

Université de Tlemcen
Faculté de technologie
Département d'architecture



LE LAMELLÉ-COLLÉ

Matière: Structures

Parcours: Master Architecture

Pr Mohammed Nabil Ouissi
ouissi_n@yahoo.fr

- **HISTORIQUE:**

Le lamellé-collé est la réunion de deux techniques anciennes : le collage et la lamellation. Il est bien connu que le collage remonte à des temps très reculés. C'est ainsi qu'en Haute Égypte, 4000 ans avant J.C., on réalisait des sièges à l'aide de colles fortes.

En 1905, un maître charpentier suisse, Otto Hetzer, dépose un brevet grâce auquel il substitue les boulons et étriers par une colle structurale (colle caséine). La charpente lamellé-collé était née. Vers les années 1940, la découverte de colles synthétiques de bonne tenue aux intempéries et au feu assure le développement de la charpente en bois lamellé-collé.

- **DÉFINITION:**

Le bois lamellé est un matériau de structure, composé à 97 % de bois massif.

Un élément en bois lamellé-collé est constitué de lamelles de bois superposées collées entre elles de telle sorte que leur fil soit parallèle. Les lamelles sont obtenues en aboutant plusieurs planches les unes à la suite des autres. La liaison entre les lamelles se fait à l'aide de colles dont les qualités mécaniques doivent être au moins égales à celles des lamelles de bois, de façon que l'ensemble se comporte comme une pièce massive.



- **DÉFINITION:**

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.



- **AVANTAGES:**

Le **bois ordinaire** ne peut se présenter que sous forme de pièces de section rectangulaire avec des **dimensions** commerciales usuelles **maximales 75 x 225 ou 100 x 300 mm** d'axe droit et de **longueur généralement limitée à 6, 10 m.**

Pour le bois lamellé-collé, on peut avoir des poutres droites ou courbes dont **la longueur n'est en pratique limitée que par les possibilités de transport** tandis que l'épaisseur peut atteindre de 20 à 30 cm et une largeur supérieure à 2 mètres n'est plus exceptionnelle.



- **AVANTAGES:**

- Force portante
- Stabilité dimensionnelle
- Rapidité de mise en œuvre
- Qualité des surfaces
- Poids réduit
- Facilité de réaliser de nombreux ensembles préfabriqués
- Multitude de formes
- Compacité et résistance élevée
- Polyvalence des conceptions architecturales

CARACTERISTIQUES:

- **Essences de bois**

Le **bois utilisé** doit avoir des **performances mécaniques qualifiées** adaptées à un rôle structurel dans la construction.

Les **essences de bois** les plus **utilisés en structure** sont des résineux: **sapin, l'épicéa, pin sylvestre, douglas, mélèze.**

D'autres essences, résineux ou feuillus, présentent les caractéristiques nécessaires et peuvent également être utilisées : western hemlock, pin laricio, pin noir d'Autriche, pin maritime, peuplier, pin radiata, épicéa de Sitka ou western red cedar.



sapin



épicéa



pin sylvestre



douglas

ETAPES DE FABRICATION:

- Réception et tri des bois
- Séchage si nécessaire et stabilisation
- Purge des lamelles
- Aboutage et mise à longueur
- Rabotage et encollage des lamelles
- Pressage et stabilisation sur banc ou presse
- Rabotage de finition
- Taille
- Finition / Préservation



CARACTERISTIQUES:

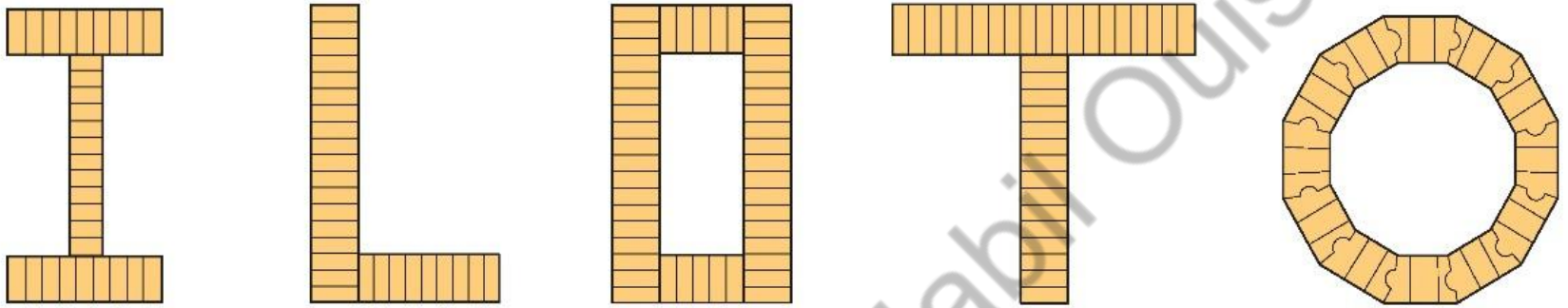
- **Dimensions et formes des éléments:**

Sans le problème du transport, les possibilités de formes et de transport sont illimitées. Le lamellé-collé se présente sous deux forme, les poutres et les dallages.

- **Poutres:**

Les possibilités de formes sont infinies. Les sections peuvent ainsi être **parallélépipédiques, ovoïdes, rondes**, en forme de **I**, de **T**, de **L** ou **creuses**, à **inertie constante ou variable**. La ligne directrice de la poutre peut être **droite, brisée, dédoublée** ou même **courbe**. La variation de ces différents paramètres donne sa forme à l'élément.

CARACTERISTIQUES:



Exemples de sections conçues à partir de sections rectangulaires composées de plusieurs éléments lamellés-collés.

- Dalles:

Peuvent être utilisées en plancher, en toiture, et même en mur.

CARACTERISTIQUES:

Pour les dimensions des éléments :

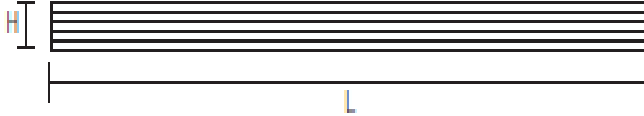

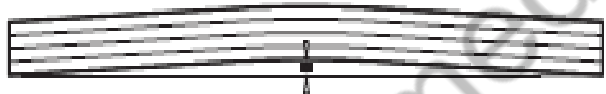
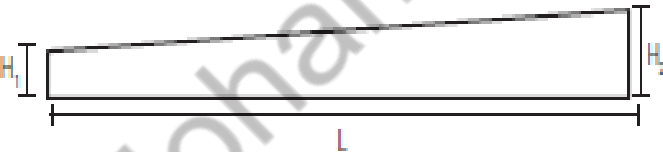
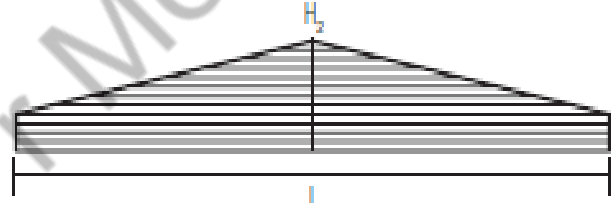
-Hauteur d'une poutre droite : multiple d'une épaisseur de lamelle de 45 mm, c'est-à-dire à 90, 135, 180, 225, 270, 315, etc.

-Hauteur d'une poutre courbe : multiple d'une épaisseur de lamelle de 33 mm, c'est-à-dire à 266, 300, 333, 366, etc. Lorsque le rayon de courbure est inférieur à 7 m, des lamelles plus fines sont nécessaires.

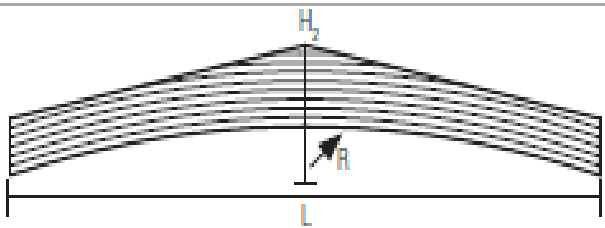
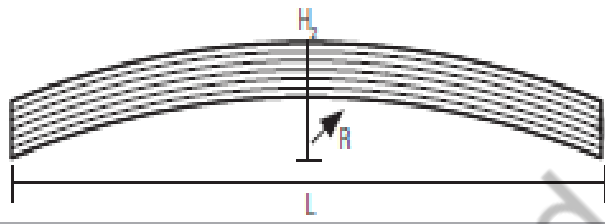
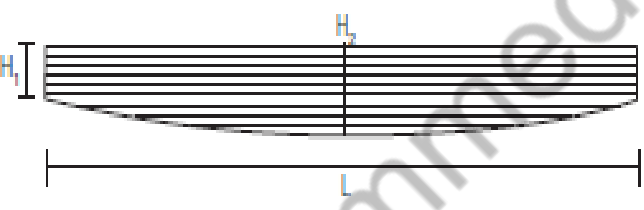
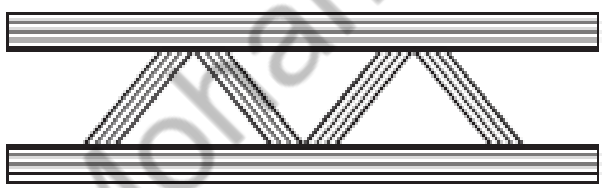

-Largeur maximale d'une poutre : Dépend de la disponibilité de lamelles larges. Cette largeur peut atteindre 225 mm, et même 260 mm dans des cas extrêmes.

-Longueur : Limitée uniquement par le transport.

TYPOLOGIE:

Bois lamellé-collé - pièces individuelles		Portée (m)	Largeur (mm)	Hauteur (mm)
Poutres parallèles		6 - 32,5	120 - 260	max. 2.000
Poutre jumelée		6 - 32,5	280 - 480	max. 2.000
Poutre avec contre-flèche		6 - 32,5	120 - 260	1.000 - 1.840 $L/300$
Support de toit à une seule pente		6 - 32,5	120 - 260	H_2 max. 2.000
Éléments droits à inertie variable		6 - 32,5	120 - 260	H_2 max. 2.000

TYPOLOGIE:

Bois lamellé-collé - pièces individuelles		Portée (m)	Largeur (mm)	Hauteur (mm)
Éléments cintrés à inertie variable		6 - 32,5	120 - 260	H_2 max. 4.500 $R \geq 8$ m $D^* = 4.000$
Éléments cintrés		6 - 32,5	120 - 260	H_2 max. 4.500 $R \geq 8$ m $D^* = 4.000$
Poutre lenticulaire		6 - 32,5	120 - 260	H_2 max. 2.000
Poutre treillis		15 - 50	120 - 260	1.000 - 1.840 $L/300$
Formes libres		6 - 32,5	120 - 260	$R \geq 8$ m $D^* = 400$

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.

LES ASSEMBLAGES:

- Les appuis simples

- Organes d'assemblages simples:



pointe annelée



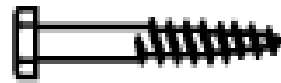
pointe torsadée



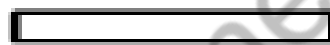
pointe lisse



aiguille



tire-fonds



broche

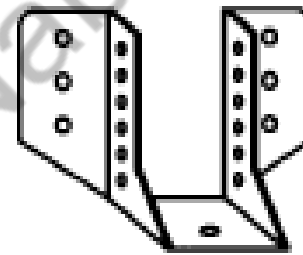


tige filetée aux extrémités

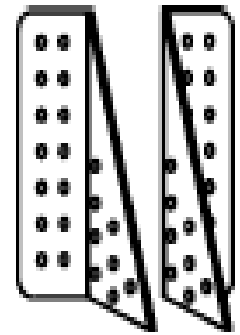


boulon

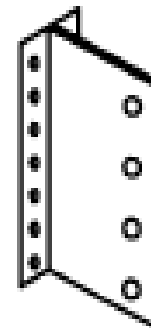
- Sabots et connecteurs:



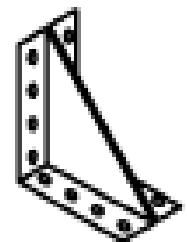
Sabot de solive



Pattes d'ancrage



Assemblage de poutres



Echantignolle

LES ASSEMBLAGES:

- 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.).

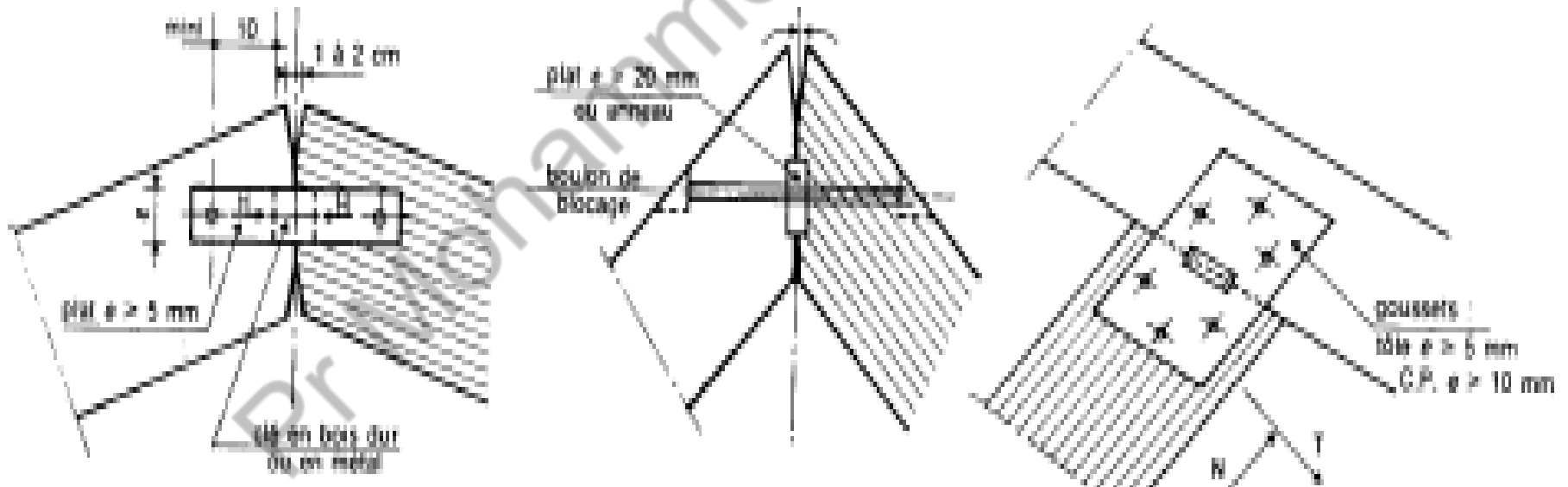
LES ASSEMBLAGES:

- Les articulations

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



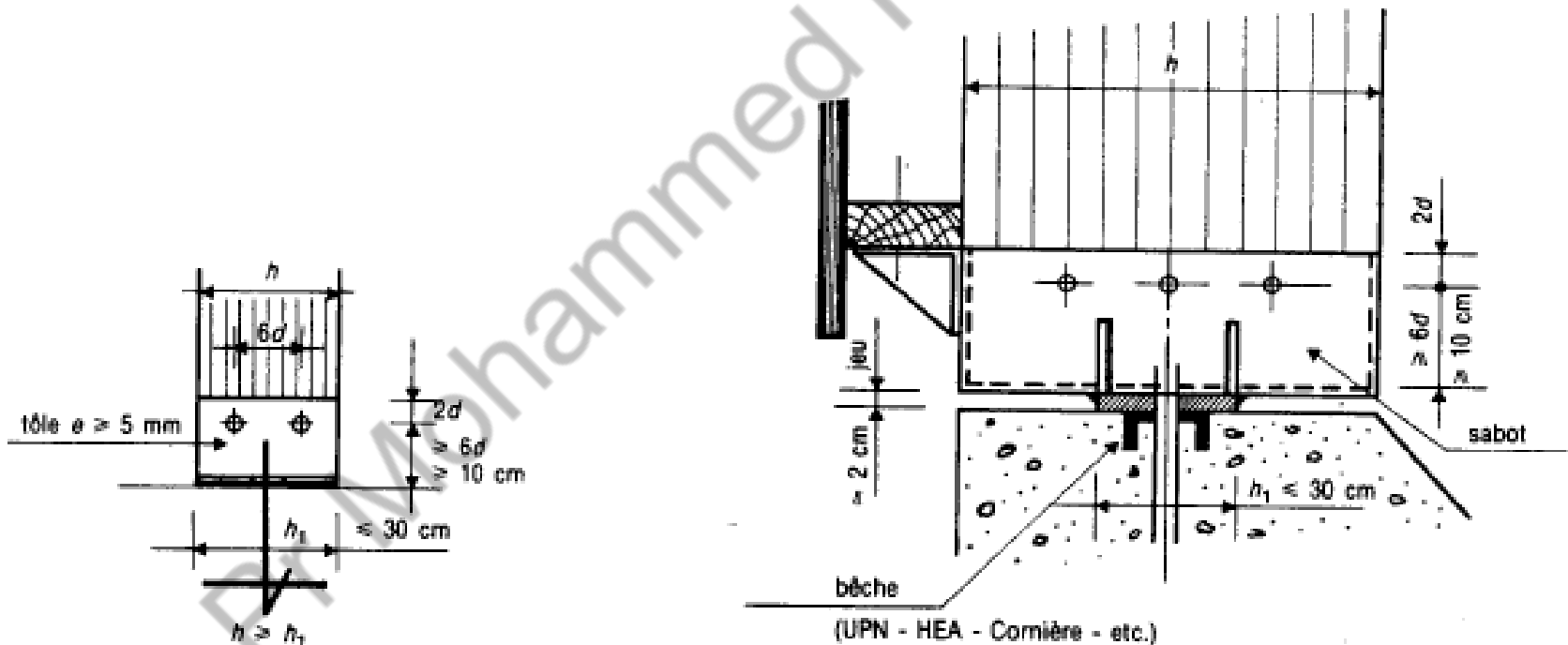
LES ASSEMBLAGES:

- Les articulations

- * Articulation en pied

L'articulation en pied doit pouvoir transmettre aux fondations:

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



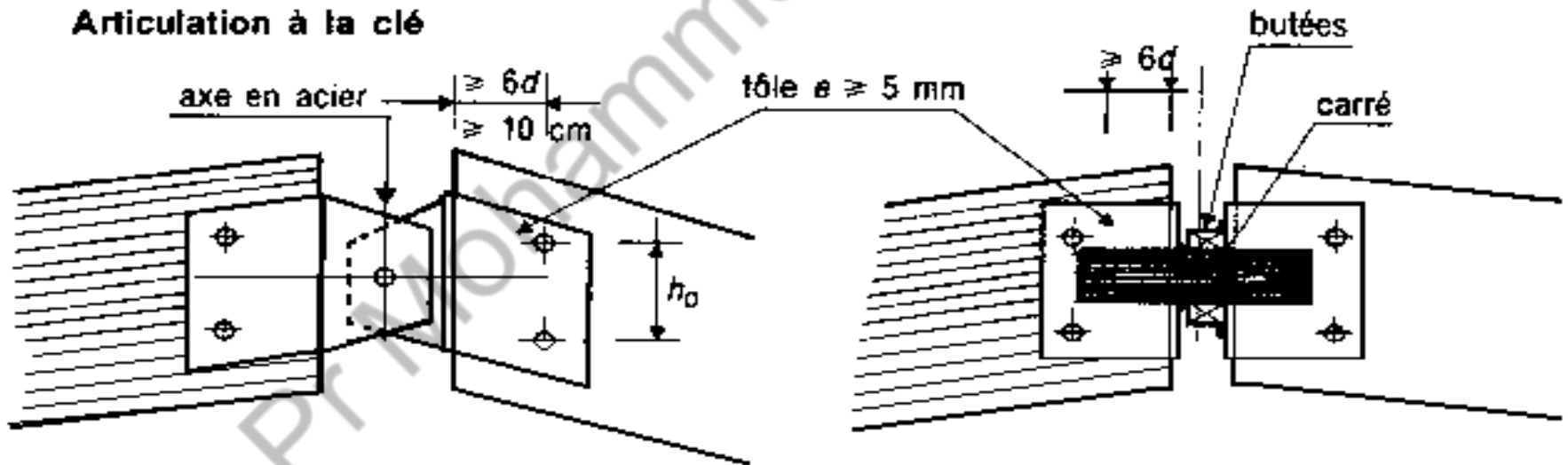
LES ASSEMBLAGES:

- Les articulations

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

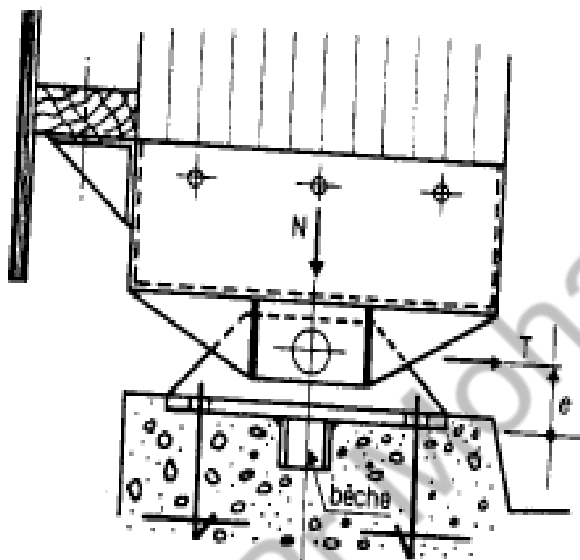


LES ASSEMBLAGES:

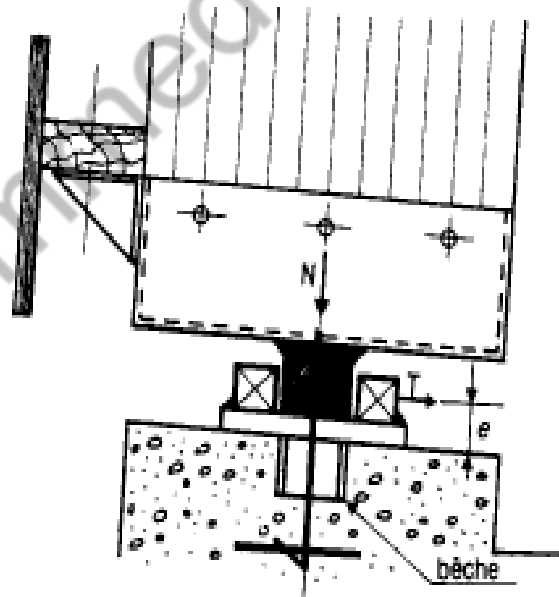
- Les articulations

- * Articulation en pied

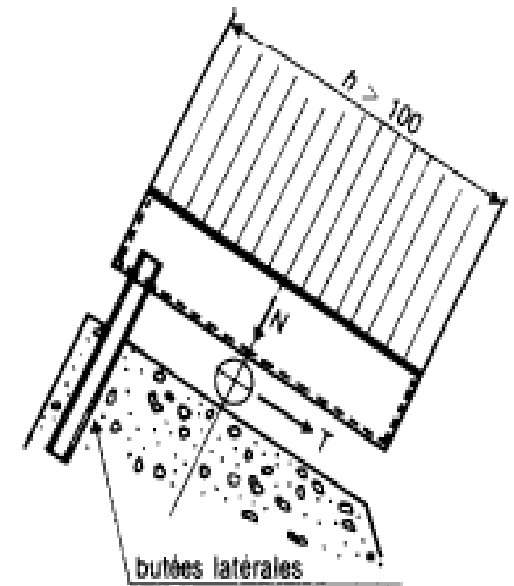
L'excentrement de l'axe par rapport aux plans de scellement introduit généralement des efforts secondaires dont il est nécessaire de tenir compte, en particulier sur les tiges de scellement.



Cas avec un axe



Cas avec un grain carré



LES ASSEMBLAGES:

- **Les articulations**

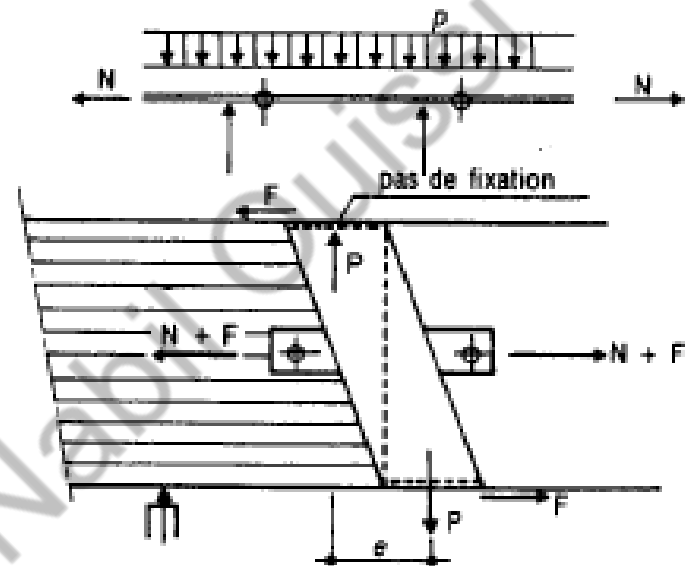
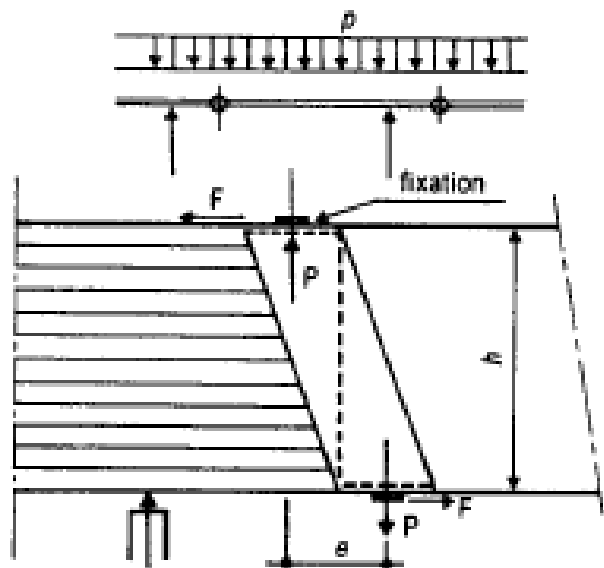
Dans le cas des ancrages avec une section importante ($h > 100$ cm), il est nécessaire de prévoir une butée latérale ancrée dans le massif en B.A. Ce cas n'est à envisager que s'il n'existe aucun élément de blocage latéral tel que pannes ou lisses. Dans tous les cas, il est nécessaire de prévoir un système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

- * **Articulation pour poutre en cantilever**

Ce type d'articulation doit reprendre:

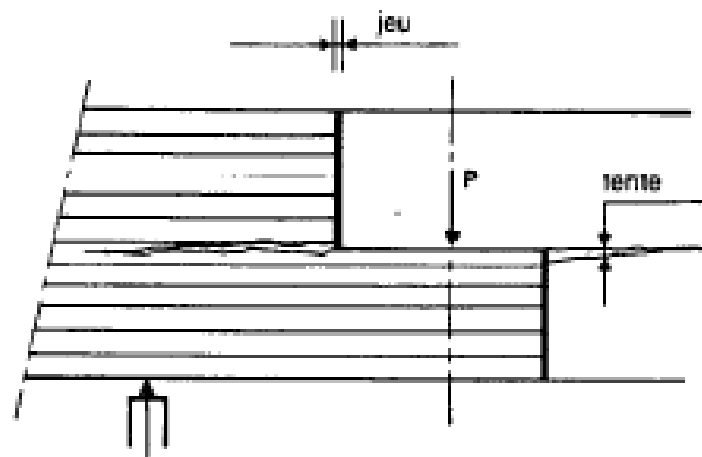
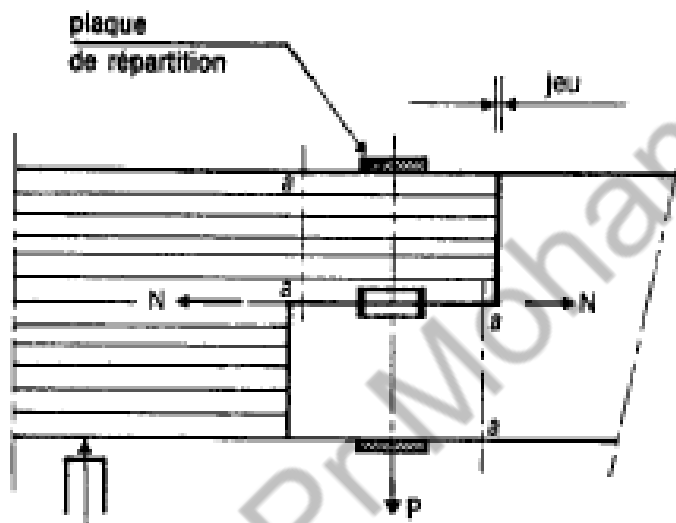
- soit un effort tranchant T ,
- avec un effort normal N de traction ou de compression.

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



$$F = Pe$$

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



LES ASSEMBLAGES:

- **Les encastremements :**

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

LES ASSEMBLAGES:

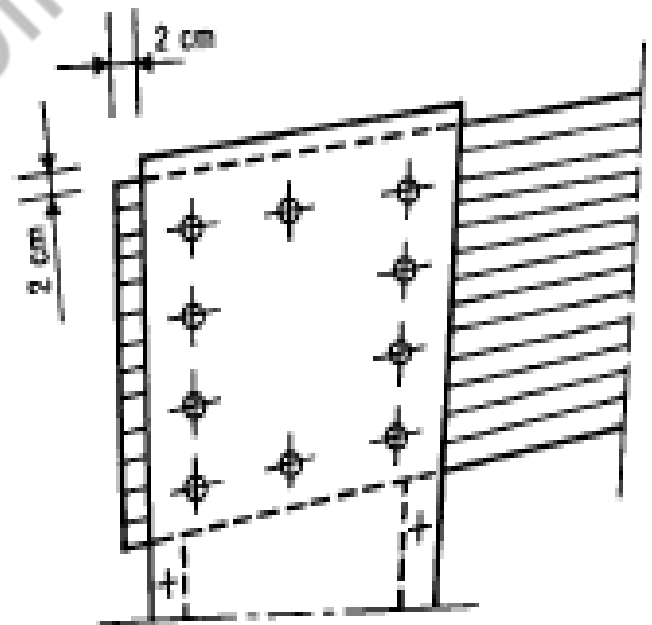
• Les encastremements :

* 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. $DH < 5\%$

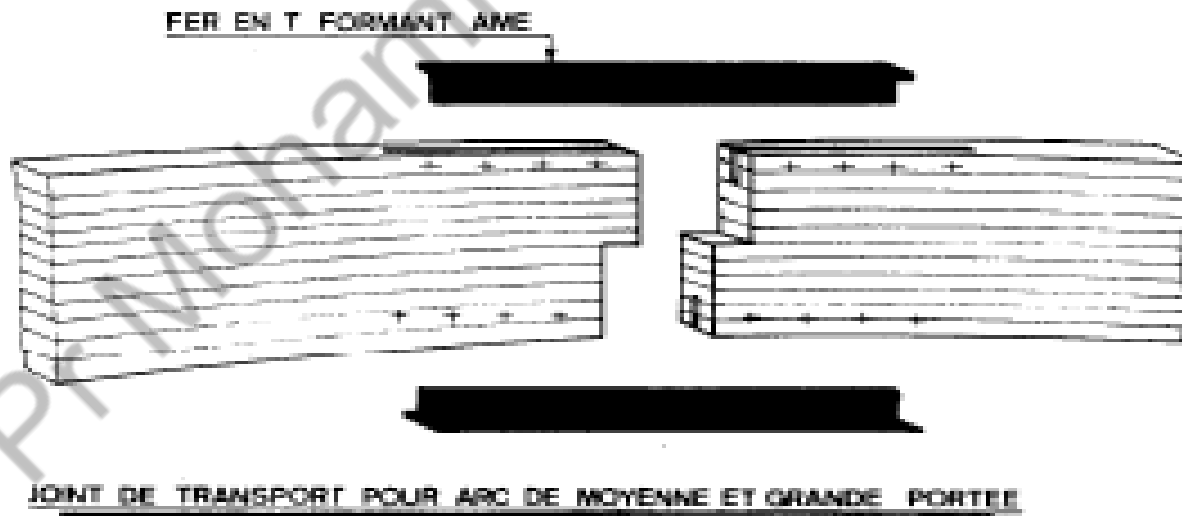


LES ASSEMBLAGES:

• Joints de continuité

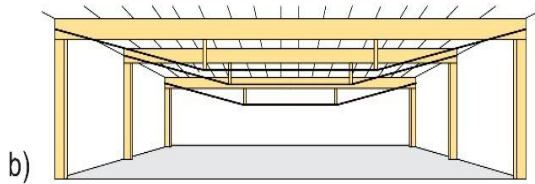
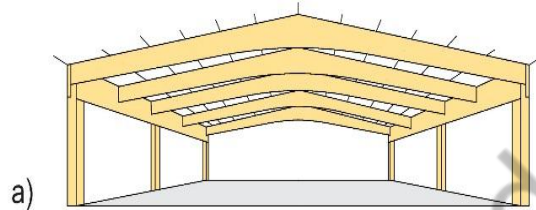
Dans certains cas, pour permettre le transport dans des conditions plus favorables, il est nécessaire de couper un élément de grande longueur ou trop cintré en 2 ou 3 éléments. Il faut ensuite pouvoir reconstituer la pièce sur le chantier par un joint.

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.



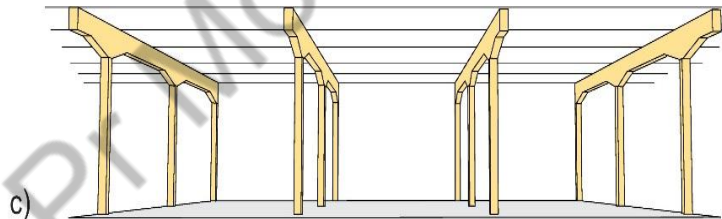
LES SYSTEMES STRUCTURAUX EN LAMELLE-COLLE :

Le choix du système structural est avant tout déterminé par la fonction du bâtiment, par des considérations d'ordre architectural (hauteur libre, contraintes relatives à la pente du toit, lumière naturelle, etc.) ainsi que par le coût.



• Systèmes poteaux-poutres

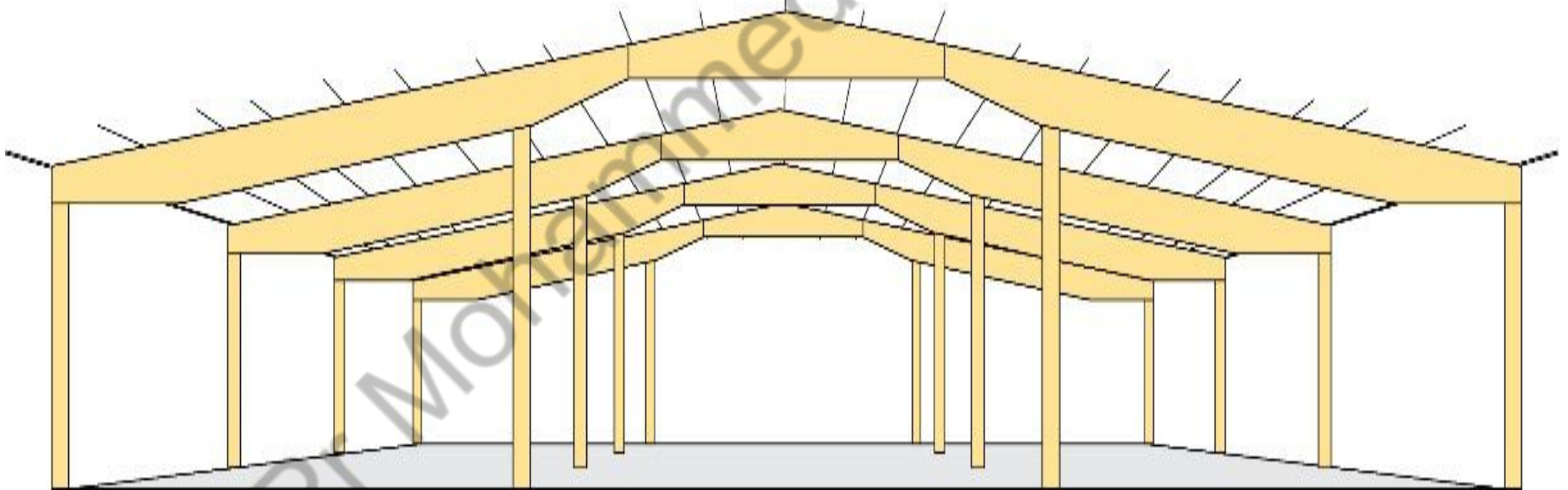
Les poutres sont en appui simple avec des sections variables pour les grandes portées.



LES SYSTEMES STRUCTURAUX EN LAMELLE-COLLE :

•Poutres continues

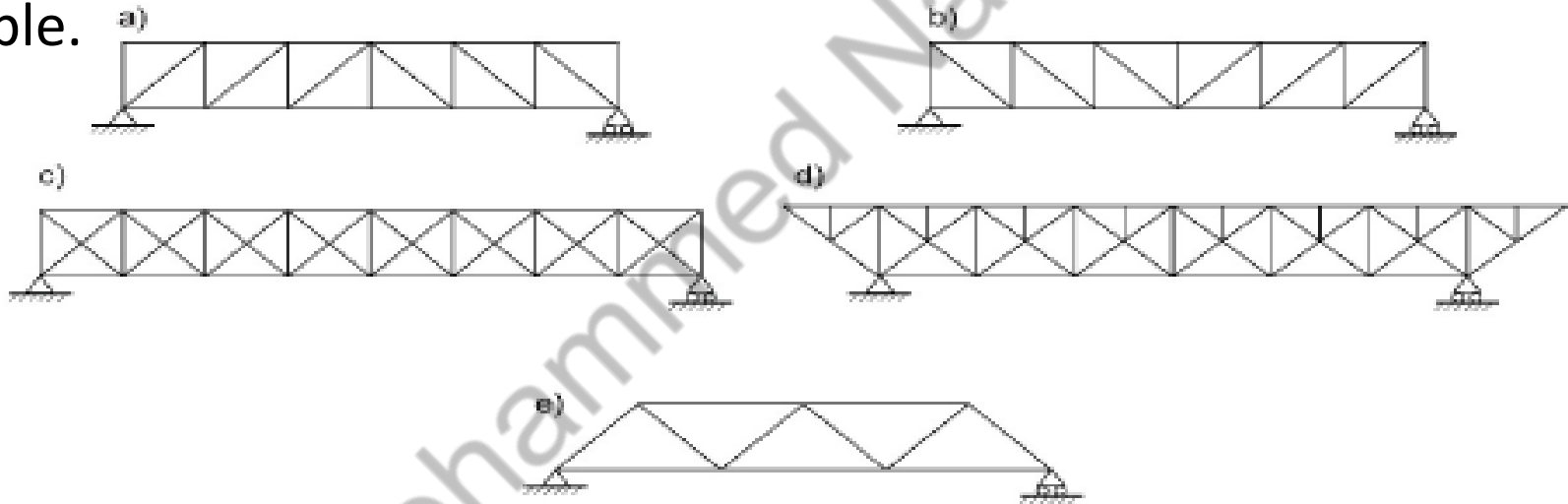
Les systèmes à poutres continues sont particulièrement adaptés aux structures porteuses primaires des toitures. Pour les structures secondaires, cependant, il est préférable d'utiliser des poutres en appui simple.



LES SYSTEMES STRUCTURAUX EN LAMELLE-COLLE :

•Poutres à treillis

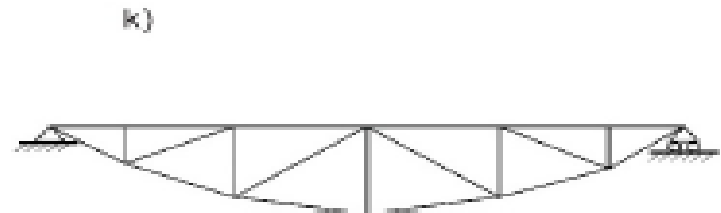
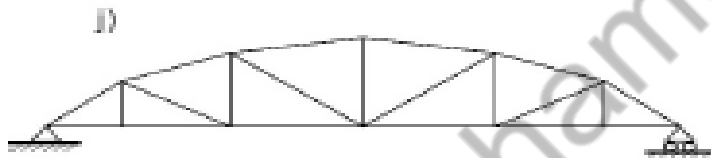
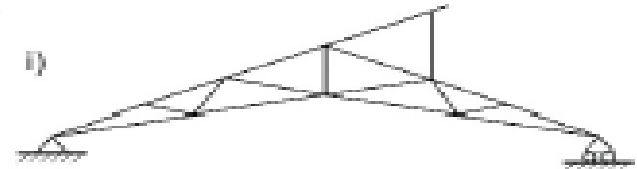
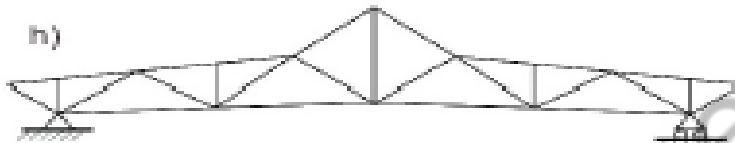
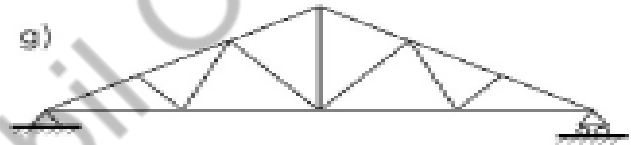
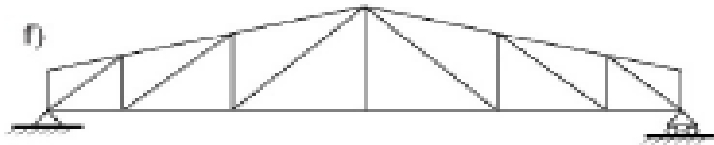
En cas de grande portée, lorsque les poutres massives s'avèrent trop lourdes et utilisent trop de matériau, certains types de poutres à treillis peuvent offrir une solution de remplacement viable.



Poutres à treillis supportant des charges verticales (poids mort, neige) au niveau de la membrure supérieure. (ae) Poutres à treillis parallèles : (a) diagonales comprimées, (b) diagonales tendues, (c) diagonales doubles ou (d) avec appuis supplémentaires au niveau de la membrure comprimée, (e) poutre à treillis parallèle avec diagonales comprimées et tendues – idéale en cas de nombre restreint d'assemblages.

LES SYSTEMES STRUCTURAUX EN LAMELLE-COLLE :

•Poutres à treillis

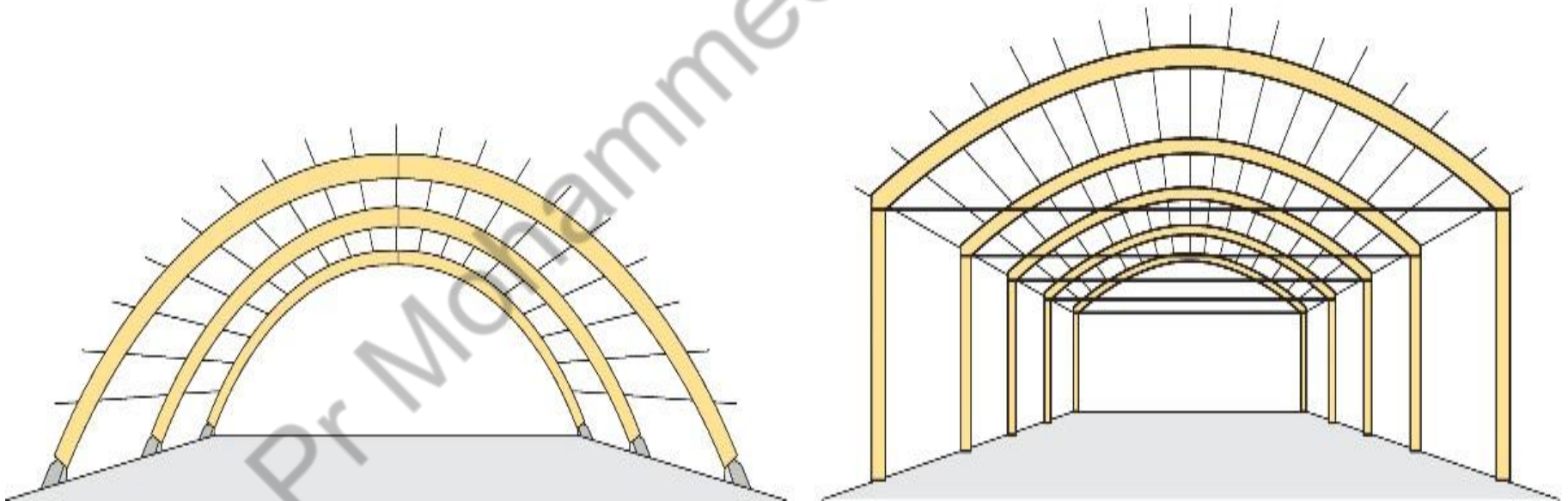


(f-g) Poutres à treillis triangulaires : (f) tronquée, (g) normale. (h-i) Poutres à treillis spécialement conçues pour laisser passer la lumière naturelle. (j-k) Poutres bow-string : (j) montants et diagonales avec force de traction ou très faible force de compression, (k) contrefiches verticales comprimées et diagonales tendues.

LES SYSTEMES STRUCTURAUX EN LAMELLE-COLLE :

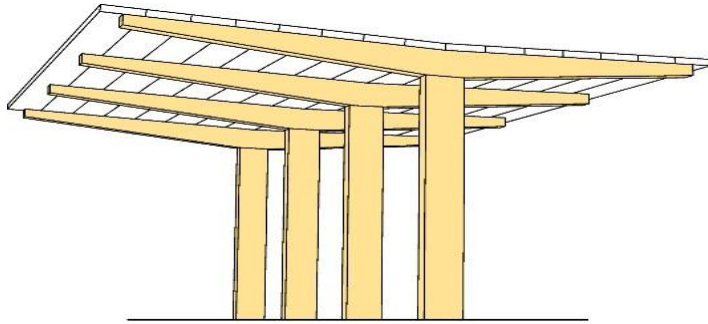
•Arcs

Parmi les arcs en bois lamellé-collé construits, certains ont une portée libre de plus de 100 m. Dans la pratique, les arcs circulaires sont probablement la forme la plus utilisée pour les petites portées. En cas de grandes portées en revanche, les arcs paraboliques peuvent s'avérer plus économiques.

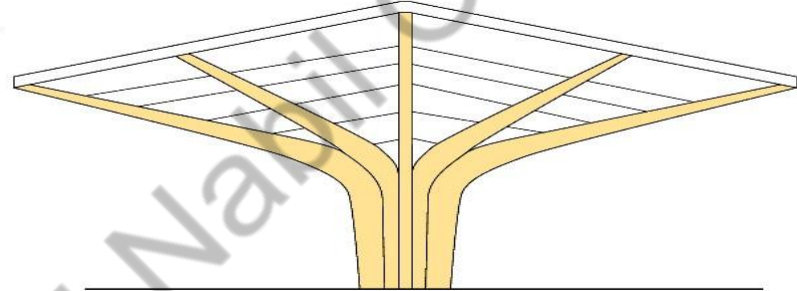


LES SYSTEMES STRUCTURAUX EN LAMELLE-COLLE :

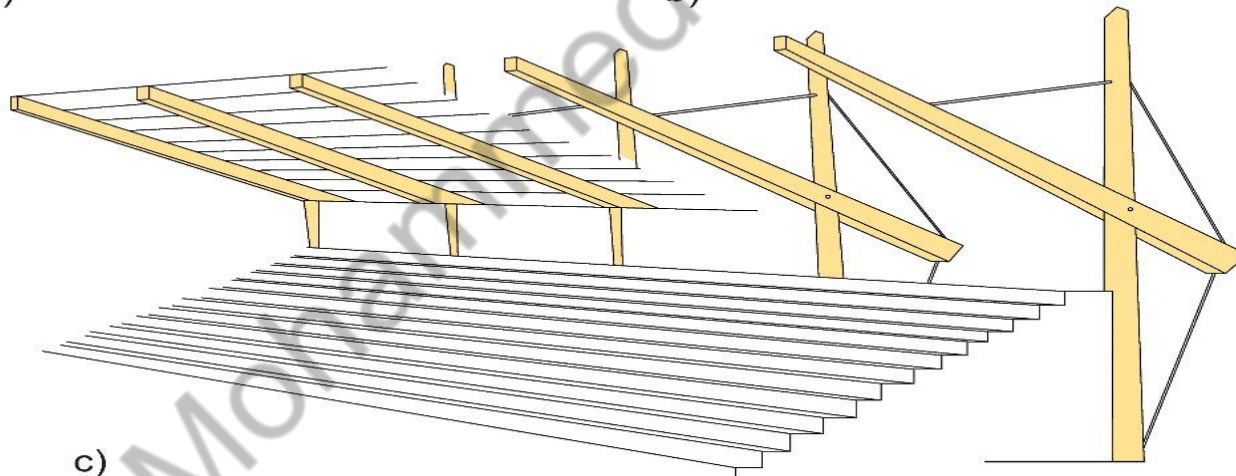
- Cantilevers



a)



b)



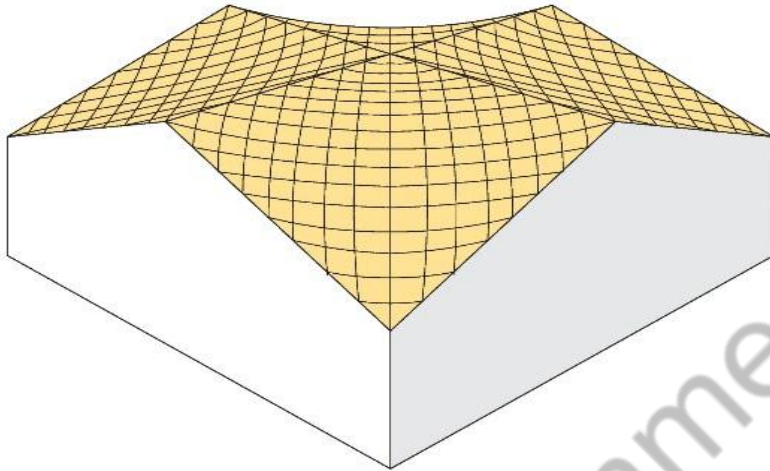
c)

(a,b) Toiture isolée avec poteaux encastrés, (c) tribune avec cantilevers à l'arrière

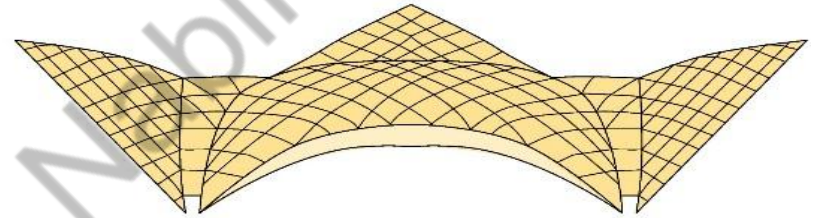
LES SYSTEMES STRUCTURAUX EN LAMELLE-COLLE :

- **Coques**

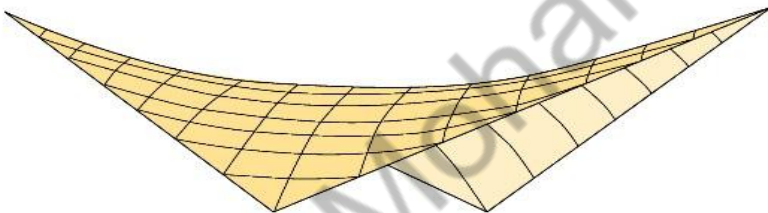
a)



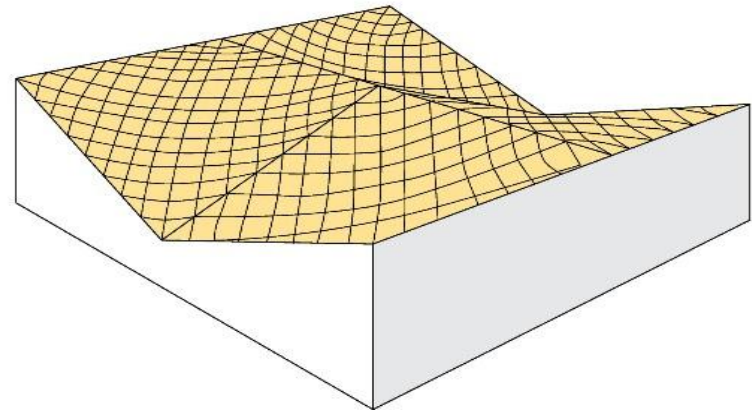
b)



c)



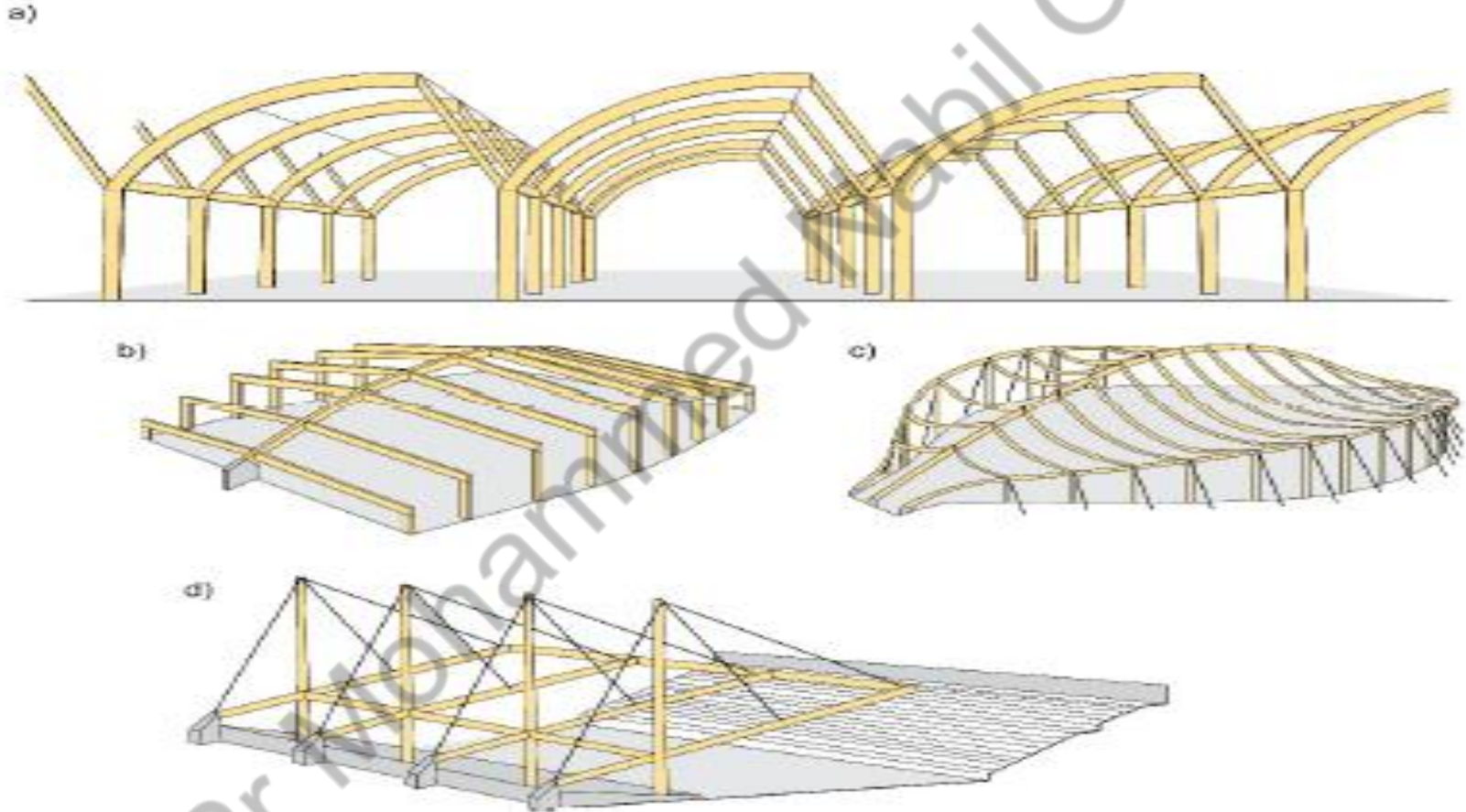
d)



(a, c, d) Paraboloïdes hyperboliques, (b) coques entrecroisées

LES SYSTEMES STRUCTURAUX EN LAMELLE-COLLE :

- Combinaison de différents systèmes



Systemes mixtes. (a) Toiture à redans, (b, c) combinaisons de poutres et d'arcs, (d) toiture haubanée