

1. Présentation

1.1. L'entreprise

La « Tonnellerie Santonne » est une entreprise de fabrication de fûts de chêne, barriques et tonneaux destinés à conserver et assurer le vieillissement des vins ou eaux-de-vie comme le Cognac (*A consommer avec modération*).

Code NAF : 204Z – Fabrication d'emballages en bois

Cette SARL créée en 1996 est conduite par 2 gérants et comprend en 2001 10 salariés dont 7 ouvriers, pour un chiffre d'affaires annuel de 750 000 €. Elle a atteint 2 020 k€ en 2007 avec un capital de 325 000 €. La production annuelle est d'environ 2000 barriques pour des marchés qui couvrent la France mais aussi l'Espagne, l'Argentine, l'Australie et l'Italie.



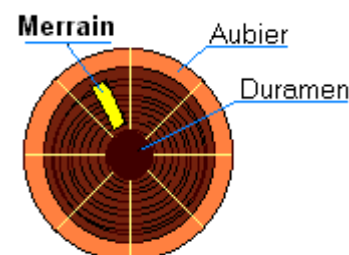
1.2. Le processus de fabrication des fûts

► La matière première

C'est du bois de chêne, issu des forêts du Limousin. Un arbre donne en moyenne la matière première pour fabriquer deux barriques. La grume est séchée pendant quelques mois. Le bois subit l'action des pluies, de l'air et du soleil : il s'attendrit, se sèche et perd également une amertume par lessivage des composés polyphénoliques (tanins).

► La fente du bois

Le billon est placé debout sous un vérin muni d'un coin. Il est tout d'abord fendu en deux moitiés dans le sens des rayons du bois. Chaque moitié est ensuite fendue en deux doublons qui seront à nouveau divisés en deux morceaux. L'aubier (zone périphérique du bois de couleur claire) et le duramen (cœur du bois) sont éliminés tout d'abord par sciage, la planche sera ensuite rabotée jusqu'à ne plus constater d'irrégularités du bois : nœuds, pourrissement ... On obtient alors un merrain.



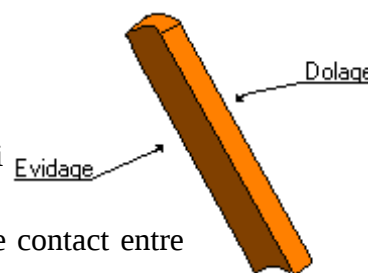
► Le séchage des merrains

Après le sciage, il est impératif de laisser les merrains sécher. Issus d'un bois contenant en général 35 à 40 % d'eau, leur taux d'humidité doit descendre à 14-18%. Le séchage naturel est réalisé à l'air libre pendant 2 ou 3 ans. L'empilage est tel qu'il facilite au maximum la circulation d'air dans la pile.

► La fabrication des douelles

Le merrain subit les transformations suivantes :

- Dolage : arrondi extérieurement à l'aide d'une doleuse, selon un rayon défini par le porte-outil. Le tonnelier lui donne ainsi la forme cylindrique du fût ;
- Jointage : raboté sur les bords par une jointeuse qui les taille afin d'assurer le contact entre les douelles, et l'étanchéité de la barrique ;
- Evidage : consiste à diminuer l'épaisseur de la douelle (sauf aux extrémités) afin de faciliter le cintrage ;
- Ecourtage : raccourci grâce à une écourteuse à une longueur correspondant à la hauteur du fût plus une surcote de 0,5mm.



Selon la taille du tonneau désiré, la douelle peut avoir des dimensions de 1 à 2 m de longueur, 80 à 100 mm de largeur, et 30 à 40 mm d'épaisseur.

► L'assemblage du fût

Le montage des douelles est réalisé autour d'un cercle métallique: c'est la « mise en rose ». L'artisan sélectionne les douelles et les assemble de telle manière à ce que le fût en soit composé d'une trentaine. Une douelle maîtresse, plus large que les autres, va être percée pour obtenir le trou de bonde permettant de remplir le fût. Voir aussi :



<http://metiers.free.fr> , chercher le Tonnelier

http://fr.wikipedia.org/wiki/Tonneau_%28r%C3%A9cipient%29

1.3. Les modèles de fûts

Il existe 14 modèles de fûts, définis par leur contenance en litres, déclinés en différentes versions selon leur développé (périmètre) et leur longueur.

On appelle « développé » la somme des largeurs des douelles nécessaires pour fabriquer un tonneau. Cette valeur est donc très proche du périmètre du tonneau. Par extension, on appelle aussi « développé » la somme des largeurs de douelles nécessaires pour toute une série de tonneaux de même dimension.

Modèle	Volume (litres)	Développé utile (cm)	Développé brut (cm)	Diamètre (cm)	Longueur (cm)
1	20	98	105		
2	30	112	120		
3	55	142	152		
4	110	163	181,5		
5	225	220	235		
6	228	227	245		
7	300	242	259		
8	350	257	275		
9	400 long	267	286		
10	400 court	271	290		
11	450	284,5	304,5		
12	500 court	296	317		
13	500 long	287	307		
14	600	322	344		

Les douelles doivent avoir une largeur minimale de 60 mm et peuvent atteindre 105 mm.

Les pertes de bois lors du jointage ont été calculées sur une base de 7%, ce qui représente en moyenne 5 mm de perte par douelle.

Des formules de volumes :

$$\text{Formule des douanes : } V = \frac{3}{5} \cdot l^3$$

$$\text{Formule anglaise : } V = \frac{\pi \cdot h}{3} \cdot (2R^2 + r^2)$$

$$\text{Formule française : } V = \frac{\pi \cdot h}{64} \cdot (5R + 3r)^2$$

<http://perso.wanadoo.fr/math.15873/VolTonneau.html>

Épaisseur moyenne des douelles : 28 mm

2. Le besoin

Il s'agit d'automatiser une chaîne de jointage (rabotage) de douelles :

- mesurer la largeur de chaque douelle avant ET après le jointage,
- trier les douelles en sortie de la jointeuse dans 2 bacs distincts selon une largeur minimale de 60 mm,
- comptabiliser le développé passé dans la jointeuse afin de produire une certaine quantité de tonneaux de dimension prédéfinie ; ainsi, il n'est pas besoin d'attendre que les tonneaux d'une même série (même taille) soit assemblés pour connaître la quantité nécessaire de douelles, avant de lancer une autre série.
- afficher la perte de bois au jointage (en %) afin que l'opérateur se rende compte du mauvais réglage de la machine qui « consomme » trop de bois.

Quantité de tonneaux à produire : 10 à 200 sur une même série.

3. Le cahier des charges

Aujourd'hui, l'opérateur insère les douelles une à une dans la jointeuse sans savoir précisément combien de pièces seront nécessaires pour la série en cours. En effet, les douelles, obtenues par fendage et non par sciage, ne sont pas de largeur constante.

L'objectif est donc :

- mesurer les largeurs des douelles en sortie de jointeuse afin de déterminer le développé produit, et indiquer la quantité de douelles à usiner encore,
- mesurer l'écart entre le développé utile en sortie et le développé brut en entrée, afin d'affiner le réglage de la machine et d'éviter une surconsommation de bois.