures

Les contrôles sont quantitatifs, c'est-à-dire que l'on vérifie des valeurs mesurables avec des appareils de contrôle métrologique (pied à coulisse, comparateur, rapporteur d'angle…).

Les fréquences de contrôle

• Le contrôle unitaire ou systématique :

» Chaque pièce est contrôlée à 100 %.

» Cette fréquence de contrôle est très efficace mais très coûteuse en temps. Les pièces non conformes sont bloquées avant la phase suivante.

• Le contrôle par prélèvement orienté

Des pièces sont prélevées et contrôlées avec un intervalle régulier. Ce prélèvement est **un échantillon** représentatif de cet usinage. **Exemple** : on fait le prélèvement d'un échantillon de 5 pièces toutes les heures. Plus le nombre de prélèvements est important, plus le contrôle est représentatif de la fabrication.

Les résultats sont reportés dans un tableau de relevés, avant d'être reportés sur la carte de contrôle.

Tableau de relevés des échantillons

Les mesures relevées sur les échantillons sont rapportées dans un « tableau de relevés », qui accompagne la carte de contrôle. Dans ce tableau, les mesures sont utilisées pour calculer :

» **La moyenne (X) :** c'est la moyenne des valeurs de chaque échantillon. C'est cette valeur qui sera portée sur la carte de contrôle.

» **L'étendue (R) :** c'est l'écart maximum relevé dans un même échantillon. Pour calculer l'étendue, on prend : la valeur la plus grande – la valeur la plus petite.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Exemple

On décide de prélever un échantillon de 5 pièces successives toutes les heures pour contrôler la profondeur d'une feuillure, cotée par le bureau des méthodes à 12 +/-0,15 mm.

TABLEAU DE RELEVÉS											
Valeurs relevées	Pièce 1	12,03	12,07	12,09	12,05	11,93	11,97	12,01	11,99	11,95	11,93
	Pièce 2	12,04	12,08	12,05	12,11	12,03	11,93	11,97	12,03	11,97	11,97
	Pièce 3	12,00	12,04	12,13	12,15	11,95	11,99	11,98	11,97	11,89	12,02
	Pièce 4	11,96	11,99	12,08	12,07	12,01	12,01	12,04	11,92	11,93	11,95
	Pièce 5	11,98	12,03	12,03	12,12	11,98	11,92	12,03	11,96	11,92	11,96
moyenne	x	12,002 ❶	12,042	12,076	12,10	11,98	11,964	12,006	11,974	11,932	11,966
étendue	R	0,08 ❷	0,09	0,10	0,07	0,10	0,09	0,07	0,11	0,08	0,09
échantillon		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

❶ Exemple de la moyenne de l'échantillon 1 : 12,03 + 12,04 + 12,00 + 11,96 + 11,98 = 60,01, puis que l'on divise par le nombre de pièces : 60,01/5 = 12,002 mm

❷ Exemple de l'étendue de l'échantillon 1 : 12,04 (la plus élevée) – 11,96 (la plus faible) = 0,08 mm

• La carte de contrôle des étendues :

Une carte des étendues, appelée **carte R**, peut être établie. Elle se présente sous la forme d'un graphique, très similaire à celui des moyennes. Cette carte permettra de détecter les variations à l'intérieur même de chaque échantillon, et donc de suivre et contrôler la dispersion machine.

• La dispersion machine :

L'étendue des échantillons donne une information importante sur la fiabilité de l'usinage, on parle alors de **dispersion machine**. En productique, il est important pour le bureau des méthodes de savoir si telle ou telle machine est capable d'obtenir et de conserver un réglage précis. Une étude statistique approfondie permet de définir un coefficient de dispersion propre à chaque usinage. Ce coefficient est utilisé pour définir les limites de contrôle et de surveillance.

De plus, la dispersion est une garantie de faisabilité à la cotation fonctionnelle, on parle alors de **capabilité machine**. C'est le rapport entre la performance réelle d'une machine et la performance demandée (exigence des tolérances).

Établir la carte de contrôle des moyennes

• Représentation graphique

Cette carte, appelée **carte X,** est un graphique sur lequel sont pointées les valeurs des moyennes des échantillons, et reliées entre elles en préservant l'ordre chronologique des prélèvements.

Sur la carte de contrôle sont représentées :

» **les limites supérieures (LSC) et inférieures (LIC) de contrôle ;**

» parfois aussi, **les limites supérieures (LSS) et inférieures (LIS) de surveillance.**

Ces limites sont plus restrictives que l'intervalle de tolérance (IT).

• Limites de contrôle

Pour calculer ces limites, on utilise un coefficient de dispersion machine, la moyenne de toutes les moyennes (X), et la moyenne des étendues (R).

$$LSC = X + (\text{dispersion} \times R)$$

$$LIC = X - (\text{dispersion} \times R)$$

Ces limites permettent d'alerter l'opérateur avant que la variation n'atteigne des valeurs considérables comme un défaut :

» si les valeurs inscrites figurent entre les limites de contrôle, alors le processus de fabrication est stable ;

» si les valeurs inscrites sortent des limites de surveillance, le processus de fabrication est encore stable, mais il sera mis sous surveillance accrue ;

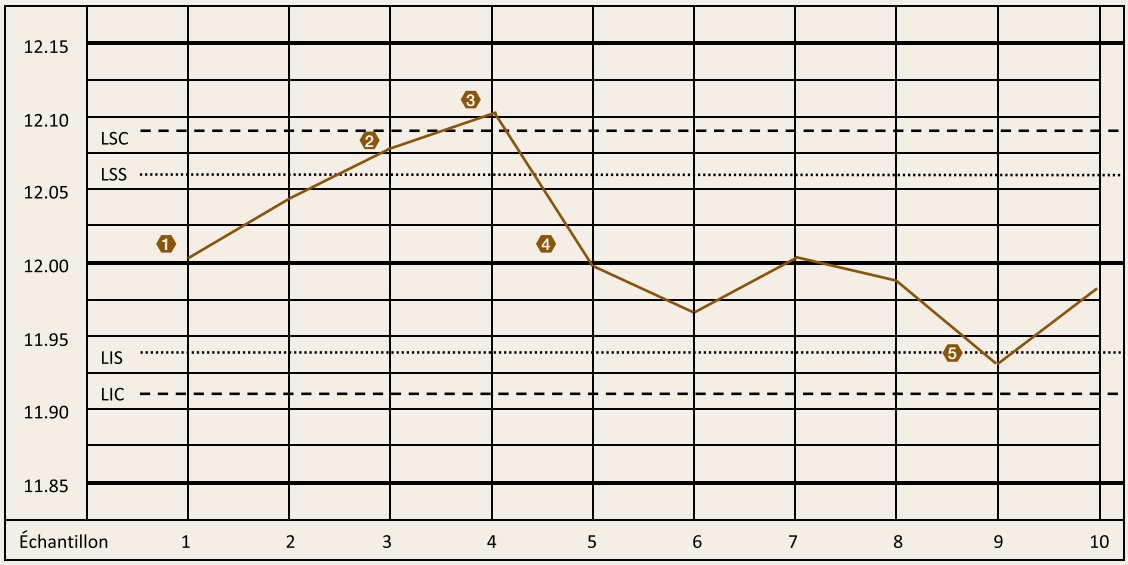
» si certaines valeurs sortent des limites de contrôle, alors le processus est déclaré instable et non maîtrisé. Il faut intervenir immédiatement avant d'atteindre les limites de tolérance, par un nouveau réglage ou un changement d'outil.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Exemple *(suite)*

En s'appuyant sur le tableau de relevés précédent, on obtient la carte de contrôle de moyennes suivante :

CARTE DE CONTRÔLE										
Désignation de la pièce	**Repère**	**Nombre**	**Désignation de l'opération**	**Machine-outil**	**Caractéristique à contrôler**					
traverse	106	560	Profilage feuillure	TOV	Profondeur de la feuillure					
Fréquence de l'échantillon			**opérateur**	**contrôleur**	**Cote**			**nominale**	12.00 mm	
5 pièces/ heure			Jacques	Robert				**maxi**	12.15 mm	
Type de tolérance			**Outil de contrôle**		12 mm			**mini**	11.85 mm	
dimensionnelle			Pied à coulisse		+ 0.15	- 0.15		**IT**	0.30 mm	
Date	23/05	23/05	23/05	23/05	23/05	23/05	23/05	23/05	24/05	24/05
heure	8 h	9h	10h	11h	12h	14h	15h	16h	8h	9h



❶ Réglage initial de l'usinage.
❷ La moyenne atteint la limite supérieure de surveillance (LSS).
❸ La moyenne atteint la limite supérieure de contrôle (LSC).
❹ Nouveau réglage de l'usinage.
❺ La moyenne atteint la limite inférieure de surveillance (LIS).

Ce qu'il faut retenir

La carte de contrôle est utilisée pour contrôler et assurer la stabilité d'une fabrication car on considère que tout système est soumis à des variations aléatoires. Afin d'éviter de mettre des pièces au rebus, il est indispensable d'anticiper ces variations.

Les niveaux de contrôle

- Les contrôles en cours de fabrication : les pièces sont contrôlées sur un poste précis pendant la fabrication.
- Les contrôles de réception : les produits provenant de la sous-traitance et des fournisseurs, ou encore d'un autre poste d'usinage.

Méthodes de contrôle

- Le contrôle par attributs : les produits sont jugés « bons » ou « défectueux ».
- Le contrôle par mesures : les contrôles sont quantitatifs (mesurables).

Les fréquences de contrôle

- Le contrôle unitaire ou systématique : chaque pièce est contrôlée. Méthode très efficace mais très coûteuse.
- Le contrôle par prélèvement orienté : les pièces sont prélevées avec un intervalle régulier. Ce prélèvement est « un échantillon » représentatif de cet usinage.

Tableau de relevés des échantillons

On y rapporte les mesures relevées sur les échantillons, et on y calcule :

- la moyenne des valeurs de chaque échantillon ;
- l'étendue qui correspond à l'écart maximum relevé dans un même échantillon.

Dispersion machine

L'étendue des échantillons donne une information sur la fiabilité de l'usinage. Une étude statistique approfondie permet de définir un coefficient de dispersion machine. Une carte de contrôle des étendues permet de détecter les variations à l'intérieur même de chaque échantillon, et donc de suivre et contrôler la dispersion machine.

La carte de contrôle des moyennes

Sur la carte sont pointées et reliées les moyennes de chaque échantillon, plus :

- des limites supérieures et inférieures de contrôle (LSC et LIC) ;
- des limites supérieures et inférieures de surveillance (LSS et LIS).

Ces limites permettent d'alerter l'opérateur avant que le processus ne soit déclaré instable et non maîtrisé. Il faut intervenir avant d'atteindre les limites de tolérance (IT).

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Testez vos connaissances

1. Complétez le tableau des relevés des mesures d'échantillons suivant :

On décide de prélever un échantillon de 5 pièces successives toutes les heures, pour contrôler la longueur des tenons, cotée à 25 +/-1.5 mm.

- **calculez les moyennes des échantillons.**
- **calculez les étendues de chaque échantillon.**

TABLEAU DE RELEVÉS									
Valeurs relevées	**Pièce 1**	25.05	25.02	24.93	24.64	24.36	23.76	25.01	25.02
	Pièce 2	25.03	25.00	24.91	24.69	24.31	23.87	25.04	25.04
	Pièce 3	25.00	24.97	24.79	24.67	24.34	23.78	24.97	24.98
	Pièce 4	25.02	24.96	24.84	24.58	24.26	23.81	24.99	25.01
	Pièce 5	25.04	25.01	24.88	24.61	24.29	23.83	25.03	24.96
moyenne	**x**								
étendue	**R**								
échantillon		1	2	3	4	5	6	7	8

2. En vous appuyant sur le tableau de relevés précédent, tracez la carte de contrôle des moyennes suivante :

CARTE DE CONTRÔLE									
26.50									
26.00	LSC								
25.50	LSS								
25.00									
24.50									
	LIS								
24.00									
	LIC								
23.50									
Échantillon		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**

3. Décrivez la situation à l'échantillon n °5 :

•

4. Décrivez la situation à l'échantillon n °6 et n °7:

•

•

18.3 Le diagramme de Pareto

Le sociologue économiste italien Vilfredo Pareto (1848-1923) a mis en évidence que **80 % des richesses étaient détenues par 20 % de la population**. Cette théorie montre que **20 % des causes produisent 80 % des effets.**

De cette **loi de Pareto** sont tirés deux outils de classification :

» **le diagramme de Pareto, dit diagramme 80/20 ;**

» **le classement ABC**.

Le diagramme de Pareto

Le diagramme de Pareto est un outil graphique permettant de visualiser l'importance de certains défauts. Il fait apparaître clairement les causes (défauts) qui sont à l'origine du plus grand nombre d'effets (quantité des défauts).

L'intérêt sera donc d'agir en priorité sur les 20 % de causes pour réduire les 80 % d'effets.

Au sein d'une entreprise, de nombreux aspects de la production doivent être surveillés et améliorés : les défauts de fabrication, les coûts, les pannes de machines, les accidents, etc.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Construction d'un diagramme de Pareto

• Étape n °1 : établir la feuille de relevés des défauts

Exemple

Une entreprise décide de lancer une étude afin de recenser pour chaque poste l'augmentation des défauts. Pour cela, une fiche de relevés est élaborée :

FEUILLE DE RELEVÉS			
Ensemble : TABLE Sous-ensemble : PIETEMENT		Élément N° : PIED N °101 Matière : CHÊNE	Nombre : 2 500 pièces
Repère	**Désignation de l'opération**	**Machine**	**Nombre de défauts relevés**
100	Débit	SR	112
200	Corroyage	Q4M	12
300	Mortaisage	MOB	90
400	Profilage	TOV	23
500	Collage	manuel	43
600	Finition	POL	8
TOTAL			**288**

• Étape n °2 : établir le tableau des données et des cumuls

» ❶ Classer les éléments contrôlés par ordre décroissant (en nombre de pièces ayant un défaut).

» ❷ Additionner le nombre total des défauts, puis en déduire le pourcentage pour chaque opération concernée.

» ❸ Calculer les valeurs cumulées en additionnant le nombre de défauts de l'opération avec celui de la ligne précédente. La somme finale doit correspondre au nombre total de défauts.

» ❹ Calculer le pourcentage des valeurs cumulées en additionnant la valeur en pourcentage de l'opération avec celle de la ligne précédente. Le pourcentage final doit être de 100 %.

Exemple *(suite)*

TABLEAU DES DONNEES ET DES CUMULS					
Rang ❶	**Opérations**	**Nombre de défauts ❶**	**Pourcentages des défauts ❷**	**Valeurs cumulées ❸**	**Pourcentages cumulés ❹**
1	Débit	112	((112/288) × 100) = 38,88 %	112	38.88 %
2	Mortaisage	90	((90/288) × 100) = 31,25 %	(112 + 90) = 202	(38,88 + 31,25) = 70,13 %
3	Collage	43	((43/288) × 100) = 14,93 %	(202 + 43) = 245	(70,13 + 14,93) = 85,06 %
4	Profilage	23	((23/288) × 100) = 7,99 %	(245 + 23) = 268	(85,06 + 7,99) = 93,05 %
5	Corroyage	12	((12/288) × 100) = 4,17 %	(268 + 12) = 280	(93,05 + 4,17) = 97,22 %
6	Finition	8	((8/288) × 100) = 2,78 %	(280 + 8) = 288	(97,22 + 2,78) = 100 %
TOTAL		288 ❷	100 %		

• Étape n° 3 : construire le diagramme de Pareto

» Sur l'axe vertical à gauche, reporter le nombre de total de défauts en choisissant une échelle appropriée.

» Puis sur l'axe vertical à droite, reporter sur la même échelle que les défauts une ligne de pourcentage allant de 0 % à 100 %.

» ❶ Sur l'axe horizontal, reporter les opérations en les classant suivant l'ordre décroissant déjà établi par les rangs du tableau des données et des cumuls. Ensuite, tracer une colonne représentant le nombre de défauts.

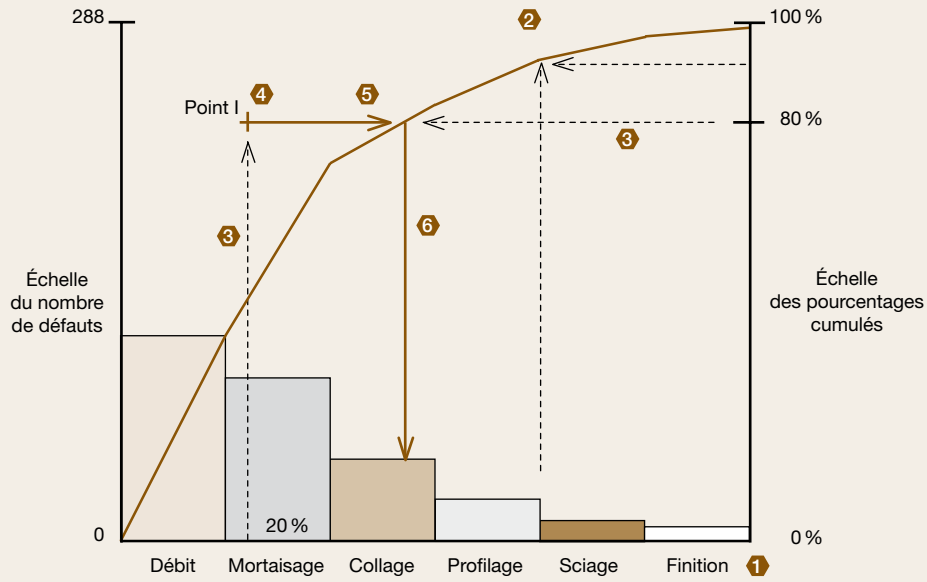
» Pour chaque opération, tracer un point représentant la valeur cumulée de celle-ci. ❷ Par exemple : pour le « profilage », on reporte à l'horizontale la valeur de 93.05 %. Puis, il faut relier tous ces points entre eux afin d'obtenir **la courbe cumulative**.

» ❸ Tracer deux axes : **un axe à 20 % des opérations et un autre à 80 % sur l'échelle des pourcentages**. ❹ Le croisement forme le point I, **symbolisant la loi de Pareto** (loi des 80/20).

» ❺ Projeter le point I sur la courbe cumulative. ❻ Puis redescendre sur les colonnes des opérations.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Exemple *(suite)*



• Étape n°4 : interpréter le diagramme de Pareto et la courbe cumulative

La courbe cumulative met en évidence les opérations de la fabrication qui entraînent le plus de pièces défectueuses. Par contre, plus le point I est éloigné de la courbe cumulative, moins la loi de Pareto (80/20) est représentative du cas étudié.

Dans cette exemple, il s'agit du débit et du mortaisage, à eux deux ils représentent 33,3 % des opérations (2/6 l'ensemble des opérations) et engendrent 70.13 % des rebuts. Une action corrective sera donc lancée en priorité sur ces deux opérations.

L'expérience montre qu'il est plus facile et plus efficace de réduire de moitié un problème majeur, plutôt que de faire disparaître plusieurs défauts mineurs. En effet, si nous réduisons la colonne qui compte le plus grand nombre de défauts, nous obtenons un résultat considérable.

Une fois que des actions correctives ont été entreprises, il est nécessaire de refaire un diagramme de Pareto afin de vérifier les résultats du travail accompli.

Le classement ABC

Ce classement est une méthode plus approfondie qui est souvent utilisée en gestion de stocks. Il classe le diagramme de Pareto en trois catégories (ABC) au lieu de deux (80/20) :

- **classe A : correspond à 80 %** des effets observés ;
- **classe B : correspond aux 15 %** des effets suivants ;
- **classe C : correspond aux 5 %** des effets restants.

18.4 Le diagramme de causes et effets

L'analyse du diagramme de Pareto a permis de mettre en évidence les problèmes majeurs. Afin d'orienter les actions de correction, il faut maintenant en identifier les causes.

Objectif du diagramme de causes et effets

Le qualiticien japonais Karou Ishikawa présente en 1953 cet outil de recherche, que l'on appelle aussi **le diagramme d'Ishikawa, ou le diagramme en arêtes de poisson.**

Il permet de rechercher et de mettre en évidence les causes qui ont amené un effet non désiré. Ce diagramme peut être utilisé pour rechercher de nombreux types d'effet : un défaut de qualité d'une pièce, un accident du travail, une usure prématurée d'un matériel, une chute des ventes, etc.

L'objectif moteur de cet outil d'analyse est de répondre à cette question : **« Pourquoi passer tout son temps à combattre un problème, alors qu'on pourrait l'éviter en agissant sur ses causes ? »**

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Rechercher les causes

• **Les causes sont classées en 5 facteurs principaux,** appelés les **5 M**. Ils représentent des familles de causes :

» **Main-d'œuvre** : intervenants, ouvriers, direction, etc. ;

» **Matériel** : machines-outils, outillage manuel, établi, système d'aspiration, véhicules, etc. ;

» **Matière** : matière première (bois, placage), vernis, quincaillerie, colle, etc. ;

» **Méthode** : processus de fabrication, méthode de travail, de contrôle, d'organisation, etc. ;

» **Milieu** : environnement physique, température et humidité de l'air, etc. ;

Selon les cas, d'autres facteurs peuvent remplacer ou compléter la méthode des 5 M.

• **Le brainstorming**

Pour que la recherche des causes soit efficace, il faut mener **une réflexion de groupe appelée « brainstorming » ou « remue-méninges »**.

Cette recherche doit être la plus étendue possible. Les règles à respecter sont : **ne pas critiquer** la proposition des autres, **se laisser aller**, **rebondir sur les idées** exprimées et chercher à obtenir le plus grand nombre d'idées possible sans imposer les siennes.

Si l'étude est menée en profondeur, chaque personne participant au brainstorming gagnera en connaissances.

Construction d'un diagramme causes et effets

Nous pouvons comparer ce diagramme à un tronc d'arbre (ou une arête de poisson), à partir duquel partent des branches qui indiquent les 5 facteurs principaux (5M) :

» tracer une grande flèche horizontale pointée vers l'effet ❶ ;

» sur la flèche viennent se greffer les facteurs principaux, raccordés par une ligne inclinée appelée « branche » ❷ ;

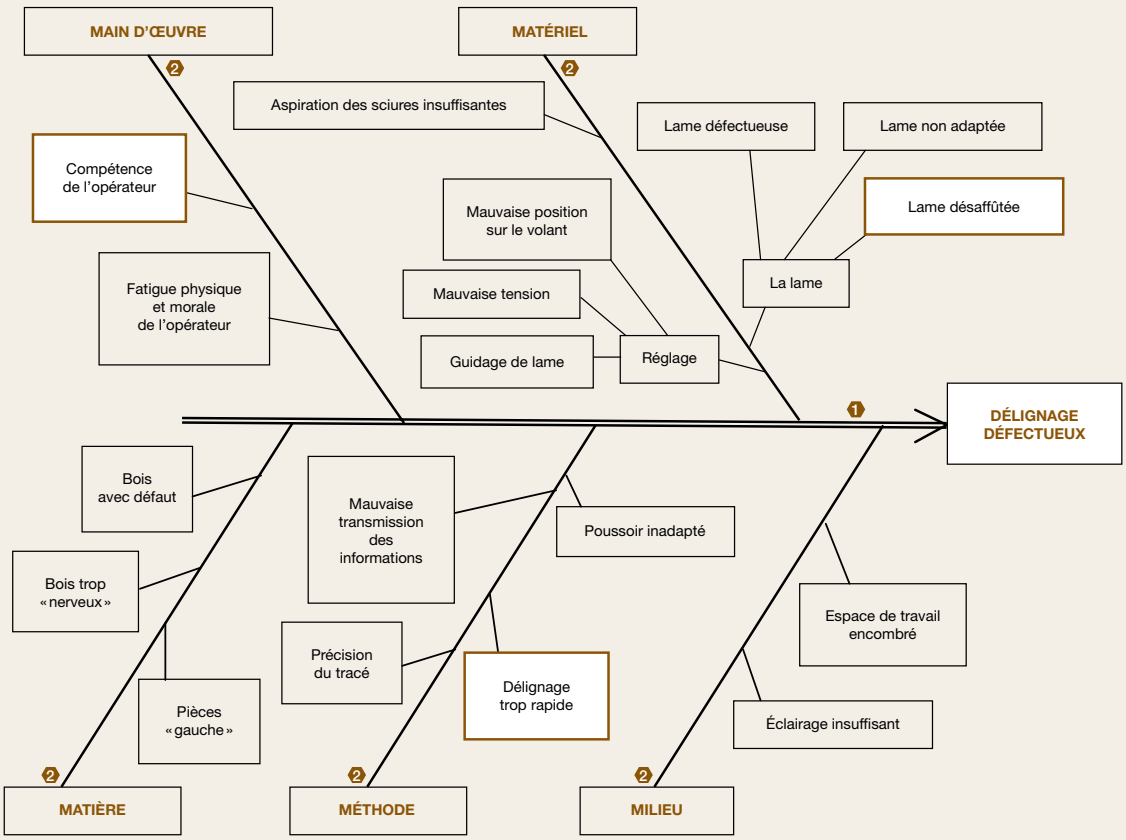
» chaque facteur est ensuite divisé en sous-facteurs. Ceux-ci peuvent à leur tour être détaillés et ainsi de suite.

Le diagramme se décompose ainsi jusqu'à ce que toutes les causes recensées lors du brainstorming soient représentées dans le diagramme.

Entourer les facteurs qui ont, selon l'équipe, une forte influence sur l'effet afin de simplifier la lecture du diagramme, et de concentrer les actions et la surveillance sur ces facteurs.

Exemple *(suite)*

Reprenons l'exemple utilisé pour le Pareto.
On recherche les causes qui ont occasionné les 112 pièces mises au rebut lors du débit à la scie à ruban. Après un brainstorming, on pourrait établir le diagramme suivant :



Dans cet exemple, on pourrait tirer la conclusion suivante : il apparaît que l'opérateur, par manque d'expérience, effectue un sciage trop rapide des pièces, ce qui engendre un désaffûtage excessivement rapide de la lame.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Ce qu'il faut retenir

Le diagramme de Pareto

Vilfredo Pareto (1848-1923) a mis en évidence que 80 % des richesses étaient détenues par 20 % de la population.

Cette théorie montre que : **20 % des causes produisent 80 % des effets.**

Le diagramme de Pareto est un outil graphique permettant de faire apparaître clairement les causes qui sont à l'origine du plus grand nombre d'effets.

Construire ce diagramme se fait en plusieurs étapes :

- Étape 1 : établir la feuille de relevés de défauts.
- Étape2 : établir le tableau des données et des cumuls :
  - Classer les éléments contrôlés par ordre décroissant.
  - Calculer le pourcentage de défauts pour chaque opération.
  - Calculer les valeurs cumulées (additionner le nombre de défauts).
  - Calculer le pourcentage des valeurs cumulées (additionner le pourcentage).
- Étape n °3 : construire le diagramme de Pareto :
  - Tracer des colonnes représentant les opérations (en ordre décroissant).
  - Pour chaque opération, tracer un point représentant la valeur cumulée de celle-ci. Puis, relier ces points entre eux afin d'obtenir la courbe cumulative.
  - Tracer deux axes (20 % et 80 %) pour obtenir le point I.
  - Projeter le point I sur la courbe cumulative, afin de délimiter les opérations concernées par la loi de Pareto.
- Étape n °4 : interpréter le diagramme de Pareto et la courbe cumulative :
  - Le diagramme permet d'orienter les actions correctives en ciblant en priorité les opérations engendrant le plus de défauts et dont l'effet sera le plus efficace.

Le diagramme de causes-effets

Appelé aussi le diagramme d'Ishikawa, ou le diagramme en arêtes de poisson.

Afin de mener des actions correctives sur un processus, ce diagramme permet de rechercher et de mettre en évidence les causes qui ont amené un effet non désiré.

Les causes sont classées en 5 facteurs principaux, appelé les 5 M : la main-d'œuvre, le matériel, la matière, la méthode, et le milieu.

- Le brainstorming : c'est une réflexion de groupe pour effectuer une recherche la plus étendue possible.
- La construction d'un diagramme causes-effets : ce diagramme est comparable à un tronc d'arbre (ou des arêtes de poisson), à partir duquel partent des branches qui indiquent les 5 facteurs principaux (5 M). Chaque facteur est divisé en sous-facteurs, qui peuvent à leur tour être détaillés jusqu'à ce que toutes les causes recensées lors du brainstorming soient représentées dans le diagramme. Enfin, cibler les causes qui semblent responsables de l'effet non désiré, et concentrer les actions correctives et une surveillance sur ces causes.

Testez vos connaissances

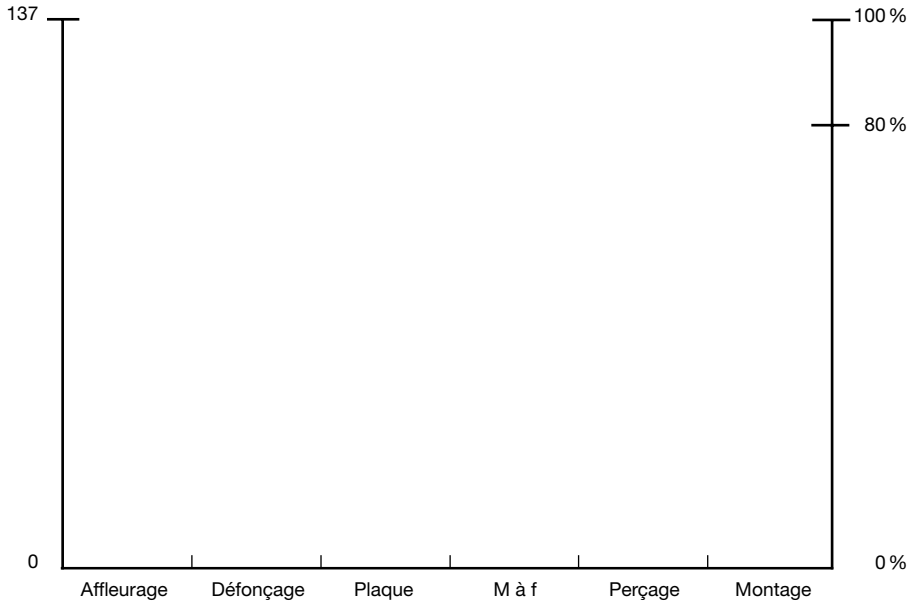
5. Complétez le tableau des données et des cumuls suivant :

TABLEAU DES DONNÉES ET DES CUMULS					
Rang	Opérations	Nombre de défauts	Pourcentages des défauts	Valeurs cumulées	Pourcentages cumulés
1	affleurage	46			
2	défonçage	32			
3	plaque des chants	25			
4	mise au format	18			
5	perçages	14			
6	montage	2			
TOTAL			100 %		

6. Complétez le diagramme de Pareto suivant :

En vous appuyant sur le tableau des données et des cumuls précédent :

- **positionnez et tracer les colonnes des opérations.**
- **tracez la courbe cumulative.**
- **tracez le point I.**



© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

7. Désignez les opérations concernées par la loi de Pareto :

-

8. Indiquez si cet exemple est représentatif de la loi de Pareto :

a ☐ *oui*

b ☐ *non*

9. Nommez les 5 M utilisés pour établir un diagramme de causes-effets :

-
-
-
-
-

10. Nommez les autres appellations du diagramme causes-effets :

-
-

La gestion des stocks

chapitre 19

Le stock, c'est l'ensemble des biens achetés ou fabriqués par une entreprise pour être vendus. Il est donc essentiel de suivre et de gérer correctement les stocks.

19.1 Généralités sur la gestion des stocks

Les différents types de stock

La gestion des stocks est différenciée suivant les produits qui sont gérés :

» **Stock de matières et produits nécessaires à la fabrication :**

- matières premières (bois et dérivés) ;
- produits consommables (vernis, colle, abrasif…) ;
- quincaillerie et fournitures diverses ;
- pièces ou éléments préfabriqués en sous-traitance.

» **Stocks de produits en cours de production :** les stocks dits « tampon » sont réalisés entre les différentes phases de fabrication du produit.

» **Stocks de produits finis :** ils sont immobilisés en attendant la livraison ou un acquéreur.

» **Pièces de maintenance :** toutes les pièces de rechange et les produits nécessaires pour la maintenance de l'outil de production (machines, atelier…).

Importance de la gestion des stocks

La présence des stocks est indispensable, elle a l'avantage principal de rendre d**isponibles immédiatement les produits stockés.**

La gestion des stocks doit être menée de manières rigoureuses ; sinon on obtient soit une rupture, soit un excès de stocks.

• **La rupture de stocks** peut occasionner :

» une baisse des ventes pour cause d'articles non disponibles. Cela engendre une perte de chiffre d'affaires, et une très mauvaise image de l'entreprise vis-à-vis de ses clients ;

» un arrêt ou un retard de la fabrication en cours, qui peut influer sur les délais de livraison ;

» un retard dans la maintenance de l'outil de production (pièce de rechange non disponible), et donc dans les délais de fabrication et de livraison.

• **Un excès de produits en stocks** peut occasionner :

» une somme trop importante d'argent immobilisé (par l'achat du stock) ;

» un coût de stockage excessif (local, personnel) ;

» les articles stockés risquent de se démoder ou de se dégrader, donc de ne jamais être utilisés (perte d'argent).

• **L'excès de stocks** est souvent causé par l'acquisition d'une quantité de produits supplémentaire au besoin car l'entreprise peut être tentée par :

» **la réduction du prix d'achat des produits (sous forme de remise pour l'achat en plus grosse quantité) ;**

» **la limitation du nombre des commandes, pour réduire les frais de commande et de livraison.**

• **Les stocks peuvent être « subis ».** Dans le cas où ils sont créés par erreur sur une surévaluation de la consommation, les stocks subis sont :

» les produits finis invendus ;

» la matière et les produits non utilisés pour une fabrication programmée, car ils ont été commandés en trop grande quantité, ou encore, si la fabrication a été annulée trop tardivement.

Classification des stocks

Il est impossible pour une entreprise de gérer tous ses produits avec la même rigueur, ils sont donc hiérarchisés suivant leur importance.

Les stocks sont composés d'une grande variété de produits, il est nécessaire de limiter leur gestion, en donnant la priorité à certains articles.

La priorité est donnée :

- aux produits destinés à la production ;
- aux produits qui ont le plus de mouvements, dits « valeur des sorties annuelles en stocks » (quantité des entrées et sorties) ;
- aux produits qui sont les plus coûteux, dits « valeur en stocks ».

Pour les hiérarchiser, on utilise deux méthodes :

- **le diagramme de Pareto**, appelé aussi diagramme 80/20 ;
- **le classement ABC**.

En savoir plus sur le diagramme de Pareto

Voir le paragraphe 18.3 : le diagramme de Pareto.

19.2 La méthode de gestion des stocks

La gestion de stocks peut se résumer en deux types d'opération :

- la première consiste à bien évaluer la quantité de produits à mettre en stocks, appelée **quantité économique** ;
- la seconde vise à définir à quel moment il faut réapprovisionner le stock avant d'être en rupture, appelée **méthode de réapprovisionnement**.

Mais avant cela, il faut des outils pour suivre de manière précise les quantités présentes dans les stocks.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Les outils de gestion des stocks

Les outils indispensables pour le suivi des stocks :

- **le magasin** est un lieu de rangement, destiné à la réception et la mise à disposition des articles. Un magasinier est parfois attitré pour la gestion du magasin ;
- un suivi rigoureux **des entrées et des sorties** des articles ;
- **les inventaires** : c'est un compte exact des articles présents en stock. Il peut être intermittent, tournant ou permanent (tenu à jour en temps réel avec les entrées et les sorties).

Le suivi des stocks peut être manuel avec des fiches par article, ou avec un logiciel informatique spécifique, qui permet d'être plus performant, rapide et lisible.

Dans la comptabilité des stocks, on différencie :

- **le stock réel** : ce stock est calculé par les entrées, moins les sorties des produits stockés ;
- **le stock théorique :** il correspond à la quantité en stock réelle, moins la quantité en « commandes client », plus les « commandes fournisseurs ».

La quantité économique

La facilité pour réduire les stocks serait de faire très souvent des commandes. Mais les lancements des commandes trop répétées engendrent d'autres frais, qui peuvent dépasser l'intérêt d'avoir un stock réduit. On se retrouve avec les contraintes suivantes :

- pour **réduire le coût de stockage**, il faut réduire le nombre de produits stockés ;
- pour **réduire le coût de lancement**, il faut approvisionner le moins souvent possible. Parfois, il faut tenir compte des remises accordées suivant les quantités commandées.

La quantité économique, c'est l'optimisation de ces deux contraintes. Sa recherche est faite par méthodes mathématique ou graphique. La plus connue et le plus répandue est la **formule de Wilson**. Elle permet de déterminer la quantité optimale d'approvisionnement du stock.

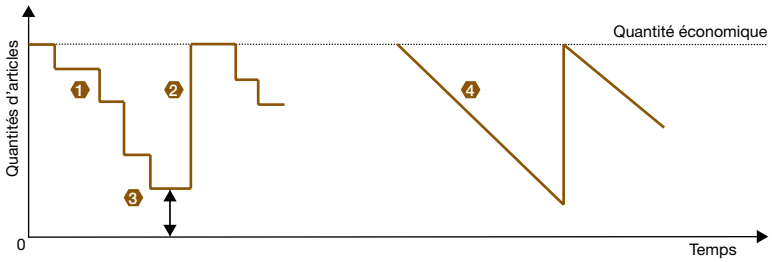
Le réapprovisionnement

La gestion des stocks peut se résumer en deux questions : **quand acheter ? en quelle quantité ?** Ces deux paramètres (temps et quantité) peuvent être gérés de manière **fixe ou variable**.

• Le suivi des stocks est représenté sous forme de graphique.

Le suivi des sorties évolue dans le temps sous la forme « d'un escalier » ❶. Les entrées ❷ sont des réapprovisionnements de la quantité économique. Elles sont faites avant la rupture de stocks ❸.

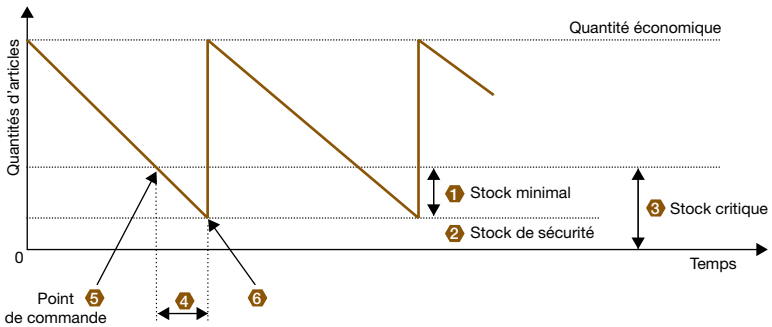
Les sorties sont simplifiées jusqu'à obtenir un graphique en « dents de scie » ❹.



• Les différents niveaux ou types du stock

Pour éviter absolument la rupture de stocks, plusieurs niveaux ou types de stock sont déterminés.

» ❶ **Le stock minimal :** appelé aussi **stock d'alarme** ou encore **seuil de réapprovisionnement**. Il s'agit de la quantité d'articles en stocks à partir de laquelle il faut lancer une nouvelle commande ; on dit que ❺ **le point de commande** est atteint. Il correspond à la consommation de l'article durant ❹ **le délai d'approvisionnement** ; c'est le laps de temps entre ❺ le point de commande et ❻ **le réapprovisionnement** (livraison et mise en stock de l'article).



© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Le point de commande est défini pour ne pas entamer le stock de sécurité durant le délai d'approvisionnent.

» ❷ **Le stock de sécurité** : par sécurité, on conserve une certaine quantité d'articles, pour répondre aux aléas les plus fréquents liés à la consommation (si elle est plus importante que prévu) et à la livraison (rupture du fournisseur, grève, problème climatique pour le transport…).

» ❸ **Le stock critique** : appelé également **stock d'alerte**. C'est le niveau de stock pour lequel on déclenche une commande. Ce stock est la somme du stock de sécurité et du stock minimum (point de commande).

Exemple

Pour définir le point de commande ❺ :
Si le délai d'approvisionnement ❹ est de 3 jours et que la consommation journalière est de 50 articles, le stock minimum ❶ est de 150 articles.
Mais en sécurité, pour éviter la rupture de stock, on prend un stock de sécurité ❷ de 100 articles (soit deux jours de consommation).
Le stock critique ❸ est alors de 250 articles (stock minimum 150 articles + stock de sécurité 100 articles). Donc le point de commande ❺ sera positionné à 250 articles.

Ce qu'il faut retenir

C'est l'ensemble des biens achetés ou fabriqués par une entreprise pour être vendus.

Les types de stock

» Le stock de matières et produits nécessaires à la fabrication.
» Les stocks de produits en cours de production.
» Les stocks de produits finis.
» Les pièces de maintenance.

Importance de la gestion des stocks

Le stock est indispensable et doit être géré de manière rigoureuse. Il a l'avantage de rendre disponible immédiatement les produits stockés et d'éviter la rupture de stocks.

» La rupture de stocks engendre : une baisse des ventes, une mauvaise image de l'entreprise, un retard de la fabrication et de la maintenance.
» Un excès de produits en stock occasionne : une somme importante d'argent immobilisé, un coût de stockage excessif et le risque d'obsolescence de l'article.

L'excès de stocks est souvent causé par l'acquisition d'une quantité de produits supplémentaire au besoin, le stock est alors « subi ».

Classification des stocks

Les articles en stocks sont hiérarchisés suivant leur importance. La priorité est donnée aux produits destinés à la production, à ceux qui ont le plus de mouvements, et ceux qui sont les plus coûteux. Pour les hiérarchiser, on utilise deux méthodes : le diagramme de Pareto ou le classement ABC.

Les outils de gestion des stocks

- Le magasin : lieu de rangement des articles.
- Le suivi des entrées et des sorties des articles, sur fiches ou avec un logiciel.
- Les inventaires : compte exact en temps réel des articles présents en stocks.

Dans la comptabilité des articles, on différencie le stock réel et le stock théorique.

La quantité économique

La quantité économique, c'est l'optimisation des frais de lancement de commande et du coût de stockage. Sa recherche est faite par méthodes mathématique ou graphique (la « formule de Wilson »). La quantité économique sert à déterminer la quantité optimale d'approvisionnement du stock.

Le réapprovisionnement

La gestion des stocks se résume à définir quand acheter et en quelle quantité.

Pour éviter la rupture de stocks, plusieurs niveaux de stock sont déterminés :

- **Le stock minimal** (ou « stock d'alarme », ou « seuil de réapprovisionnement ») : c'est la quantité d'articles en stocks, à partir de laquelle il faut lancer une nouvelle commande, « le point de commande » est atteint. Il correspond à la consommation de l'article durant « le délai d'approvisionnement ».
- **Le stock de sécurité** : permet de répondre aux aléas les plus fréquents liés à la consommation et à la livraison.
- **Le stock critique** (ou « stock d'alerte ») : c'est le niveau de stock pour lequel on déclenche une commande (stock de sécurité + stock minimum).

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Testez vos connaissances

1. Quels sont les inconvénients d'avoir trop d'articles en stocks :

-
-
-

2. Quels sont les outils utilisés pour le suivi de la gestion de stocks :

-
-
-

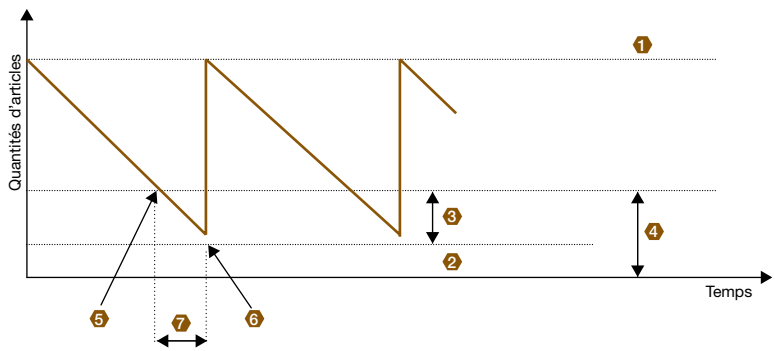
3. Quel type de comptabilité des stocks tient compte des commandes des clients :

a ☐ *le stock réel*

b ☐ *le stock théorique*

4. Sur le graphique suivant du suivi d'un article, nommez les points importants :

- ❶ :
- ❷ :
- ❸ :
- ❹ :
- ❺ :
- ❻ :
- ❼ :



La maintenance

chapitre 20

Dans une entreprise, **la maintenance occupe une place importante** : en effet, c'est à elle que revient la responsabilité de conserver les installations, les équipements de travail, les outils de production, dans l'état optimal leur permettant de remplir leur mission.

La norme européenne NF EN 13306 X 60-319 donne la définition suivante : « Ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise ».

20.1 Généralités

Les intervenants

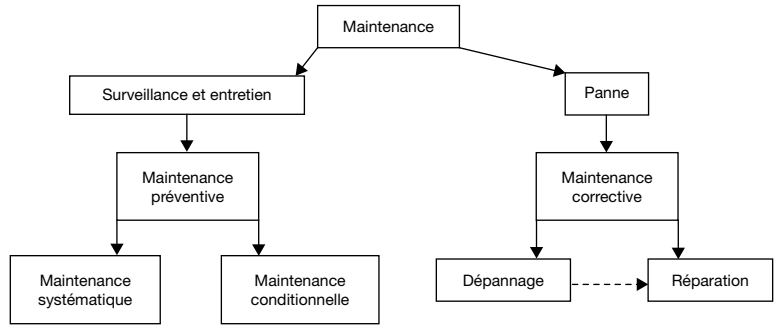
La maintenance a pour mission de conserver l'outil de production en bon état. Pour cela, il faut dans un premier temps définir les intervenants :

- **intervention du constructeur** : garantie du constructeur, service après-vente ;
- **intervention d'une entreprise extérieure**, spécialisée dans la maintenance ;
- **intervention du service de maintenance interne** à l'entreprise ;
- **intervention des opérateurs** utilisant l'outil de production préalablement formé à la maintenance.

Pour obtenir une maintenance efficace, il est indispensable qu'une étroite collaboration s'instaure entre le personnel de la maintenance, de la gestion de production, de la gestion de stocks et de la fabrication.

Le choix de la maintenance

Les diverses options susceptibles d'être mises en œuvre par le service de maintenance :



» **la maintenance corrective :** c'est une attitude passive d'attente de la panne ou de l'incident dont la réaction consiste alors à éliminer le défaut, grâce à **un dépannage ou une réparation.**

» **la maintenance préventive :** c'est la volonté de maîtriser la dégradation des équipements afin d'éviter d'être pris au dépourvu par la panne. Il existe alors deux solutions :

- **la maintenance conditionnelle :** c'est un changement ou une réparation en fonction de son état de dégradation,
- **la maintenance systématique :** c'est un changement ou une réparation, suivant un temps d'utilisation ou un délai prédéfini.

Les niveaux de maintenance

Des niveaux de maintenance sont définis en fonction de la complicité des travaux et de la qualification des intervenants.

La norme identifie **5 niveaux de maintenance** :

» **niveau 1 :** réglage simple sur un élément accessible sans aucun démontage. Ces interventions peuvent être réalisées par l'utilisateur sans outillage particulier (exemple : changement d'outil de coupe) ;

- **niveau 2 :** dépannage par échange standard et opération mineure de maintenance préventive. Ces interventions peuvent être réalisées par un technicien habilité ou l'utilisateur, à condition qu'il ait reçu une formation particulière ;
- **niveau 3 :** identification et diagnostic de panne suivi éventuellement d'échanges de pièces, de réglages et d'étalonnage. Ces interventions sont réalisées par un technicien spécialisé sur place ou dans un local de maintenance ;
- **niveau 4 :** travaux importants de maintenance corrective ou préventive. Ces interventions sont réalisées par une équipe disposant d'un encadrement technique spécialisé et de moyens importants adaptés à la nature de l'intervention ;
- **niveau 5 :** travaux de rénovation, de reconstruction ou de réparation importante, confiés à un atelier central de maintenance ou une entreprise extérieure.

20.2 La maintenance corrective

La maintenance corrective consiste à remettre en état l'équipement défaillant. À l'issue d'une intervention de maintenance corrective, l'équipement est en mesure de reprendre sa mission.

Extrait de la norme NF EN 13306 X 60-319

Maintenance exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise.
La maintenance corrective peut prendre la forme :
- soit d'un dépannage ;
- soit d'une réparation.

Le dépannage

Le dépannage consiste donc à remettre en service le plus rapidement possible (éventuellement provisoire) un équipement en panne ou présentant des signes de défaillance.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

• **Suivant l'importance de la panne**, le dépannage peut être :

» immédiat et **définitif** : la remise en service devant se faire le plus rapidement possible ;

» **provisoire** : une intervention plus approfondie doit alors être programmée ; **c'est la réparation**.

Cependant, quand le dépannage permet de rétablir l'équipement dans son état initial, il se suffit à lui-même et n'est suivi d'aucune autre intervention.

• **Préparation du dépannage**

Du fait du caractère imprévu de la panne, la préparation des travaux de dépannage est difficile. Pour améliorer les conditions d'exécution, une préparation rationnelle et efficace d'intervention doit être élaborée.

Cela implique au niveau du personnel et du matériel :

» des équipes constituées de personnes compétentes, entraînées et équipées pour ce type d'intervention ;

» la formation des intervenants lors de l'acquisition d'un nouvel équipement ;

» la présence d'un moyen de communication rapide et claire ;

» la création d'un stock de pièces de rechange adaptées aux pannes les plus courantes, et les plus pénalisantes pour la production ;

» la préparation des caisses à outil en fonction des pannes redoutées.

La réparation

La réparation permet une remise en état de façon durable d'un équipement usagé ou immobilisé à la suite d'un incident. La réparation doit restituer à l'équipement ses qualités initiales, surtout du point de vue de la sécurité et de la fiabilité.

La préparation d'une réparation est facilitée si l'équipement est suivi dans le cadre de la maintenance préventive, celle-ci fournissant régulièrement des informations sur l'état du bien.

Le diagnostic est la phase préliminaire réalisée en marche ou à l'arrêt. Au cours de cet examen, on s'efforce d'identifier les défauts dont souffre l'équipement à partir d'effets détectables (bruits, vibrations, températures...). Cette recherche est facilitée si l'on dispose des documents d'aide au diagnostic (dossiers techniques et historiques).

20.3 La maintenance préventive

La maintenance préventive consiste à intervenir sur un équipement avant qu'il ne soit en panne et n'interrompe la production.

Extrait de la norme NF EN 13306 X 60-319

Maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien.
La maintenance préventive peut prendre différentes formes :
- maintenance conditionnelle ;
- maintenance systématique.

La maintenance conditionnelle

La maintenance conditionnelle se traduit par une surveillance du degré d'usure des points sensibles de l'équipement. La décision de réaliser des travaux de remise en état est prise, lorsque les paramètres contrôlés mettent en évidence l'imminence d'une défaillance. Les visites préventives sont réalisées de façon soigneuse et systématique (suivant un planning).

Avantages de la maintenance conditionnelle :

» éliminer ou limiter les pannes et leurs conséquences ;

» utilisation des créneaux horaires ne perturbant pas la production, à observer sur les différents diagrammes de Gantt en application ;

» réduire les dépenses de maintenance en intervenant à un stade précoce, avant une panne plus importante et plus coûteuse.

La maintenance systématique

La maintenance systématique se traduit par l'exécution d'une intervention à une date planifiée (ou une durée d'utilisation), quel que soit le degré d'usure constatée. Elle se pratique quand on souhaite procurer à un équipement une sécurité de fonctionnement quasi absolue.

Cette recherche de garantie de fonctionnement conduit à remplacer des pièces dont l'usure est incomplète. C'est donc un

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

procédé très coûteux, et que seule la nécessité d'une sécurité absolue peut justifier. Par exemple :

- aux équipements dont la panne risque de provoquer des accidents graves (avions, ascenseurs...) ;
- aux équipements présentant un coût de défaillance élevé, du fait de l'arrêt de la production ;
- aux équipements soumis à la législation, c'est-à-dire faisant l'objet de mesures de sécurité réglementées (chaudières, matériel de lutte contre l'incendie...).

L'entretien de conduite

L'entretien de conduite est une méthode d'entretien à caractère préventif, conditionnel ou systématique (graissage, outil de coupe, fusible...). Cette surveillance prend principalement la forme de rondes effectuées par le service de maintenance ou par l'opérateur.

Ce qu'il faut retenir

La maintenance a pour but de conserver les installations et les outils de production, dans l'état optimal leur permettant de remplir leurs missions. Pour cela, il faut dans un premier temps définir les intervenants qui peuvent être : le constructeur, une entreprise extérieure, un service de maintenance interne, ou l'opérateur. Cinq niveaux de maintenance sont définis en fonction de la complexité des travaux, et de la qualification des intervenants.
La maintenance se présente sous plusieurs types, suivant les situations :

La maintenance corrective

C'est une attitude passive d'attente de la panne ou de l'incident, dont la réaction consiste alors à éliminer le défaut, grâce à un **dépannage** ou une **réparation**. À l'issue de la maintenance corrective, l'équipement doit être opérationnel, tout en conservant la sécurité et la fiabilité d'origine.

La maintenance préventive

C'est la volonté de maîtriser la dégradation des équipements afin d'éviter d'être pris au dépourvu par la panne. Il existe alors deux solutions :

- **la maintenance conditionnelle** : c'est un changement de pièce ou une réparation, en fonction de son état de dégradation. Elle nécessite une surveillance du degré d'usure des points sensibles de l'équipement.
- **la maintenance systématique** : c'est un changement de pièce ou une réparation, suivant un temps d'utilisation ou un délai prédéfini. C'est un procédé très coûteux que seule la nécessité d'une sécurité absolue peut justifier.

Testez vos connaissances

1. Désignez le niveau de maintenance auquel est autorisé un opérateur non formé à la maintenance :

•

2. Indiquez le nombre de niveau établi pour la maintenance :

•

3. Laquelle des interventions suivantes peut être considérée comme définitive :

a ☐ *la réparation*

b ☐ *le dépannage*

4. La maintenance conditionnelle est utilisée pour :

a ☐ *Faire une réparation suite à une panne*

b ☐ *Faire une réparation suite à une usure détectée*

c ☐ *Faire une réparation suite à une durée d'utilisation dépassée*

5. Décrivez les avantages de la maintenance conditionnelle :

•

•

•

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

CFAO et commande numérique

chapitre 21

Les logiciels CFAO, accompagnés par les centres d'usinage à commande numérique, font partie de la grande évolution numérique qui a bouleversé les métiers du bois. Ils forment **une chaîne numérique**, qui va du début jusqu'à la fin d'un projet.

Au départ, la plupart des logiciels et des machines numériques étaient détournés de l'industrie mécanique. De plus en plus, ils sont spécialement conçus pour nos métiers.

21.1 Les logiciels CFAO

Les logiciels **CFAO (conception et fabrication assistées par ordinateur) interviennent à tous les niveaux d'un projet**. Ils sont utilisés par les bureaux d'études et de méthodes pour produire :

- une image en trois dimensions (3D) du projet, pour le vendre au client ;
- un dossier technique complet (plans, perspectives, nomenclature…), destiné à la production ;
- les programmes des pièces pour les usiner sur machine à commande numérique.

Les logiciels CFAO assurent tous les liens de la chaîne numérique. Ils permettent d'éviter de nombreuses erreurs et de gagner un temps considérable. Les gains de productivité sont d'au moins 30 % par rapport à un processus traditionnel.

Le logiciel DAO (dessin assisté par ordinateur) peut être intégré au logiciel CFAO.

Figure 21.1 *Image numérique 3D*

La valorisation du projet par des images à trois dimensions

Ces logiciels servent de **configurateurs graphiques d'aménagement**. Ils aident le technico-commercial à agencer l'espace intérieur ou extérieur de son client, à partir de leur bibliothèque de mobilier.

Utilisée également pour une fabrication, spécialement créée pour le client, par exemple un escalier ou un buffet.

Figure 21.2 *Utilisation d'une bibliothèque de mobiliers de cuisine*

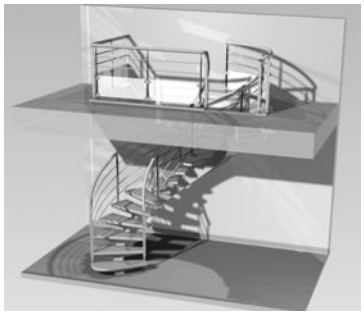


Figure 21.3 *Projet sur mesure*

La construction du mobilier en images 3D est faite directement pièce par pièce en volume. Elle servira, une fois acceptée par le client, pour éditer les plans du meuble.

Les images 3D ont un rendu extrêmement réaliste, il est possible de personnaliser les essences de bois, la position et la force des éclairages. Une bibliothèque de décoration (plante verte, tableau…) aide à agrémenter l'image.

Figure 21.4 *Images avec rendu*

L'édition du dossier technique

La conception du projet en images 3D est utilisée par le bureau d'étude pour éditer les plans nécessaires à la fabrication.

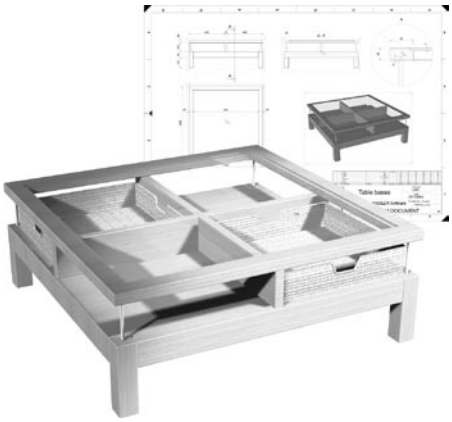


Figure 21.5 *Plan et image 3D*

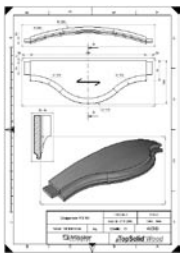


Figure 21.6 *Plan de définition*

Figure 21.7 *Bibliothèque de quincaillerie*

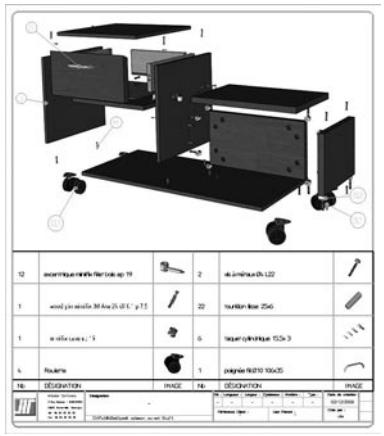


Figure 21.8 *Perspectives et nomenclatures*

Les logiciels utilisés lors de la conception intègrent de plus en plus les spécificités des métiers du bois. Ils proposent des fonctions paramétriques qui permettent de réaliser les tenons mortaises, le profilage et le contre-profilage, le rainurage, le perçage, le tournage, le sciage…

Certains logiciels disposent aussi d'une **bibliothèque de quincaillerie** en images numériques 3D telles que tourillons, excentriques, vis, charnières…

On peut obtenir, pour le dossier technique, **des perspectives éclatées et des nomenclatures.**

La préparation et la programmation des usinages à commande numérique

Les logiciels assurent **une reconnaissance ainsi qu'une concordance entre la CAO** (conception) et **les outils de la FAO** (fabrication sur commande numérique).

- **Les logiciels de FAO produisent** :

  » **des programmes ISO** des pièces conçues, pour les usiner avec un **centre d'usinage à commande numérique.** Les logiciels sont développés en partenariat avec les fabricants des machines. Les programmes et les machines dits « ISO » (International Organisation for Standardisation) utilisent un système de codification normalisé ;

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

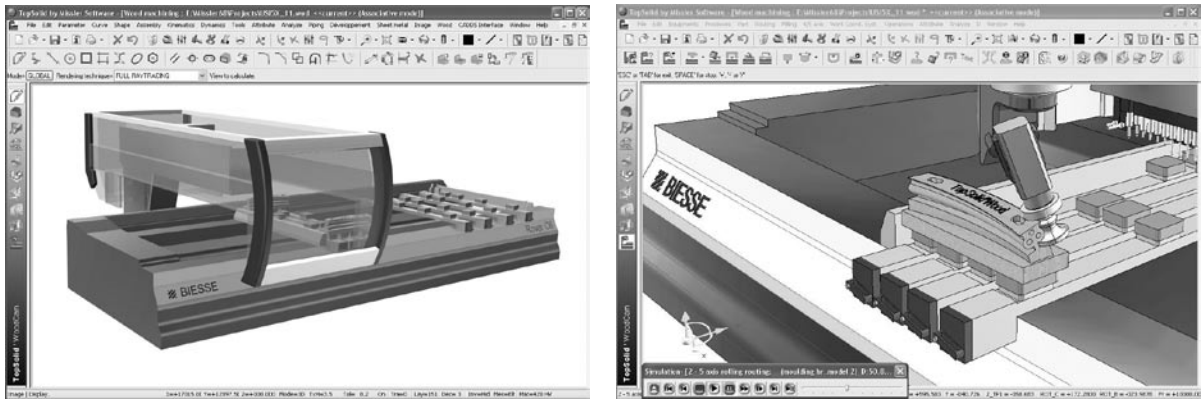


Figure 21.9 *Concordance avec les centres d'usinage*

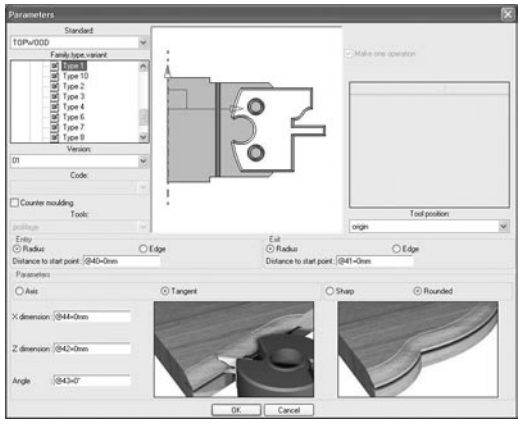


Figure 21.10 *Paramétrage d'usinage*

» **des programmes d'optimisation de débit** (pour scie circulaire à panneau), **et des programmes de paramétrage de profilage** (toupie ou profileuse numérique) ;

» **des réglages précis** des outils, en relation avec le magasin d'outils disponibles ;

» **des paramétrages des conditions de coupe** (fréquence de rotation, vitesse d'avance…).

• Les logiciels de FAO assurent une visualisation de l'usinage.

Lors de la simulation en 3D, l'enlèvement de la matière est visualisé sous la forme d'une vidéo. Le parcours de l'outil est vérifié pour éviter les collisions éventuelles ou les dépassements des courses de chacun des axes. L'opérateur contrôle aussi la conformité du parcours avec le programme prévu.

La transmission des informations entre le bureau des méthodes et les machines-outils peut être assurée par l'installation d'un réseau informatique, ou par clé USB. Le logiciel édite **des fiches suiveuses ou des étiquettes avec code-barres** lues par les machines numériques. Ce procédé évite toute erreur et toute programmation de l'opérateur.

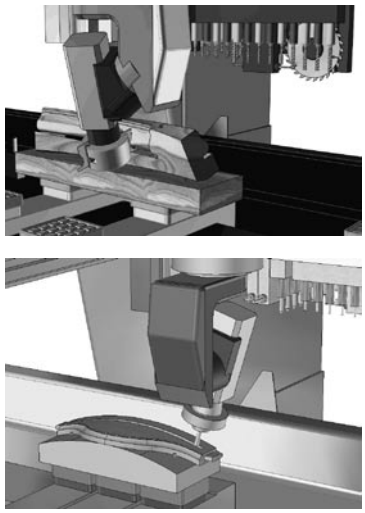


Figure 21.11 *Simulation d'usinage*

21.2 Le centre d'usinage à commande numérique

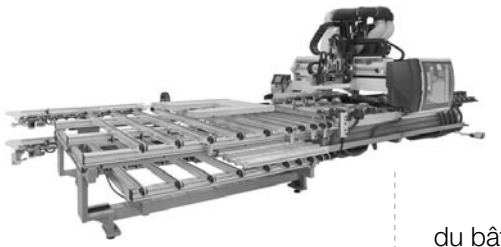


Figure 21.12 *Centre d'usinage*

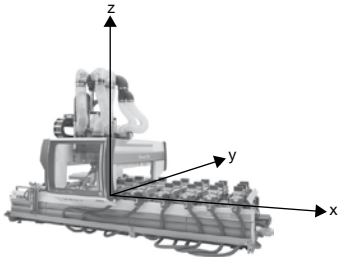


Figure 21.13 *Les trois axes de translation*

Les centres d'usinage (CU) ont la capacité de réaliser **une multitude d'opérations, toutes programmées et pilotées par ordinateur**.

Elles sont de nos jours devenues incontournable et indispensables dans l'industrie du bois, quelle que soit la filière : charpente, agencement, mobilier en série, menuiserie du bâtiment, et même ébénisterie.

Ses fonctions principales sont **les perçages et les défonçages.** C'est pour cela que l'on parle couramment de **défonceuse à commande numérique (DEFCN)**. Ce type de machine fait partie des **machines CNC (Commande numérique par calculateur)**.

Le centre d'usinage permet **une fabrication très rapide et extrêmement précise** des pièces qu'aucun autre procédé ne peut égaler. Son unique défaut est son **coût d'achat élevé**, ce qui le rend encore difficilement accessible pour de nombreux artisans.

Les axes de translation

Les outils de coupe sont montés sur l'axe d'un moteur, afin d'assurer sa rotation. Pour pouvoir réaliser les formes programmées dans les trois dimensions, le bloc moteur est déplacé en translation, par des vis sans fin, sur **trois axes** :

- **axe X** : translation dans le sens de la longueur ;
- **axe Y** : translation dans le sens de la largeur ;
- **axe Z :** translation dans le sens de la hauteur, ou « profondeur d'usinage ».

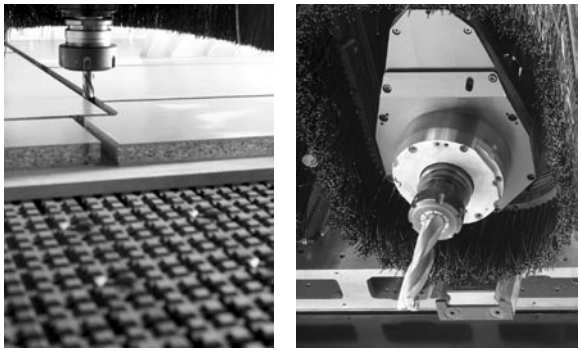


Figure 21.14 *Tête de défonçage avec mouvement trois axes*

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

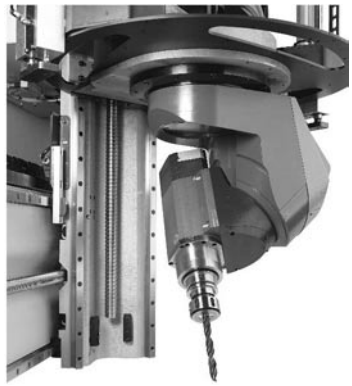


Figure 21.15 *Tête de défonçage avec mouvement cinq axes*

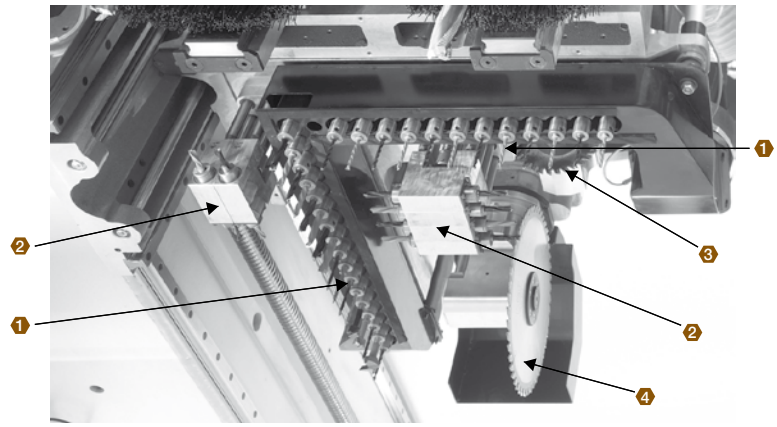
Ces machines dites **trois axes** sont suffisantes pour répondre à la plupart des besoins. Néanmoins, pour des usinages plus complexes comme une rampe débillardée ou une traverse galbée, il est nécessaire d'avoir d'autres axes de déplacement de l'outil. On parle alors de machines **quatre ou cinq axes** (les trois translations plus une ou deux rotations).

Les deux autres mouvements (axes 4 et 5) sont des rotations, assurées au niveau de la tête de défonçage.

Les outils de perçage

Les centres d'usinage disposent d'un nombre important de supports de perçage, tous indépendants et programmables. Les mèches de perçage travaillent dans l'axe vertical (Z) ❶, mais aussi horizontal (X et Y) ❷, voire même de manière angulaire sur les machines 5 axes.

Figure 21.16 *Perçage et scie circulaire*



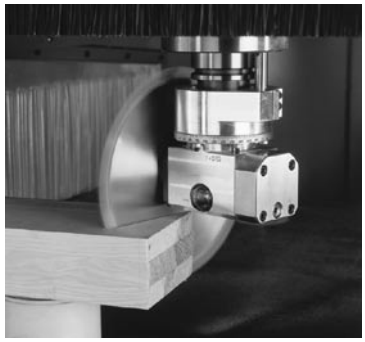


Figure 21.17 *Coupe angulaire avec scie circulaire*

L'outil de scie circulaire

Certaines machines disposent d'une lame de scie circulaire montée sur un axe programmable. Celle-ci peut être de petite taille ❸ pour réaliser des rainures. Mais quelques-unes ❹ peuvent réaliser des coupes en plein bois, montées sur un support 5 axes.

Figure 21.18 *Fixation par pince et fraise*

Figure 21.19 *Systèmes d'attachement des porte-outils*

Les porte-outils de défonçage

L'outil de coupe de défonçage est monté et serré sur un support appelé mandrin.

» **Il existe deux types de fixation de l'outil** :

- soit le **porte-pince** ❶ : pour fixer un outil de type mèche de défonceuse portative,
- soit le **porte-fraise** ❷ : pour fixer un outil de type outil de toupie.

» **Mode de préemption du porte-outils**

Les porte-outils possèdent en partie supérieure une forme conique bien spécifique, respectant des standards normalisés nommés : ❸ cône ISO (30, 40…) ou ❹ HSK (63F, 85H…).

Ces systèmes d'attachement sont conçus pour assurer un changement automatisé de l'outil en cours d'usinage. Le moteur est équipé d'un système d'accroche de l'outil, appelé **électro-mandrin**.

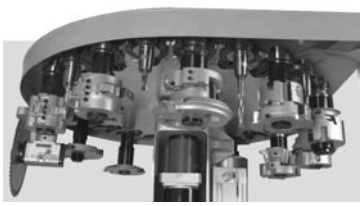


Figure 21.20 *Magasin d'outils et électro-mandrin*

Le magasin d'outils

La machine dispose d'un magasin d'outils, dans lequel elle vient déposer son outil et en prendre un autre. Tout cela est fait automatiquement par la machine, suivant ses besoins pour réaliser l'usinage programmé.

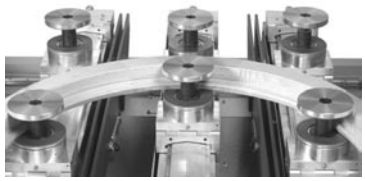
Le maintien des pièces sur la machine

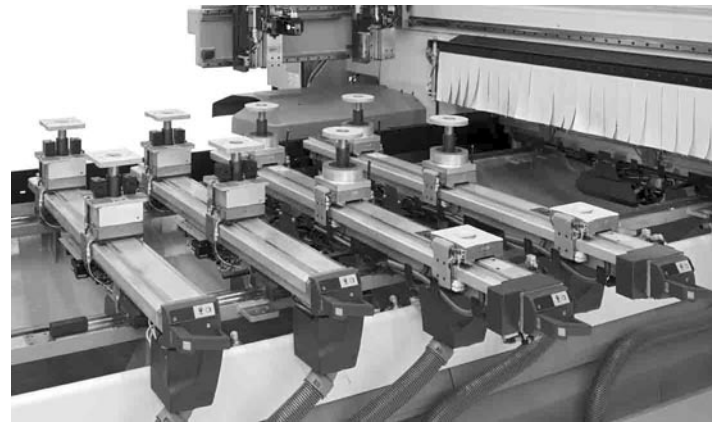
Figure 21.21 *Maintien par dépression*

Lors de l'usinage, les pièces doivent être tenues fermement sur leur support. Pour cela, plusieurs systèmes ont étés développé, le plus répandu est **le maintien par dépression**. Il fonctionne sur le principe de la ventouse.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Figure 21.22 *Maintien par étau*





Les autres systèmes fonctionnent avec des étaux, assurant un serrage vertical ou horizontal de la pièce.

Il est également possible de **réaliser des montages d'usinage**, pour des pièces ou des usinages bien particuliers. La pièce est maintenue sur le montage qui, lui-même, est maintenu sur la machine. La pièce est maintenue par dépression, par serrage ou par vissage.

Ce qu'il faut retenir

Les logiciels CFAO, accompagnés par les centres d'usinage à commande numérique, forment une chaîne numérique.

Les logiciels CFAO (conception et fabrication assistées par ordinateur)

Ils interviennent à tous les niveaux d'un projet :

- **Une image en 3D du projet**. Ces logiciels illustrent l'agencement d'un espace intérieur ou extérieur à partir d'une bibliothèque de mobilier, ou d'après une création. La construction en 3D est faite directement pièce par pièce. Elle servira, une fois acceptée par le client, à éditer les plans du meuble.
- **Un dossier technique complet**. L'image 3D est utilisée par le bureau d'études, pour éditer les plans. Ces logiciels proposent toutes les fonctions spécifiques des métiers du bois (assemblages et quincailleries).
- **Les programmes des usinages pour CNC**. Les logiciels assurent une reconnaissance ainsi qu'une concordance entre la CAO et les outils de la FAO (les commandes numériques). Ils produisent des fiches suiveuses (avec codes barres), des programmes d'optimisation de débit et de profilage. Les logiciels de FAO proposent une simulation en 3D de l'usinage.

Les centres d'usinage à commande numérique

Ils sont aussi appelés défonceuses à commande numérique (DEFCN). Ce type de machine fait partie des « machines CNC » ou tout simplement à « commande numérique (CN) ».

Ces machines peuvent réaliser une multitude d'opérations, toutes programmées et pilotées par ordinateur. Elles sont de plus en plus utilisées dans l'industrie du bois, quelle que soit la filière. Leur fabrication s'avère très rapide et précise, mais leur coût d'achat reste élevé.

Les outils de coupe sont montés sur un moteur, qui est déplacé en translation par des vis sans fin, sur trois axes : X (longueur), Y (largeur) et Z (profondeur). Pour des usinages plus complexes, deux autres mouvements par rotation (axes 4 et 5) sont assurés au niveau de la tête de défonçage.

Les fonctions principales des centres d'usinages sont :

- **Le perçage**. Les mèches sont sur des supports, toutes indépendantes et programmables. Elles travaillent dans les trois axes (X, Y et Z).
- **L'outil de scie circulaire**. La lame de scie circulaire est montée sur un axe programmable. Elle peut réaliser des rainures et des coupes en plein bois.
- **Le défonçage**. L'outil de coupe est serré sur un mandrin par « porte-pince » ou « porte-fraise ». L'ensemble est maintenu par électro-mandrin sur le moteur, grâce à un système d'attachement automatisé. La machine dispose d'un magasin d'outils, dans lequel elle vient déposer son outil et en prendre un autre. Pour cela, les porte-outils possèdent une forme conique, respectant des standards normalisés (cône ISO ou HSK).

Le maintien des pièces sur la machine est principalement fait par dépression. Il existe aussi des systèmes d'étaux. Il est également possible de réaliser des montages d'usinage pour des pièces ou des usinages bien particuliers.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Testez vos connaissances

1. Indiquez l'intérêt de réaliser une image en 3D du projet :

-
-

2. Nommez les différents types de document, édités par le bureau des méthodes, obtenus à partir d'un logiciel CFAO :

-
-
-

3. Nommez les différents types de programme, édités par le bureau des méthodes, obtenus à partir d'un logiciel CFAO :

-
-
-

4. Donnez les symboles des trois axes de translation d'un centre d'usinage :

-

5. Pour un centre d'usinage à cinq axes, indiquez le type de mouvement qui est assuré par les axes 4 et 5 :

-

6. Un centre d'usinage à commande numérique peut-il changer tout seul d'outil au cours d'un usinage :

a ☐ *oui*

b ☐ *non*

7. Quelles sont les deux méthodes pour maintenir les pièces sur la machine, lors de l'usinage :

-
-

Corrigés des tests

Chapitre 1

1. Aux extrémités, le fil du bois est trop en travers de la pièce, on a un risque important de rupture des fibres

2. Elle peut être utilisée comme contre-forme pour coller le placage.

3. Une très grande résistance mécanique à la flexion, une stabilité importante, limitant les déformations, toutes les faces de la pièce sont esthétiques, la possibilité de réalisé des pièces de très grande longueur (charpente)

4. La pièce lamellé-collé est constituée de plis tous orientés dans le même sens, alors que le multiplie, ils sont croisés alternativement à 90°

5. c

6. La garantie que la cale « épouse » parfaitement la pièce, la facilité de réalisation, la possibilité de la réutiliser avec d'autres pièces, même de courbure différente

7. Les lattes ont une forme trapézoïdale, suivant la courbure du cintre

8. Le contre-plaqué cintrable

9. b

10. La courbure et l'épaisseur fini du panneau à cintré (avec le placage), l'épaisseur des cartons et des tabliers

11. Le serrage par dépression, le collage au marteau à plaquer avec colle forte

12. Un centre d'usinage 5 axes

13. La fibre du bois se déchire au niveau de la partie « bombée », car cette zone nécessite plus de matière pour être recouverte. La forme demande une découpe « sur-mesure » en plusieurs «secteurs »

Chapitre 2

1. a

2. a

3.

Appui	Degrés de liberté supprimée	Nombres de contact (d'appui) théorique	Numéro des appuis	Position sur le plan tri-directionnel	Surface de référence de la pièce positionnée sur l'appui
Plan	1 T (axe Z) 2 R (axes X et Y)	3 points non alignés (en triangle)	n° 1, 2 et 3	Plan XY	SR1
Linéaire	1 T (axe Y) 1 R (axe Z)	2 points sur une droite.	n° 4 et 5	Plan ZX	SR2
Ponctuel	1 T (axe X)	1 point.	n° 6	Plan ZY	SR3

4. Les trois forment un triangle, le plus ouvert possible

5. Ils sont composés de trois « pastilles » de papier abrasif

6. Grenouillère

7. Une cale fixée sur le montage avec deux vis de réglage, une équerre fixée sur le montage avec boulon et écrou de réglage

8. Les organes sont espacés l'un de l'autre, mais en face de la zone de coupe, ils sont perpendiculaires à l'appui plan, ils sont au-dessus et à l'intérieur du triangle formé par les trois points de contact

9. Pour éviter les éclats sur la surface usinée, il faut s'assurer que le sens d'avance de l'outil est en concordance avec l'orientation des fibres du bois

10. En appui sur le guide linéaire, en appui sur un guide à lunette, en appui sur une bague de guidage monté sur l'arbre de la toupie

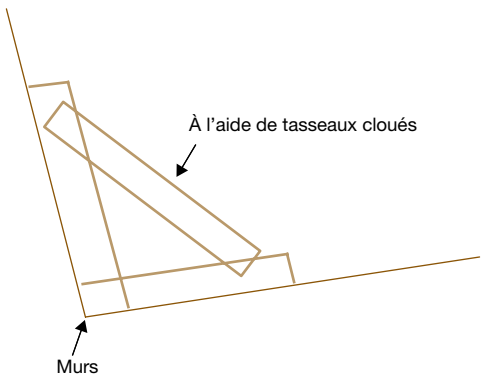
11. b

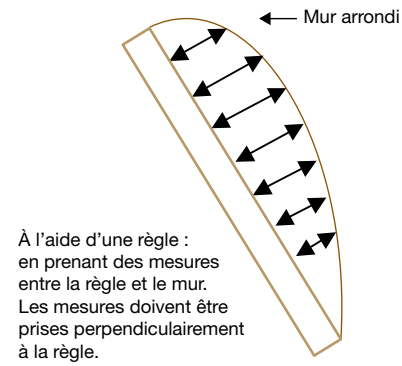
12. Le serrage est exercé par les rouleaux entraineurs de la raboteuse

13. b

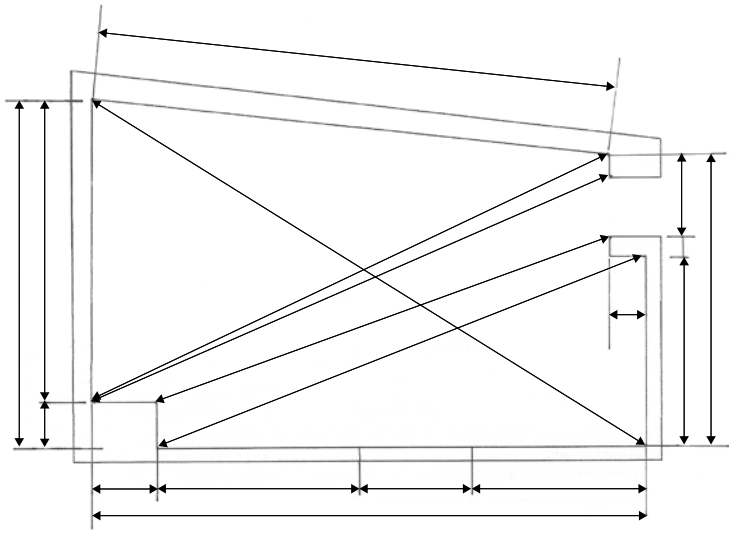
Chapitre 3

1.

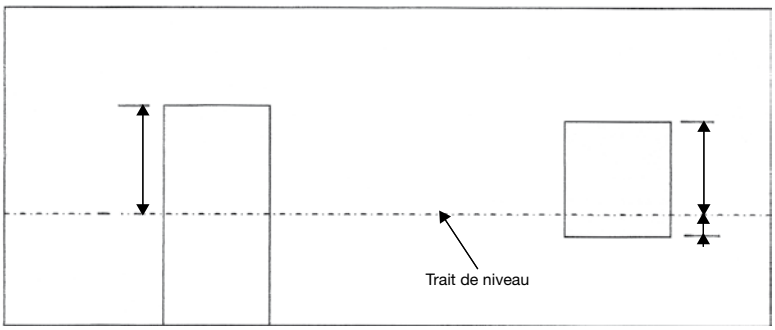




2.



3.



4. Le sol fini

5. À 1 mètre

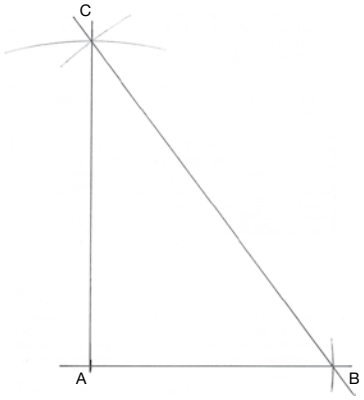
Chapitre 4

1. L'implantation matérialise concrètement la distribution du local, par des tracés au sol, sur les murs et sur les plafonds

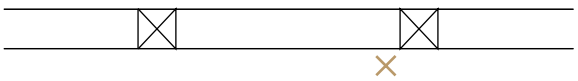
2. a

3. c

4.



5.



6.

❶ Rechercher le point haut du sol brut

❷ Déterminer l'épaisseur du sol fini

❸ Déterminer la position du trait de niveau par rapport au sol brut

❹ Positionner un mètre à ruban à l'extrémité d'un pan de mur

❺ Viser le mètre à l'aide de la lunette

❻ Monter ou descendre le mètre le long du mur jusqu'à obtenir la hauteur du point haut du sol brut

❼ Maintenir le mètre le long du mur sans le bouger

❽ Repérer, à l'aide du mètre, la hauteur du sol fini

❾ Répéter les opérations ❹, ❺, ❻, ❼, ❽ à l'autre extrémité du pans de mur afin d'obtenir un autre repère

❿ Tendre un cordeau passant par ces deux repères

⓫ Fouetter le cordeau afin d'obtenir le trait de niveau sur le mur

Chapitre 5

1. Les supports constitués d'un corps plein, les supports constitués d'un corps creux

2. Liaison par voie humide, liaison par voie sèche, liaison par fixation chimique

3. La traction, le cisaillement

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Chapitre 6

1. Le besoin bioclimatique (BBio), la température intérieure de consigne (Tic), la consommation en énergie primaire (Cep)

2. Gironde : 54 kWh/m²/an ; Eure : 66 kWh/m²/an ; Var : 48 kWh/m²/an

3. Par convection, par conduction, par rayonnement

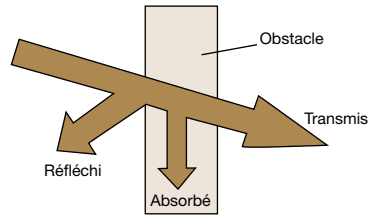
4.

Calcul du coefficient *U* du mur			
	Épaisseur en m	**Conductivité thermique λ en W/ m.K**	**Résistance thermique *R* en m².K/W**
Résistances superficielles			*Rsi* + *Rse* = 0,34
Parquet chêne	0,02	0,23	0,087
Sous couche liège	0,005	0,043	0,116
Béton de fibres de bois	0,15	0,16	0,938
Enduit plâtre	0,01	0,35	0,029
Résistance thermique de la Paroi R_p			**1,51**
Coefficient *U* du mur en W/ m².K			**0,66**

Chapitre 7

1. Par voie aérienne, par voie matérielle

2.



3. À partir de 100 dB

4. La loi de masse, la loi de masse-ressort-masse, la loi d'éloignement

5.

Nature du matériau	Surface du matériau	Coefficient d'absorption (α_w)	Surface absorbée (Sα)
Vitrage isolant	20 m²	0,12	2,4
Placomur 90 +10	60,8 m²	0,06	3,65
Porte isoplane isophonique	4,2 m²	0,1	0,42
Sol carrelage	60 m²	0,03	1,8
Faux Plafond acoustique	60 m²	0,75	45
Absorption *A* en m²			**53,27**

• Calcul du temps de réverbération *Tr* :
Tr = (0,16 x V)/A = (0,16 x 150)/53,27 = 0,45 s

• Le temps de réverbération est conforme à la réglementation

Chapitre 8

1. Apporter un air neuf, éliminer l'excès d'humidité, évacuer les substances nocives dans le logement, fournir aux appareils à combustion de l'oxygène afin d'assurer un fonctionnement sans danger de ces appareillages

2. L'humidité, le monoxyde de carbone, les polluants

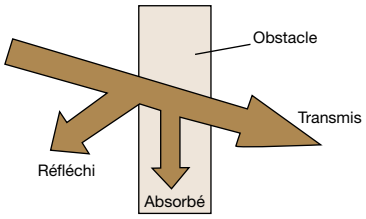
3. Ventilation naturelle, Ventilation mécanique contrôlée (VMC)

4. b

5. c

Chapitre 9

1.



2. Par les baies, par un puits de lumière

3. L'éclairage artificiel est assuré par des lampes qui fournissent un éclairage proche de l'aspect et du rendu de la lumière du soleil

4. Éclairage direct, éclairage indirect, éclairage semi-direct, éclairage semi-indirect, éclairage mixte

5. Les lampes à incandescence (classiques ou halogènes), les lampes fluorescentes (tubes fluorescents ou fluo compactes)

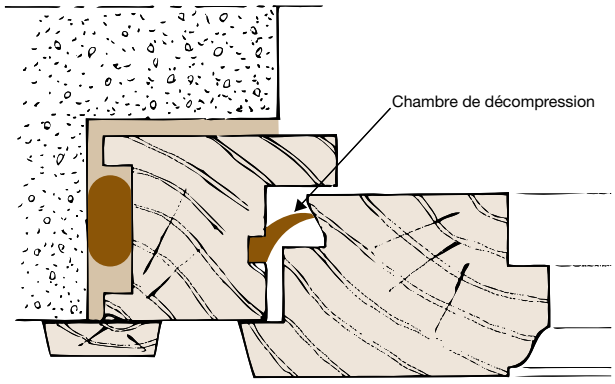
6. Sur la destination et l'activité des locaux

Chapitre 10

1. Prévoir une chambre de décompression, avoir des contacts parfaits entre les éléments composant le dormant et l'ouvrant et entre le dormant et la maçonnerie

2. Réaliser des ruptures de surfaces, créer une canalisation de l'eau, évacuer l'eau, supprimer les remontées capillaires

3.



© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Chapitre 11

1. Le bois a une faible conductivité thermique, et se consume lentement grâce à la partie carbonisée qui offre une bonne isolation thermique

2. La résistance au feu est le temps pendant lequel les matériaux peuvent jouer le rôle qui leur est dévolu malgré l'action de l'incendie

3. La réaction au feu représente l'aptitude d'un matériau à alimenter ou non le feu et à développer l'incendie

4. La stabilité au feu (SF), le degré pare-flamme (PF), le degré coupe-feu (CF)

5. Résistance (R) pour la stabilité au feu (SF), étanchéité au feu (E) pour le degré pare-flamme (PF), isolation thermique (I) pour le degré coupe-feu (CF)

6.

classe	comportement
M0	Incombustible
M1	Non inflammable
M2	difficilement inflammable
M3	Moyennement inflammable
M4	Facilement inflammable

7. Les classes françaises de M0 à M4 sont remplacées par les Euroclasses allant de A1 à F.

8. Du dégagement de fumée, de la production de gouttes enflammées

Chapitre 12

1. L'ergonomie permet d'adapter l'environnement aux besoins de l'homme afin d'éviter les efforts et les gestes inutiles et d'apporter un meilleur confort lors nos différentes activités humaines

2. Une assise de chaise : 0,45 m ; un dessus de table : entre 0,7 et 0,8 m

3. Dans une largeur de passage de 120 cm, on peut passer à deux personnes

4. La largeur de passage pour utiliser facilement un meuble ouvert est de 170 cm

5. Le triangle d'activité correspond aux déplacements qui s'opèrent dans une cuisine autour de trois centres d'activités qui sont : le rangement, la cuisson et le nettoyage

6. La cuisine en longueur, la cuisine en lignes parallèles, la cuisine en L, la cuisine en U

Chapitre 13

1. Contrat de phase, plan de définition, fiche suiveuse, plan d'ensemble

2. • Cote : 55 ± 0.6mm :

Cote Maximale = 55 + 0,6 = 55,6 mm

Cote minimale = 55 – 0,6 = 54,4 mm

On obtient un IT de (55.6 – 54,4) = 1,2 mm

• Cote : $24^{+1,2\ mm}_{-0,2\ mm}$

Cote Maximale = 24 + 1,2 = 25,2 mm

Cote minimale = 24 – 0,2 = 23,8 mm

On obtient un IT de (25,2 – 23,8) = 1,4 mm

3. On additionne les IT : 0,3 mm + 0,55 mm = 0,85 mm. On obtient 18 ± 0,85 mm

4. c

5. Le nom des exécutants, le nombre de pièces bonnes et mauvaises, la date d'usinage, les temps de fabrication

6. Voir page suivante

CONTRAT DE PHASE

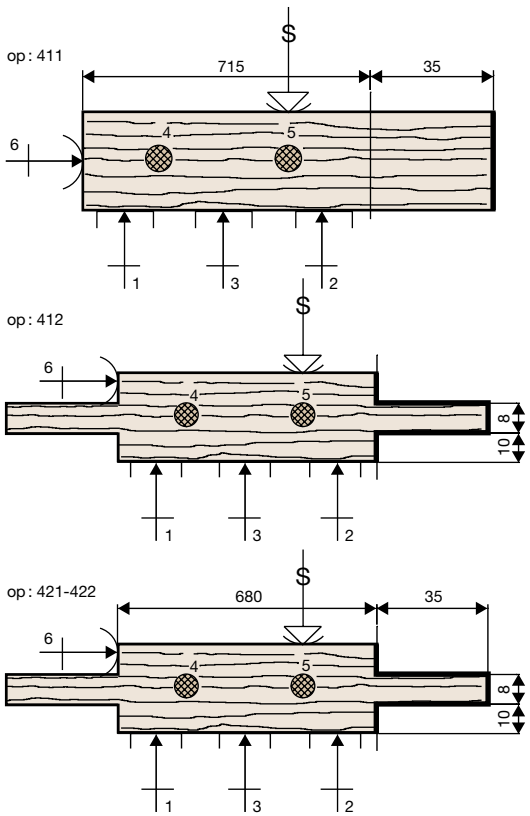
CLIENT : Lycée professionnel
PROJET : Agencement de bureau
ENSEMBLE : lambris d'appui
SOUS ENSEMBLE : Cadre

REPÈRE : 202
DÉSIGNATION : montant intermédiaire
MATIÈRE : hêtre
QUANTITÉ : 20

PHASE N : 40 **DÉSIGNATION** : **tenonnage**
MACHINE-OUTIL : tenonneuse à dérouleurs (TED)

Opération d'usinage			Outil			Paramètres de coupe					Contrôles
Repère		Désignation	Référence outil	d_e	Z	n	Vc	a_p	f_z	V_f	
S. ph	Op.										
41		Execution 1er tenon									
	411	Mise à longueur	SC 350	350	54	3500	64			manu	réglet
	412	tenonnage	D 150	150	4	6000	47			manu	C à C
42		Execution 2e tenon									
	421	Mise à longueur	SC 350	350	54	3500	64			manu	réglet
	422	tenonnage	D 150	150	4	6000	47			manu	C à C

CROQUIS DE PHASE



Établi par : O. Hamon exécuté par :
Le : 29/10/2012 Le :

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Chapitre 14

1.

GAMME D'USINAGE

Client: Lycée professionnel

Ensemble: Lambris d'appui

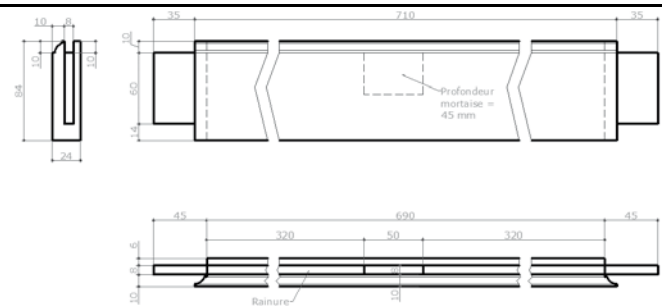
Sous-ensemble: Cadre

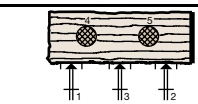
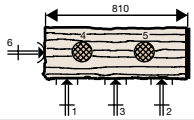
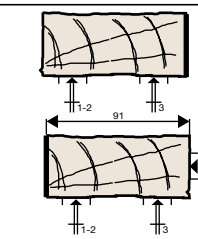
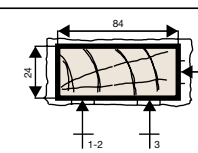
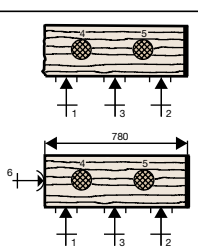
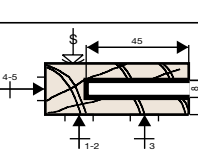
Élément: 204

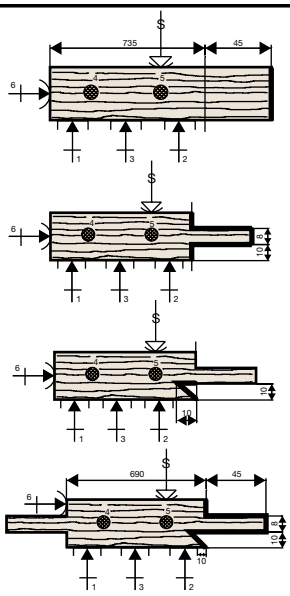
Désignation: Traverse basse

Matière: Hêtre

Nombre d'élément: 20



Ph	S/Ph	Op	Désignation	Machine -outils		outils			croquis	contrôles
				Symbole	n	Références	de	Z		
10			Tronçonnage							
	11		mise à longueur							
		111	1er coupe	SCT	3500	SC 45	400	45		Fiche de
										débit
		112	mise à longueur	SCT	3500	SC 45	400	45		mètre
20			Délignage							
	21		Mise en largeur							
		211	1er coupe	SCD	4000	SC 28	400	28		Fiche de
										débit
		212	mise en largeur	SCD	4000	SC 28	400	28		mètre
30			Corroyage							
	31		calibrage							
		311	usinage 4 faces	Q4F	5500		110	3		Fiche de
										débit
										calibre à
40			Mise à longueur							
	41		coupe 1er extrémité							Plan de déf.
		411	coupe extrémité	SCF	3500	SC 54	350	54		mètre
	42		coupe 2ème extrémité							
		421	coupe extrémité	SCF	3500	SC 54	350	54		
50			Mortaisage							
	51		mortaisage							Plan de déf.
		511	exécution de la mortaise	MOM			8			calibre à
										coulisse

60			Tenonnage							
	61		1er extrèmité							
		611	mise à longueur tenon	TED	3500	SC 54	350	54		Plan de déf.
		612	exécution tenon	TED	6000	D 150	150	4		calibre à
		613	exécution contre-profil	TED	3000	FCP	300	4		coulisse
	62		2ème extrèmité							
		621	mise à longueur tenon	TED	3500	SC 54	350	54		
		622	exécution tenon	TED	6000	D 150	150	4		
		623	exécution contre-profil	TED	3000	FCP	300	4		
70			Epaulement							
	71		1er extrèmité							Plan de déf.
		711	execution épaulement	TED	6000	D 150	150	4		réglet
	72		2ème extrèmité							
		721	execution épaulement	TED	6000	D 150	150	4		
80			Rainurage							
	81		rainurage sur chant							Plan de déf.
		811	exécution rainure	TOV	6000	FR 160	160	4		calibre à
90			Profilage							coulisse
	91		profilage moulure							Plan de déf.
		911	exécution moulure	TOV	4500	FP 150	150	4		calibre à
										coulisse

Chapitre 15

1. Une norme est un document de référence qui donnent des lignes directrices, des règles, des recommandations relatives à des produits, des services, des méthodes, des processus ou des organisations. Ces documents sont établis de façon consensuelle entre les acteurs du marché

2. Standards → applications volontaires
Lois → applications obligatoires
Décrets → applications obligatoires
Normes → applications volontaires
Arrêtés → applications obligatoires

3. Organisation internationale de la normalisation (ISO), Comité européen de normalisation (CEN), Association française de normalisation (AFNOR)

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

4. Norme française homologué (NF), norme expérimentale (XP), fascicule de documentation (FD)

5. Ces documents définissent les règles d'exécution des ouvrages ou de leur mise en œuvre

6. b

Chapitre 16

1. La planification, l'exécution, le contrôle

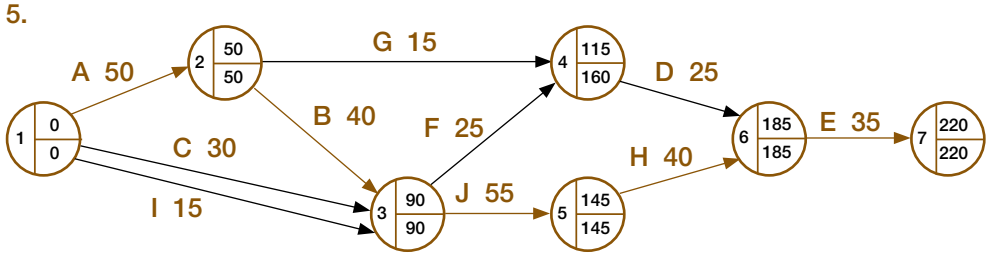
2. b

3. Elle donne de la flexibilité à la gestion de la production, et permet de gérer les aléas et les files d'attente à une machine

4.

TABLEAU DES ANTERIORITÉS		
Opérations antécédentes	**Repère des opérations**	**Niveaux d'antériorité**
B	A	3
D	B	2
E	C	2
-	D	1
-	E	1
G	F	5
A C	G	4
F	H	6
J	I	5
A C	J	4

5.

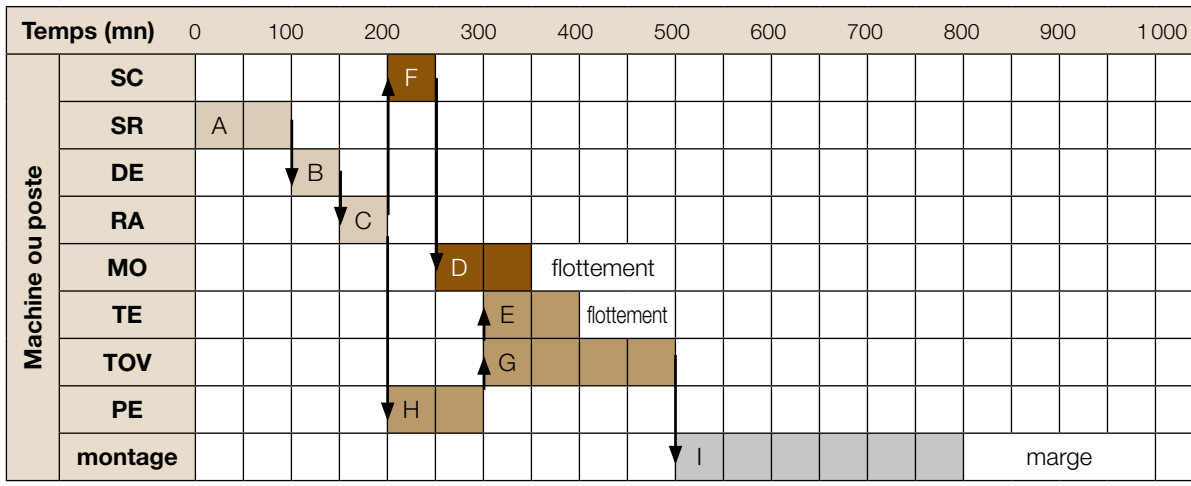


6. Réduction des stocks et des encours

7. b

8. a et d

9.



Chapitre 17

1. a

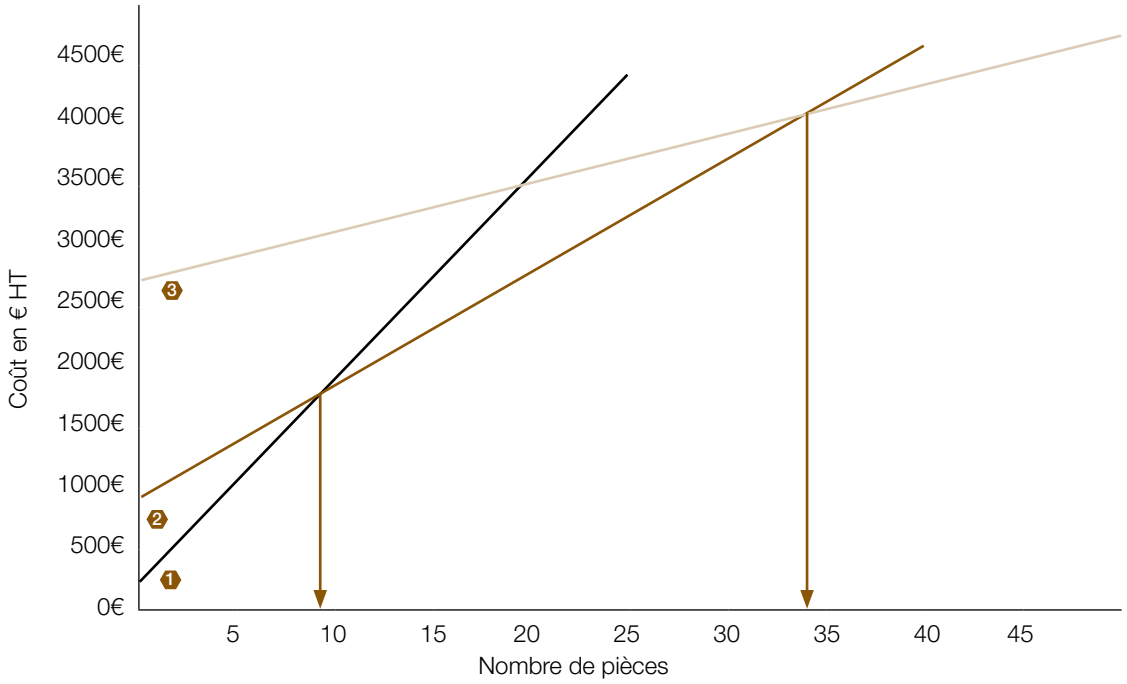
2. Temps de préparation, temps d'usinage, temps de transfert

3. 430 ch / 100 = 4.30 donc 4 heures et 30 ch

(30 ch / 100) × 60 = 18 minutes

Résultat : 430 ch = 4 heures et 18 minutes

4.



5. Choix n°1 : de 1 pièce à 10 pièces, choix n°2 : de 11 pièces à 33 pièces, choix n°3 : de 34 pièces à 50 pièces et plus

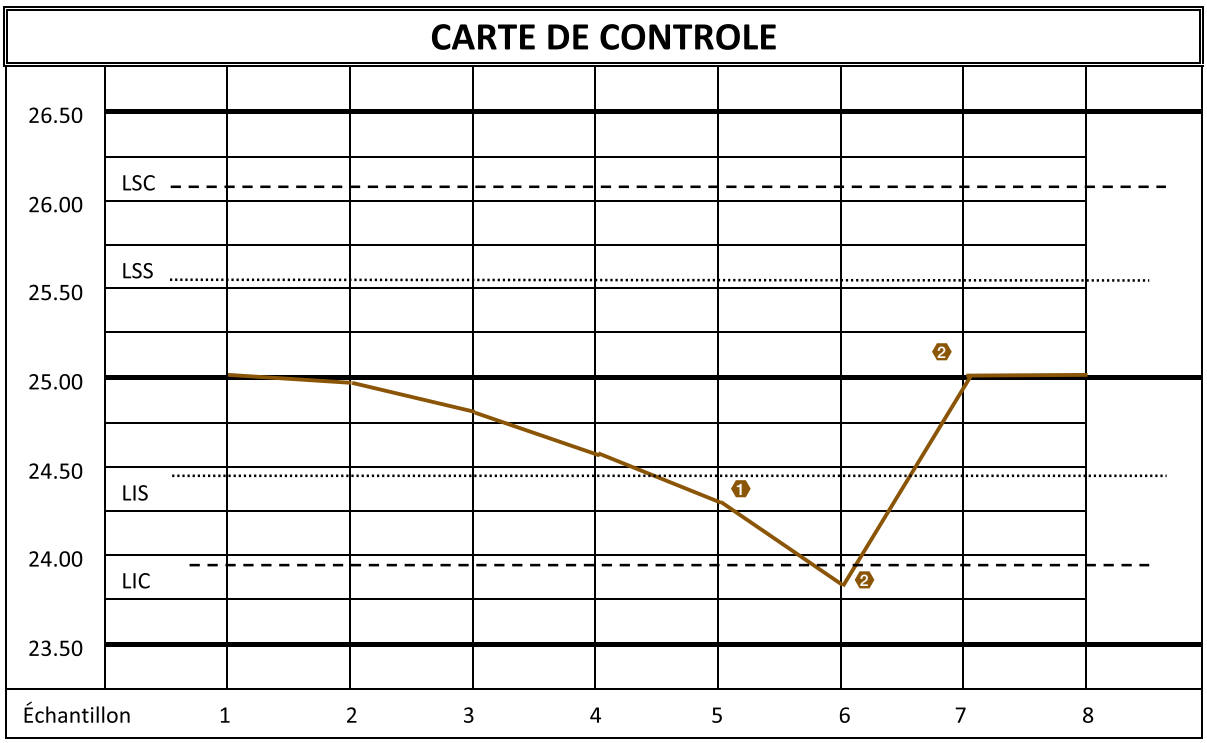
© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Chapitre 18

1.

TABLEAU DE RELEVÉ									
Valeurs relevées	**Pièce 1**	25,05	25,02	24,93	24,64	24,36	23,76	25,01	25,02
	Pièce 2	25,03	25,00	24,91	24,69	24,31	23,87	25,04	25,04
	Pièce 3	25,00	24,97	24,79	24,67	24,34	23,78	24,97	24,98
	Pièce 4	25,02	24,96	24,84	24,58	24,26	23,81	24,99	25,01
	Pièce 5	25,04	25,01	24,88	24,61	24,29	23,83	25,03	24,96
moyenne	**x**	25,028	24,992	24,87	24,638	24,312	23,81	25,008	25,002
étendue	**R**	0,05	0,06	0,14	0,11	0,10	0,11	0,07	0,08
échantillon		1	2	3	4	5	6	7	8

2.



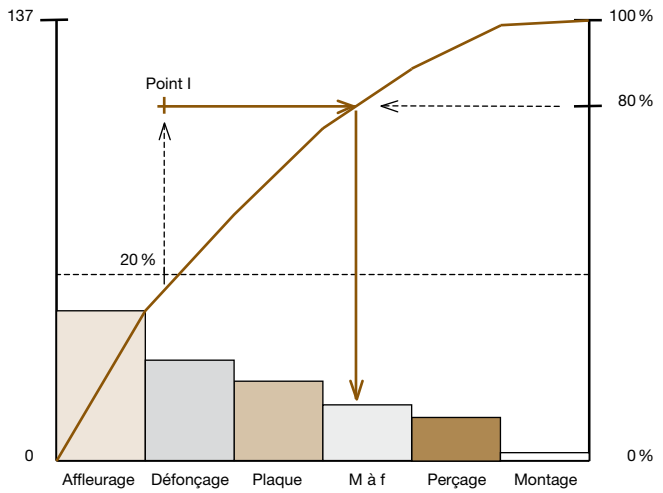
3. La fabrication passe la limite inférieure de surveillance (LIS) ; elle est alors soumise à une surveillance et un contrôle accrue

4. La fabrication passe la limite inférieure de contrôle (LIC), la fabrication est interrompue pour effectuer un nouveau réglage de la machine (ou un changement d'outil)

5.

TABLEAU DES DONNÉES ET DES CUMULS					
Rang	Opérations	Nombre de défauts	Pourcentages des défauts	Valeurs cumulées	Pourcentages cumulés
1	affleurage	46	(46/137) × 100 = 33,57 %	46	33,57 %
2	défonçage	32	(32/137) × 100 = 23,36 %	46 + 32 = 78	33,57 + 23,36 = 56,93 %
3	plaque des chants	25	18,25 %	103	75,18 %
4	mise au format	18	13,14 %	121	88,32 %
5	perçages	14	10,22 %	135	98,54 %
6	montage	2	1,46 %	137	100 %
TOTAL		137	100 %		

6.



7. L'affleurage, le défonçage et la plaque des chants

8. b

9. La main d'œuvre, le matériel, la matière, la méthode et le milieu

10. Le diagramme d'Ishikawa ou le diagramme en arêtes de poisson

Chapitre 19

1. Une somme trop importante d'argent immobilisé, un coût de stockage excessif, les articles stockés risquent de se démoder ou de se dégrader

2. Le magasinage, les fiches de suivi des entrées et des sorties des articles, les inventaires

3. b

4. ❶ : quantité économique

❷ : stock de sécurité

❸ : stock minimum

❹ : stock critique

❺ : point de commande

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

❻ : réapprovisionnement

❼ : délai d'approvisionnement

Chapitre 20

1. Maintenance de niveau 1

2. 5 niveaux

3. a

4. b

5. Éliminer ou limiter les pannes et leurs conséquences, utiliser des créneaux horaires ne perturbant pas la production, réduire les dépenses de maintenance, en intervenant à un stade précoce, avant une panne plus importante et plus coûteuse

Chapitre 21

1. Favoriser la vente du projet au client, aide à la réalisation des plans

2. Plan d'ensemble et de définition, perspective éclatée et nomenclature, fiche suiveuse avec code-barres

3. La programmation pour un centre d'usinage à commande numérique, un programme d'optimisation de débit (pour scie circulaire à panneau), un programme de paramétrage de profilage

4. Axes X, Y et Z

5. Les axes 4 et 5 sont assurés par rotation

6. a

7. Maintien par dépression (ventouse), maintien par étau (serrage de la pièce)

Index

5 M (méthode) 284

ABC (classement) 283
achat 236
acoustique
— confort 113
— correction 119
— isolation 118
âme 29
analyse de fabrication 208
antériorité (tableau des) 238
approvisionnement 236
appui 60, 182
— linéaire 46, 48, 182
— plan 46-47, 182
— ponctuel 46, 49, 182
axe de référence 45, 180, 309

Battement 244
berceau 32
bon de commande 260
brainstorming 284
bruit rose 116
bruit route 116

Cahier des clauses spéciales (CCS) 229
cahier des clauses techniques (CCT) 229
calibrage 58
capabilité machine 274
carte de contrôle 272
causes et effets (diagramme) 283
centième d'heure 261
centre d'usinage 38, 309
chaîne de cote 191
chaîne numérique 305
chemin critique 244, 250
cintre 17
cisaillement 97
classement ABC 283
coefficient de réflexion 136
coefficient de transmission surfacique 109
collage 35, 94
— au marteau à plaquer 40
— au sac de sable 39
— par dépression 36
colle 37
— contact 25
— forte 40
— néoprène 25
— vinylique 37
commande numérique 305
composés organiques volatils (COV) 128
conception et fabrication assistées par ordinateur (CFAO) 305
conditionnement 260
confort acoustique 113
confort thermique 103
consommation d'énergie primaire (Cep) 104
contrat de phase 176
contre-forme 22, 32, 39
contre-moule 32
contreplaqué cintré 22, 28
contrôle
— carte de contrôle 272
— limite 275
correction acoustique 119
cotation 178
— chaîne de cote 191
— Cote appareillage (Ca) 178
— cote condition 189
— Cote de réglage (Cr) 179
— Cote machine (Cm) 178
— Cote nominale (CN) 187
— Cote outil (Co) 178
— fonctionnelle 189
— transfert de cote 190
courbe cumulative (diagramme de Pareto) 282
coût 32, 236, 259
croquis de phases 183

Défonçage 311
défonceuse à commande numérique (DEFCN) 309
degré coupe-feu (CF) 154
degré de liberté 45, 180
degré pare-flamme (PF) 154
délai d'approvisionnement 293
dépannage 299
déperdition thermique 105
dépression (maintien par) 311
dépression (serrage) 36, 51
dessin assisté par ordinateur (DAO) 305
diagnostic 300
diagramme
— 80/20 279
— de causes et effets 283
— de Gantt 237
— de Pareto 279
— d'Ishikawa 283
— d'ordonnancement 247
— en arêtes de poisson 283
directive des produits de construction (DPC) 155
dispersion machine 274
document d'ordonnancement 201
document technique unifié (DTU) 151, 229

Écart inférieur (Ei) 187
écart supérieur (Es) 187
échange de chaleur 106
éclairage 135, 161
— artificiel 137

— des locaux 137
— direct 137
— naturel 136
— zénithal 137
électro-mandrin 311
ergonomie 161
étanchéité des menuiseries 145
étape (méthode PERT) 240
étendue 273
Euroclasse 155
Eurocode 230

Fabrication 32
— analyse de fabrication 208
— dossier de fabrication 175
— échantillon 273
— étape 240
— lot 252
— priorités 252
— processus de fabrication 204
— temps 243, 253, 261
facteur de réflexion 141
feu 151
— classement pour la réaction 153
— degré coupe-feu (CF) 154
— degré pare-flamme (PF) 154
— Euroclasse 155
— réaction 152
— résistance 154
— stabilité 154
feuillard 20, 24
feuille de débit 259
feuille de relevés des défauts 280
fiche suiveuse
— suiveuse 192
fixation des ouvrages 93
flottement 250
flux lumineux 141

Galbe 17
gamme d'usinage 214
Gantt (diagramme) 237, 247
genouillère 52
gestion
— de production 235
— stock 289

Humidité 21, 128
hydrométrie 21

Image 3D 306
indice d'affaiblissement aux bruits aériens et des bruits de chocs 115
intervalle de tolérance (IT) 179, 187, 272
Ishikawa (diagramme) 283
isolation
— acoustique 113, 118
— thermique 105
ISO (norme) 271
ISO (Programmes) 307
isostatisme 44, 180

Jalonnement 250
joint
— extrudé 147
— mousse imprégné 148
— souple 146
juste à temps 250

Lamellé-collé 21
lampe 137
— à incandescence 139
— fluorescente 140
largeur minimale de passage 163
latté cintré 29
liaison 94
limite de contrôle 275
logiciel de conception 305

Machine à membrane par dépression 37
magasin 292
magasin d'outils 311
maintien en position 50, 182
maintien par dépression 311
marge 244
méthode 3-4-5 85
méthode des 5M 284
méthode PERT 237
méthode SPC 271
montage d'usinage
— conception 57
— généralités 43
moule 32
MSP 272

Néoprène 25
nervure 32, 34
niveau d'éclairement 140
normes 223

Ordonnancement 235
— diagramme de Gantt 247
— document d'ordonnancement 201
Organisation de la normalisation 225

Panneau
— cintré 17, 28
— en MDF cintré 31
— latté cintré 29
— multipli cintré 28
— stabilité 25
Pareto (diagramme) 279
PERT 237
phase 177
— contrat de phase 176
— croquis de phases 183
— planning des phases 211
pièce
— avec contre-forme 22
— capable 17
— chantournée 18
— cintrée 17
— cintrée à chaud 20
— cintrée avec trait de scie 30
— cintrée laquée 22
— galbée 17, 38
— lamellée 18
— lamellée-collée 21
— plaquée 18
placage 32, 38
planning des phases 211
planning d'ordonnancement 247
point de commande 293
porte-outils commande numérique (C.N.) 311
prix de vente 263
processus de fabrication 204
programme ISO 307
propagation
— de la lumière 135
— du son 116

Qualité 236, 271
quantité économique 292

Réaction au feu 152, 155
réapprovisionnement 293

réglementation 224
— acoustique 113
— thermique 103
rentabilité (seuil de) 264
réseau PERT 238
résistance au feu 154, 156
résistance thermique 107

Sauterelle 52
serrage
— au marteau à plaquer 40
— au sac de sable 39
— panneau cintré 50
— par dépression 36, 51
seuil de rentabilité 264
son
— niveau sonore 117
— propagation 116
sous-phase et opération 177
SPC (méthode) 271
SR1, 2 et 3 46
stabilité au feu (SF) 154
stabilité des panneaux 25
stock 236, 289
— critique 294
— d'alarme 293
— d'alerte 294
— de sécurité 294
— gestion 291
— suivi 292
suivi des stocks 292
surveillance
— limite 275
symbolisation des appuis 182

Tableau de relevés
des échantillons 273
tableau des antériorités 238
tablier 32, 35
tâche (méthode PERT) 241
temps
— au plus tôt/au plus tard 243
— de coupe (Tc) 194, 253
— de fabrication 243, 253, 261
— de manipulation des pièces (Tm) 194, 253
— de préparation du poste (Tp) 193, 253
— de réverbération (Tr) 121
— de séchage 254
— de transfert 254
— d'usinage 254
thermique
— coefficient de transmission 109
— conductivité 106
— confort 103
— déperdition 105
— isolation 105
— résistance 107
tolérance 186
— cote condition 189
— intervalle de tolérance (IT) 179, 187
tracé de chantier
— distribution et implantation 81
— méthode 3-4-5 85
— tracé d'implantation 82
transfert de cote 190
triangle d'activité 168

Usinage 177
— centre d'usinage 38, 309
— gamme d'usinage 214
— montage d'usinage 43, 57, 63

Vente 263
ventilation 127
— mécanique contrôlée (VMC) 129
— naturelle 129

Wilson (formule de) 292

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

Crédits photographiques

Fig. 1.2, 1.6, 1.8 gauche, 1.13, 1.15 gauche, 1.16, 1.18, 1.20 bas, 1.21 droite, 1.22 droite, 1.44, 1.45 Photos Trillat/Ampeau © Dunod. **Fig. 1.7, 1.8 droite, 1.10, 1.15 droite, 1.17** Dessin X. Hosch © Dunod. **Fig 1.35** © Isoroy Isocurv. **Fig. 1.40, 1.41, 1.42** © R-Press. **Fig. 2.15, 2.18, 2.19, 2.20, 2.21** © Émile Maurin. **Fig. 3.3, 3.4, 3.11, 3.17, 3.19** © Stanley. **Fig. 3.18** © Klubovy – istockphoto.com. **Fig. 4.3, 4.12** © Stanley. **Fig. 16.1** © TopSolid'Wood par Missler Software. **Fig. 21.1 à 21.11, 21.17** © TopSolid'Wood par Missler Software. **Fig. 21.12 à 21.16, 21.20 à 21.22** © Groupe Biesse. **Fig. 21.18 et 21.19** © Isocèle.

Toutes les images non mentionnées dans cette page appartiennent à leur auteur respectif. Nous avons fait tout ce qui était en notre pouvoir pour obtenir les autorisations de reproduction nécessaires pour cet ouvrage. Toute omission qui nous sera signalée se verra rectifiée dans la prochaine édition.

conception
réalisation
mise en page
pca
44405 Rezé cedex