

Le lamellé-collé

1- Introduction :	2
2- Le matériau :	2
2-1- Le bois :	2
2-2- La colle :	2
2-3- Le produit fini :	3
3- Son comportement au feu :	3
4- Réalisation d'une poutre :	4
4-1- Mode opératoire de réalisation d'une poutre :	4
4-2- Aboutage des lamelles :	4
4-3- Serrage et empilage :	6
5- Le traitement du bois :	6
6- Les assemblages :	6
6-1- Les articulations :	6
6-1-1- Articulation fictive	7
6-1-2- Articulation matérialisée	8
6-2- Les encastresments :	9
6-2-1- Encastrement poteau - traverse	9
6-3- Joints de continuité	10

1- Introduction :

L'origine du lamellé-collé remonte au XVI^e siècle même si son utilisation demeure récente. C'est la mise au point de colles adaptées (caséine), au début des années 1900, qui a permis son développement.

Le bois lamellé-collé est la synthèse de la transformation industrielle du bois, matériau naturel dont il hérite de toutes les qualités et dont il a été épuré des principaux défauts.

Le bois lamellé-collé = poids du métal = volume du béton

2- Le matériau :

2-1- Le bois :

Le bois doit sa grande résistance à la traction et son élasticité à la cellulose, dont les fibres sont disposées longitudinalement. Entre celles-ci se trouve la lignine qui assume la résistance à la compression.

Le bois est un matériau chimiquement neutre et n'est donc pratiquement agressé par aucun produit corrosif.

Sa faible conductivité thermique lui procure des qualités isolantes excellentes qui en font un matériau remarquablement stable sous les fluctuations de température, et d'une tenue au feu excellente (cf. chapitre 3).

Pour les constructions lamellées-collées, on utilise de préférence en Europe l'épicéa, qui se caractérise par une structure interne très régulière et une résistance élevée.

Le bois et ses nœuds éventuels doivent être sains. Le diamètre de l'arbre doit être faible, de même que l'épaisseur de ses cernes de croissance.

Le bois destiné au collage est, avant toute chose, séché artificiellement puis stabilisé. Les parasites éventuellement présents en son sein sont ainsi éliminés.

2-2- La colle :

Actuellement, il est uniquement utilisé des colles de résine synthétique faisant prise "à froid" et chimiquement neutres.

Une fois polymérisée, la colle doit présenter dans tous les cas, la colle doit présenter dans tous les cas des résistances intrinsèques en tout point supérieures à celles du bois qu'elle est amenée à lier.

La liaison lamelle de bois - colle se fait à l'échelle moléculaire entre la trachéide du bois et le mélange résine - durcisseur de la colle. Cette liaison affiche les mêmes performances que la colle elle-même.

A une température ambiante de 25° C, le temps de prise est d'environ 6 heures, tandis que la polymérisation complète n'est atteinte qu'au bout de 48 heures. A partir de ce moment seulement la pièce collée est mécaniquement capable de reprendre les efforts en fonction desquels elle a été dimensionnée. Cela étant, on peut accélérer la prise par un chauffage adapté.

2-3- **Le produit fini :**

Constituée de lamelles de bois de faible section individuelle aboutées longitudinalement par entures (entailles multiples) et collées à plat les unes sur les autres, la pièce lamellée-collée peut revêtir n'importe quelle forme et atteindre des dimensions respectables. C'est désormais le transport qui est le plus gênant (40.00 x 2.50 x 4.20).

Grâce à l'élimination des défauts naturels à l'échelle des lamelles élémentaires (épurage), le bois lamellé-collé affiche des performances mécaniques nettement supérieures à celles du bois massif.

3- **Son comportement au feu :**

Les constructions en bois font preuve d'une bien meilleure résistance au feu que celle à laquelle nous pourrions nous attendre de la part d'un matériau combustible.

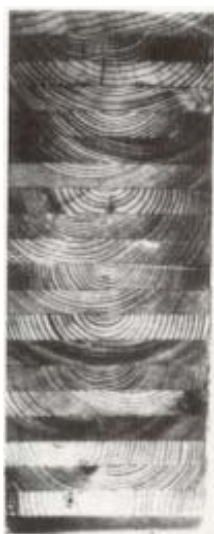
Le principe fondamental de cette grande résistance au feu, sur lequel repose la mise en équation du phénomène, est le fait que la combustion périphérique de l'extérieur vers l'intérieur d'une section de bois, c'est à dire sa destruction, se réalise à vitesse assez faible et quasi constante : 0,6 à 0,7 mm par minute, soit environ 1 cm par quart d'heure et par face.

Les causes essentielles en sont la faible conductivité thermique du bois et la protection supplémentaire contre la chaleur apportée par la couche périphérique de charbon de bois, très isolant, qui se forme et se développe pendant tout le processus de combustion

Ces propriétés permettent au noyau de bois encore intact de rester à des températures si faibles que sa résistance ne s'en trouve en rien altérée.

Exemple : poutre lamellée-collée de 16 cm de large et de 40 cm de haut. Etat de la section transversale :

Avant le début de l'essai
Température ambiante



Après 30 mn
880° C



Après 60 mn
1000° C



La durée de résistance d'une poutre rectangulaire peut ainsi être traduite sous forme d'une fonction de sa contrainte et de son module de résistance.

Contrairement aux éléments en bois, la tenue au feu d'éléments métalliques est indépendante de leur section.

Bien entendu, pour qu'un bâtiment puisse être classé dans une certaine catégorie de tenue au feu, il faut que tous les assemblages dont il est composé puissent garantir la même protection.

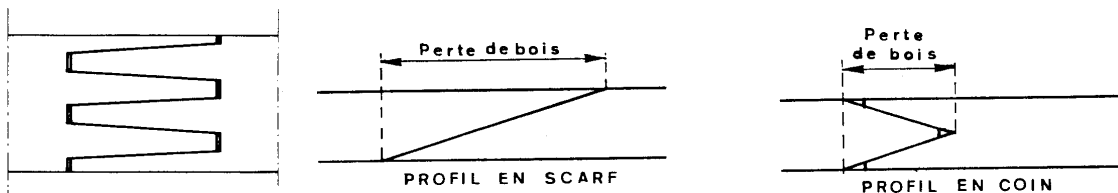
4- Réalisation d'une poutre :

4-1- Mode opératoire de réalisation d'une poutre :

cf. page 5.

4-2- Aboutage des lamelles :

Les structures en lamellé collé se caractérisent par des éléments de très grandes longueurs. Pour obtenir ces pièces, il est nécessaire d'abouter des lamelles (dont la longueur est de quelques mètres) par un assemblage à entures.



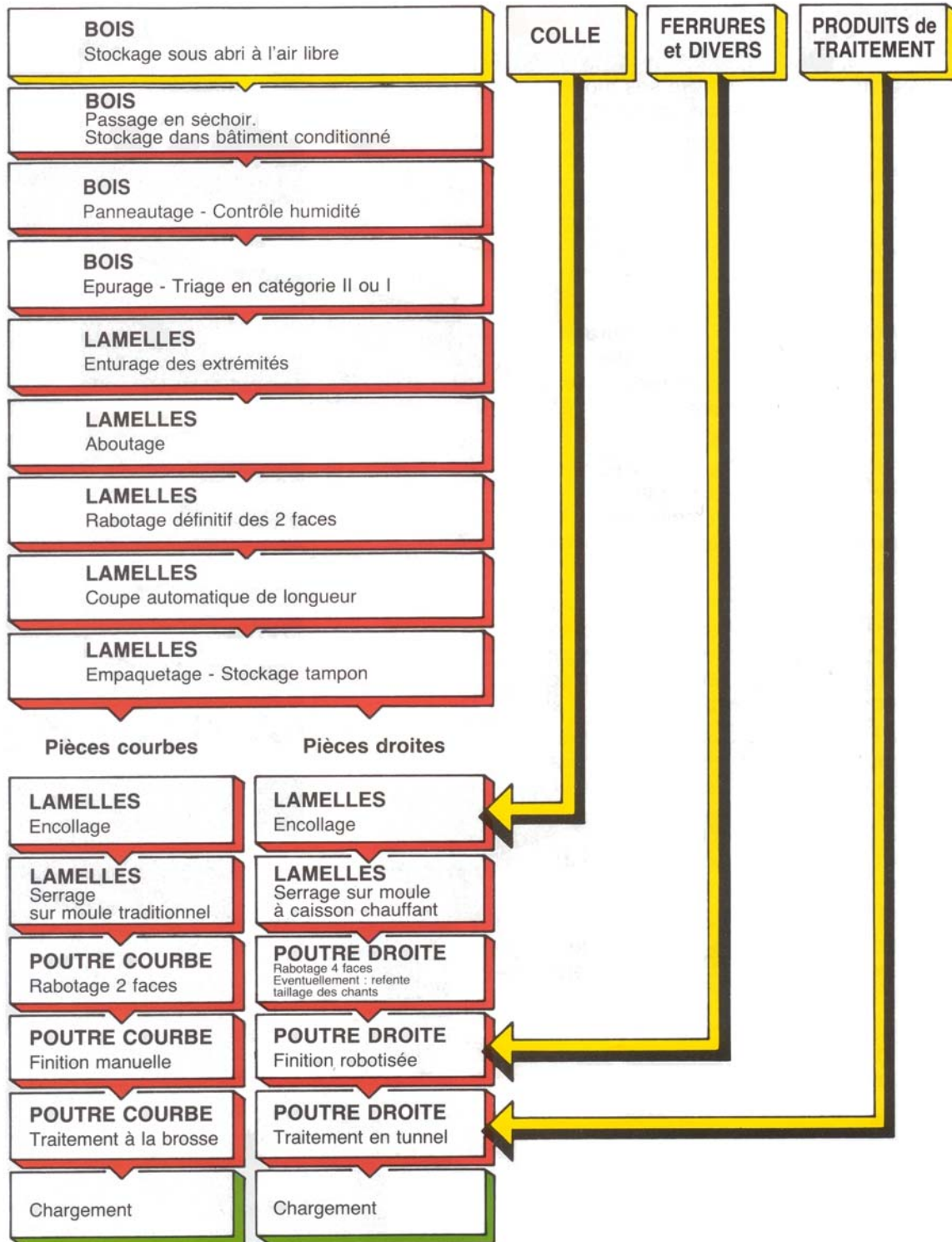
Cet aboutage se fait par des machines rotatives tournant à très grande vitesse. Les entures ainsi réalisées, après collage, assurent la continuité des lamelles sans aucune diminution des contraintes admissibles.

Elles peuvent être simples ou multiples. Ce sont des assemblages auto-serrants.

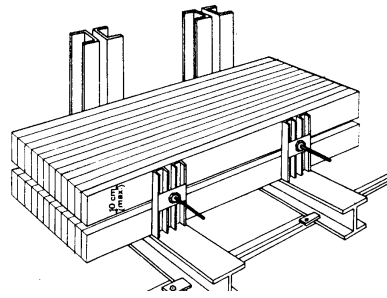
Cette opération permet également:

- d'utiliser toutes les coupes de bois de longueur quelconque,
- d'éliminer les défauts des bois (nœuds vicieux, nœuds barrettes, flaches importantes, etc.).

Mode opératoire de réalisation d'une poutre :



4-3- Serrage et empilage :



5- Le traitement du bois :

Le bois après taillage doit être traité par application des produits I.F.H. (insecticide - fongicide - hydrofuge).

6- Les assemblages :

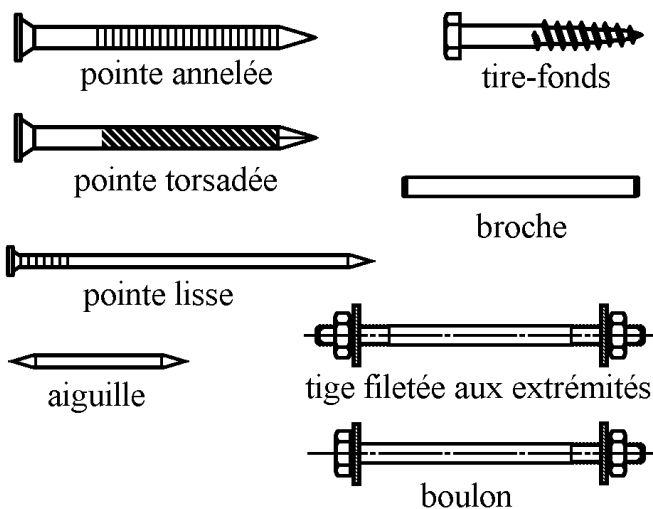
La conception d'un assemblage doit être étudiée en fonction des efforts appliqués et en tenant compte des critères suivants:

- simplicité d'exécution et de montage,
- résistance maximale vis-à-vis des efforts appliqués,

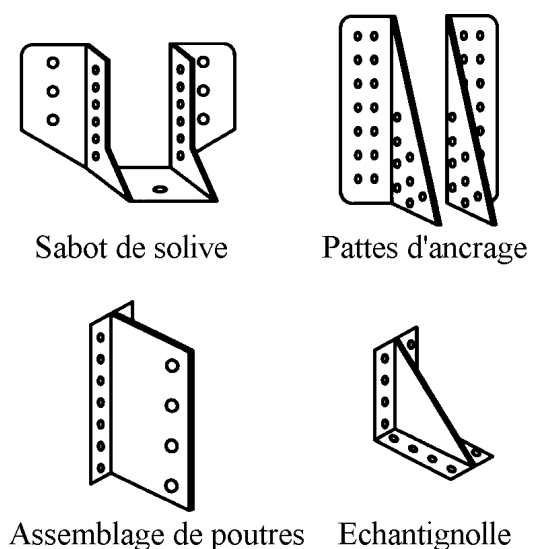
Les efforts admissibles sont généralement (sauf pour les pointes) fonction de l'angle d'inclinaison de la direction de l'effort par rapport aux fibres de bois.

6-1- Les appuis simples :

6-1-1- Les organes d'assemblages simples :



6-1-2- Sabots et connecteurs :



6-2- Les articulations :

Ce sont tous les assemblages courants. Ils doivent transmettre :

- un effort axial (traction, compression),
- un effort tranchant.

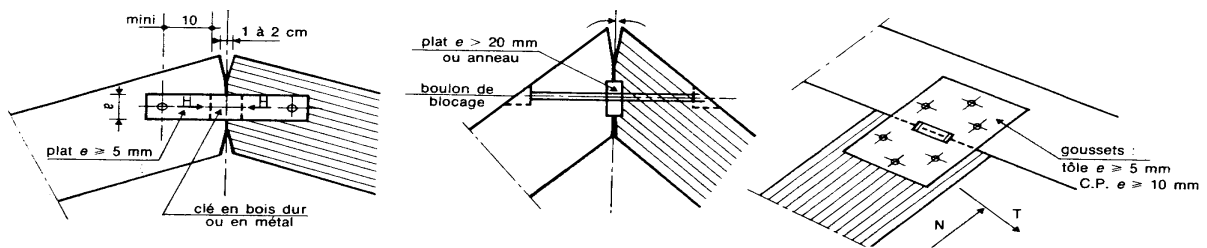
Ce sont, en particulier, les liaisons:

- des éléments secondaires (pannes, entretoises, contreventements. etc.) avec les éléments principaux (poutres, arcs. etc.).
- des éléments principaux entre eux (articulations à la clé ou en pied, joints cantilever, etc.).

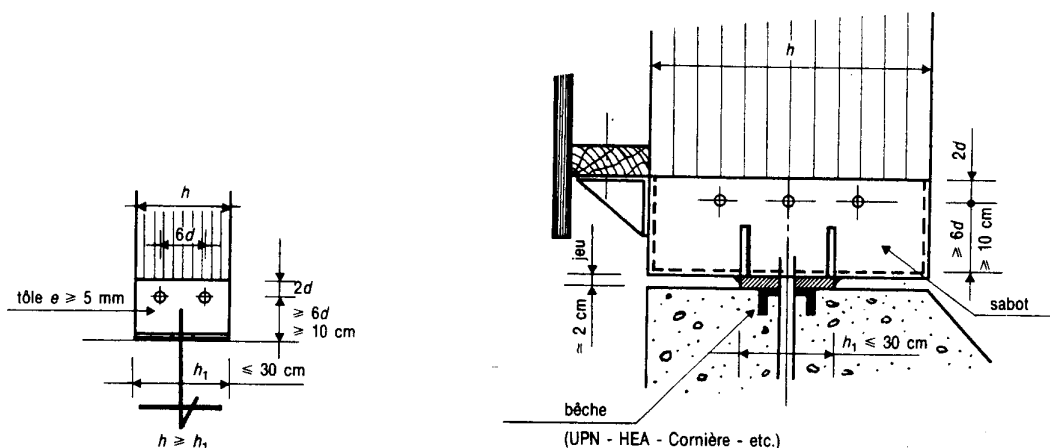
6-2-1- Articulation fictive :

Elle se rencontre généralement pour les portiques ou les arcs dont les portées restent inférieures à 40 m ou dont la résultante des forces est inférieure à 30 T. Elle doit permettre une légère rotation des éléments.

* Articulation à la clé



* Articulation en pied



L'articulation en pied doit pouvoir transmettre aux fondations:

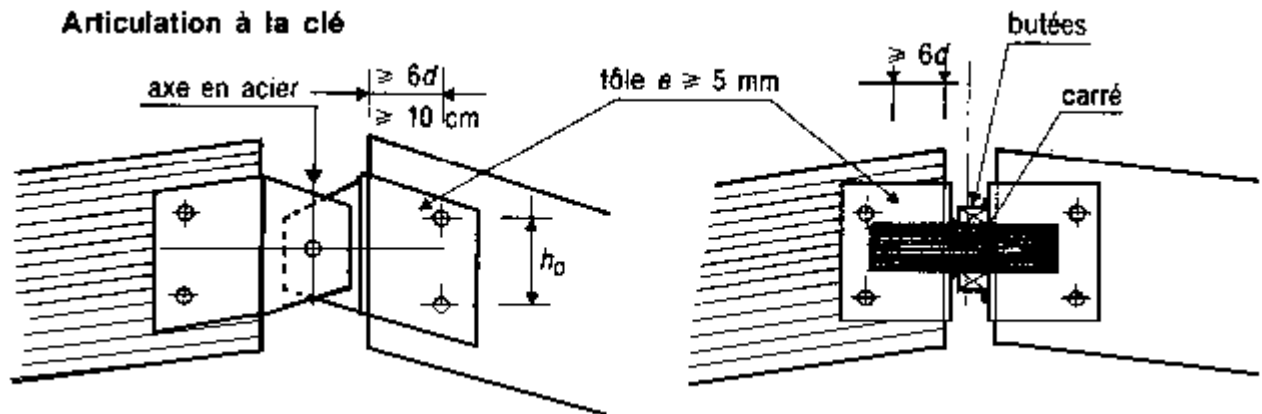
- un effort normal (compression ou traction),
- un effort tranchant.

Pour cela, on doit prévoir une liaison entre la platine et les massifs de fondations.

6-2-2- Articulation matérialisée :

Au-delà des 40 m ou pour des charges supérieures à 30 T, il est nécessaire de réaliser une articulation matérialisée, soit par un axe, soit par un dispositif permettant la rotation du système (Téflon, Néoprène, etc.), soit par un grain (demi-rond, rond, carré, etc.).

* Articulation à la clé

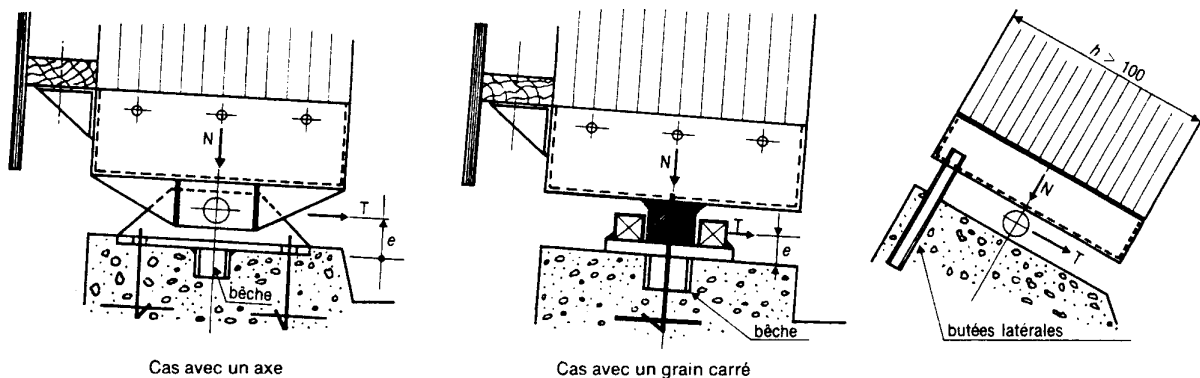


* Articulation en pied

L'excentrement de l'axe par rapport aux plans de scellement introduit généralement des efforts secondaires dont il est nécessaire de tenir compte, en particulier sur les tiges de scellement.

Dans le cas des ancrages avec une section importante ($h > 100$ cm), il est nécessaire de prévoir une butée latérale ancrée dans le massif en B.A. Ce cas n'est à envisager que s'il n'existe aucun élément de blocage latéral tel que pannes ou lisses.

Dans tous les cas, il est nécessaire de prévoir un système antisoulèvement.

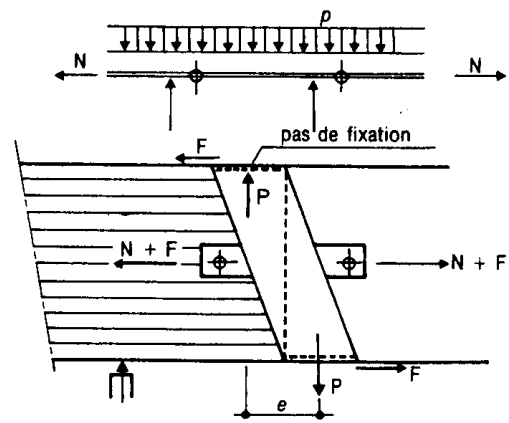
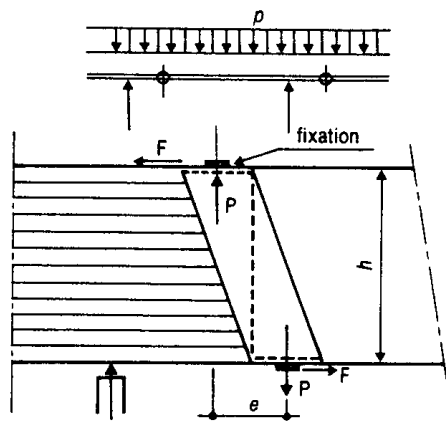


* Articulation pour poutre en cantilever

Ce type d'articulation doit reprendre:

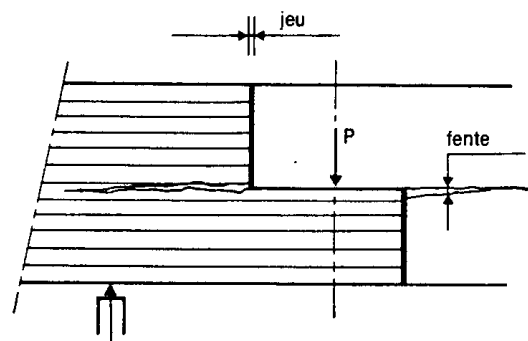
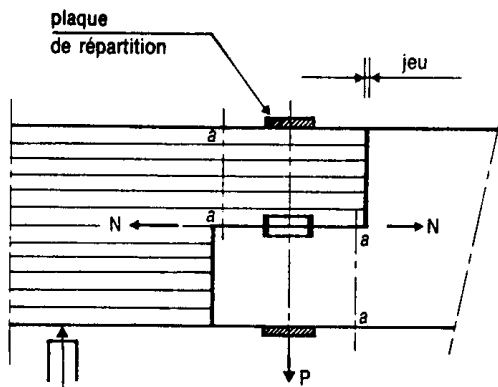
- soit un effort tranchant T ,
- avec un effort normal N de traction ou de compression.

On adoptera, de préférence, les solutions ci-après :



$$F = Pe$$

L'effort F doit être repris par l'assemblage.



6-3- Les encastremets :

Ce sont tous les assemblages qui assurent la continuité de 2 éléments. Ils doivent transmettre:

- un effort axial,
- un effort tranchant,
- un moment de flexion ou de torsion.

Ce sont, en particulier:

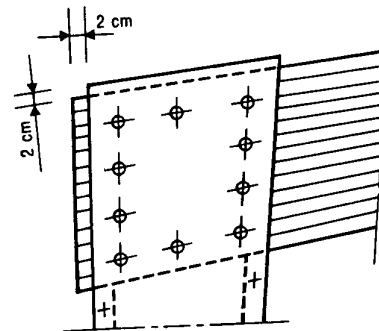
- les encastremets des poteaux sur les traverses,
- les joints de continuité.

6-3-1- Encastrement poteau - traverse

C'est un des plus délicats à réaliser car il met en opposition les fibres du bois et empêche le retrait transversal; c'est pourquoi il doit être utilisé le moins possible.

Dans certains cas, il est toutefois nécessaire d'y avoir recours. On essaiera alors de limiter les dimensions des pièces et les variations du taux d'humidité des bois.

- Hauteur maximale recommandée 100 cm
- Variation du taux d'humidité. $DH < 5\%$



6-4- Joints de continuité

Dans certains cas, pour permettre le transport dans des conditions plus favorables, il est nécessaire de couper un élément de grande longueur ou trop cintré en 2 ou 3 éléments. Il faut ensuite pouvoir reconstituer la pièce sur le chantier par un joint.

La réalisation de ce joint est délicate car si, théoriquement, on doit reconstituer l'inertie de la pièce, pratiquement, le problème devient vite irréalisable pour des pièces de grande inertie. Il est donc nécessaire de différencier dans quel cas on doit réaliser, soit une continuité intégrale, soit une fraction de cette continuité.

