



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

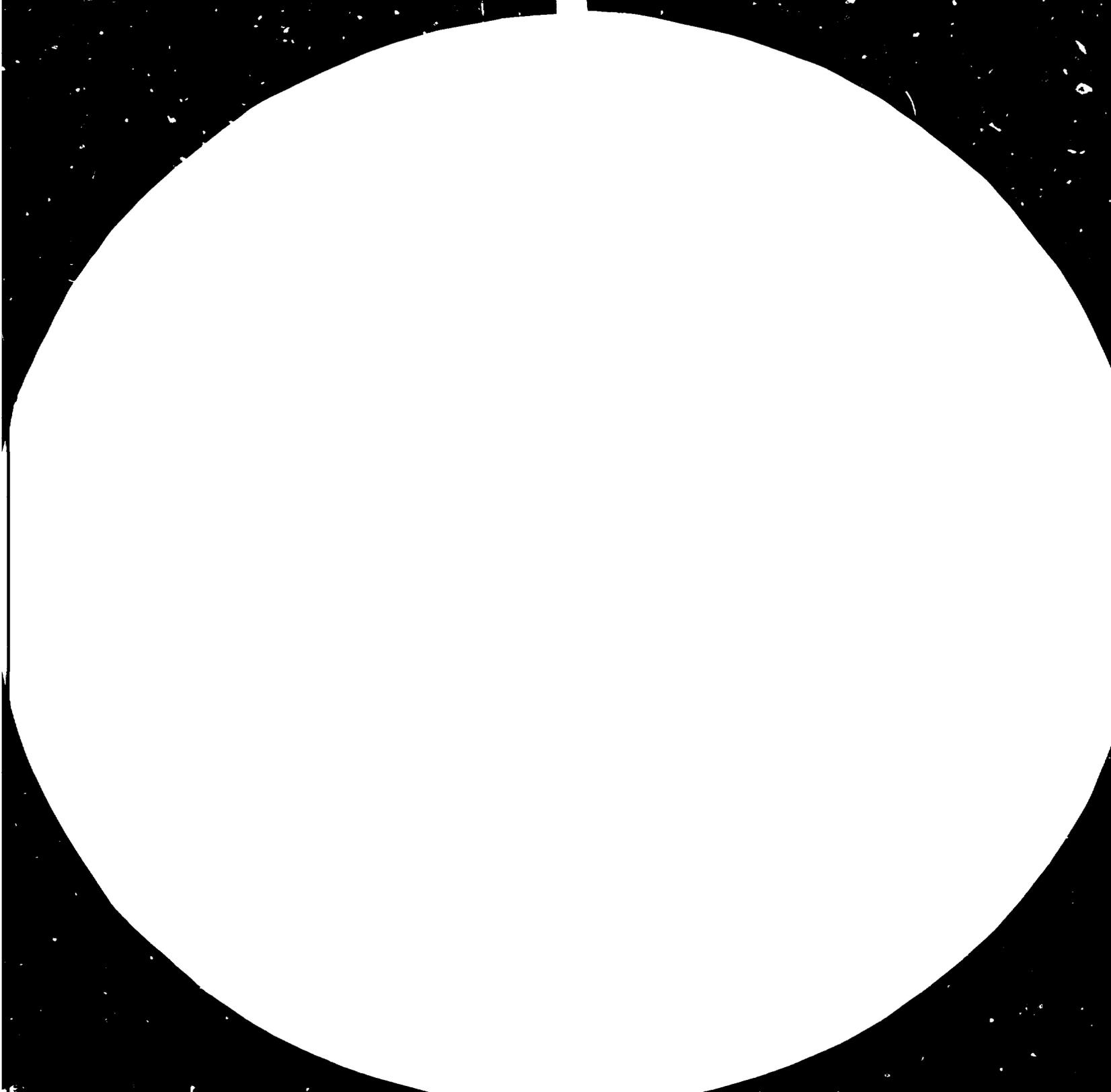
## FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)





3.2



3.6



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS-1963-A

Distr. ~~RESTREINTE~~

11581-F  
↑

DP/ID/SER.A/353

26 mars 1982

FRANCAIS

Original : ANGLAIS

MISE AU POINT DE NOUVEAUX PRODUITS EN BOIS

DP/KEN/77/007

KENYA

Rapport technique : Charpentes à fermettes\*

Etabli pour le Gouvernement kényen  
par l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel,  
agent d'exécution pour le compte du  
Programme des Nations Unies pour le développement

D'après les travaux de MM. C.R. Francis, chef de l'équipe de projet, et  
F. Sorensen, expert associé

11  
Organisation des Nations Unies pour le développement industriel  
Vienne

\* Traduction d'un document n'ayant pas fait l'objet d'une mise au point rédactionnelle.

V.82-25019

## TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
Introduction	( i )
Glossaire	(ii)
1. Création d'une industrie de charpentes à fermettes	1
2. Assemblages	3
3. Types de fermettes	3
4. Calcul des fermettes	11
5. Calcul et fabrication des plaques	13
6. Pointes	16
7. Bois	17
8. Géométrie de la fermette	18
9. Porte-à-faux	29
10. Enture de l'entrait	31
11. Organisation et plan de la fabrique	33
12. Personnel	36
13. Sciage des éléments de fermette	39
14. Manipulation, Mise en place, entretoisement	43
15. Transport	47
16. Interprétation des fiches de construction	49
Références	51
Annexe 1 - Fiches de construction	52
Annexe 2 - Plan de la fabrique, gabarits et griffes	67

## INTRODUCTION

Le présent rapport contient des recommandations concernant la conception, la fabrication et le montage de fermettes utilisées dans la construction de bâtiments d'habitation. Il ne s'agit pas de prescriptions codifiées, bien que ces recommandations soient en grande partie fondées sur des prescriptions en vigueur en Australie, au Canada et en Grande-Bretagne. Une fois qu'une industrie des charpentes à fermettes aura vu le jour dans un pays en développement, celui-ci pourra envisager l'élaboration de prescriptions codifiées nationales ou, le cas échéant, l'adoption, sous une forme modifiée ou non, de prescriptions empruntées à un pays développé.

Le rapport traite essentiellement des questions relatives à la fabrication des fermettes. Les fabricants éventuels sont censés connaître à fond l'industrie du bois; aussi n'insiste-t-on guère sur les problèmes posés par la sélection et la transformation du bois. Supposant par ailleurs que les fabricants n'auront pas une connaissance suffisante des techniques de construction, on n'entre pas dans les détails des méthodes utilisées pour le calcul des fermettes et donne simplement une liste des ouvrages techniques à consulter.

L'auteur a travaillé pendant de nombreuses années comme ingénieur dans une société qui, pionnier dans son pays de la construction de charpentes à fermettes, y a contribué à ce que cette technique jadis inconnue intervienne maintenant dans la construction de plus de 80 % des toitures de bâtiments d'habitation.

## GLOSSAIRE

La terminologie du bâtiment varie dans les différents pays du monde et quelques-uns des termes employés dans le présent rapport ne sont peut-être pas d'un usage courant. On trouvera ci-dessous les termes spécialisés utilisés dans le présent rapport ainsi que, entre parenthèses, leurs synonymes éventuels. D'autres termes techniques sont définis ou précisés dans le texte.

Arbalétrier (membrure supérieure) : le membre supérieur incliné d'une ferme.

Contre-fiche, lien (membrure d'âme) : membres intérieurs d'une ferme qui sont assujettis principalement à des contraintes de compression ou de traction.

Entrait (membrure inférieure) : le membre inférieur, généralement horizontal d'une ferme.

Noeud (joint de ferme) : intersection de deux ou plusieurs membres d'une ferme.

Poutres planes (construction en ...) : ferme dont tous les membres sont d'égale épaisseur et se trouvent dans le même plan.

## 1. CREATION D'UNE INDUSTRIE DE CHARPENTES A FERMETTES

Les toitures construites selon les méthodes traditionnelles se composent de chevrons supportés par des parures, contre-fiches, entrants retroussés, etc., qui sont tous coupés à dimension et montés à pied d'oeuvre. Ce travail hautement qualifié prend beaucoup de temps. Les fermes de comble préfabriquées remplissent les mêmes fonctions et peuvent être rapidement mises en place à l'aide d'une main-d'oeuvre bien moins qualifiée. On économise ainsi près de 30 % du bois et réduit aussi sensiblement les risques de vol sur le chantier.

Le principe de l'utilisation de fermes de comble supportant la toiture est très ancien, mais ce n'est que depuis 20 ou 30 ans que l'emploi de fermes peu espacées s'est généralisé dans la construction d'habitation. Les raisons de cette évolution sont multiples, certaines sont d'ordre technique, d'autres d'ordre économique. Le renchérissement des travaux de chantier et l'acceptation générale des constructions préfabriquées ont stimulé vigoureusement la mise au point de charpentes à fermettes convenant à des bâtiments relativement petits, et surtout des bâtiments d'habitation.

Le terme "fermette" s'entend d'une ferme de comble légère dont la membrure supérieure remplit les mêmes fonctions qu'un chevron dans les constructions assemblées et dont la membrure inférieure supporte directement le revêtement de plafond. L'espacement des fermettes est assez faible et se situe en général aux alentours d'un mètre, avec des extrêmes allant de 600 mm à 1 200 mm (voire occasionnellement 1 800 mm). Si l'espacement est plus grand, les charges constituées par les fermes doivent être spécialement prises en considération dans la construction des murs et il est préférable de parler alors de "fermes de comble".

Dans le présent rapport, le terme "fermette" est souvent remplacé par le terme "ferme" lorsqu'il n'y a pas de risque de confusion. Au fil des années, une multiplicité d'assemblages et de formes de fermettes ont été essayés dans divers pays, et les systèmes ayant donné les meilleurs résultats ont des caractéristiques assez semblables.

On a relevé notamment les éléments communs suivants :

1. Dans les limites de la gamme normale de portées et de pentes, toutes les fermettes sont fabriquées selon des modèles préalablement établis, si bien que ni l'architecte, ni le maître d'oeuvre, ni le fabricant n'ont besoin de conseils techniques spécialisés.

2. Les fermettes sont en poutres planes, c'est-à-dire composées de membres d'égale épaisseur, ce qui simplifie la mise en place et par la suite les opérations d'assemblage de la charpente, ainsi que de pose de la couverture et des revêtements.

3. Pour assurer la solidité et la rigidité des assemblages on utilise des plaques ressemblant à des goussets qui sont faciles à employer. Par rapport aux constructions utilisant des joints à recouvrement cloués ou boulonnés, on réduit ainsi au minimum la section des membrures d'âme qui doivent uniquement accueillir le nombre nécessaire d'assemblages.

4. La fabrication se fait en usine, à l'aide de gabarits, ce qui garantit le respect des cotes et la régularité des formes.

On trouvera dans le présent rapport les informations nécessaires pour fabriquer une gamme élémentaire de fermettes permettant de construire la plupart des toits à pignons de bâtiments d'habitation ou similaires.

## 2. ASSEMBLAGES

On utilise couramment différents types d'assemblages à gousset qui permettent tous, dans les conditions techniques et économiques voulues de fabriquer des charpentes à fermettes convenables.

### Goussets en contre-plaqué cloués

Des pièces de contre-plaqué ayant la forme voulue sont clouées des deux côtés du joint. On utilise du contreplaqué de type "extérieur" et collé avec un adhésif à l'épreuve des intempéries. Sous l'effet des hautes températures relevées sous les combles, les adhésifs de type "intérieur" peuvent s'hydrolyser relativement vite. Les charges se transmettent par l'intermédiaire des pointes qui doivent donc être correctement espacées les unes des autres et par rapport aux bords et extrémités du bois. Atteindre régulièrement cet objectif peut être difficile à moins que l'on indique la disposition des pointes sur les goussets et que l'on applique des méthodes rigoureuses de contrôle.

L'investissement requis est relativement modeste et une proportion assez forte de la main-d'oeuvre employée est non qualifiée.

### Goussets en contre-plaqué cloués et collés

Ce système ressemble beaucoup au précédent, mais les goussets sont collés sur les membres de la ferme avec un adhésif résistant aux intempéries. Les pointes ne servent qu'à appliquer une pression sur la couche de colle pendant que celle-ci prend. La capacité de transfert de cisaillement d'un joint bien collé est grande et on peut utiliser des goussets relativement petits et relativement peu de pointes. Cependant, le collage d'éléments de construction est une opération délicate et le bois doit être sec (taux d'humidité égal ou inférieur à 15 %) et fraîchement raboté. Tous les membres de la ferme doivent être d'épaisseur égale, dans les limites étroites. Il en va ainsi pour tous les assemblages renforcés par des goussets, mais le collage n'admet que des tolérances bien plus petites que la plupart des systèmes de fixation mécanique. La durée d'utilisation d'adhésifs convenables est raccourcie par les températures élevées et ce système ne se prête donc peut-être pas à l'emploi dans les pays tropicaux. En utilisant des goussets d'une taille suffisante, on obtient pour des dimensions de bois déterminées les fermettes les plus solides et les plus rigides.

### Plaques en acier clouées

Il s'agit de plaques en acier galvanisé d'environ 1 mm d'épaisseur qui sont prépointonnées pour assurer l'espacement correct des pointes. On fabrique des plaques de différentes tailles et différentes formes. Les pointes qui sont enfoncées dans les membres de ferme à travers ces trous ont les mêmes caractéristiques que les pointes utilisées pour clouer des goussets en contre-plaqué. Etant donné que les pointes glissent mieux quand on les cloue passées au travers d'une plaque en acier, il en faut 20 % de moins que pour les goussets en contre-plaqué.

Les plaques sont perforées dans un atelier d'articles métalliques à l'aide de matrices relativement simples. L'emploi de machines de haute précision ne s'impose pas.

Les observations relatives à l'investissement et à la main-d'oeuvre nécessaires faites à propos des goussets en contre-plaqué, s'appliquent également aux plaques en acier.

### Plaques dentées

On fabrique par emboutissage de nombreux modèles de plaques d'acier portant des dents en saillie disposées de différentes façons. De tous les dispositifs de fixation mécanique, ces plaques donnent les assemblages les plus rigides et, partant, les fermes les plus solides. Ces plaques ont différents aspects en commun :

La fabrication se fait à l'aide de matrices coûteuses et sur des presses de précision dotées de mécanismes d'alimentation élaborés :

Les plaques ne peuvent être fixées sur le bois qu'à l'aide de presses coûteuses à plusieurs étages ou à plusieurs rouleaux, ou à l'aide de presses hydrauliques mobiles plus petites mais toujours coûteuses.

La fabrication de fermettes repose sur l'utilisation de plaques dentées dans la plupart des pays industrialisés où la fabrication de ces plaques ne pose aucun problème particulier et où la grande demande de fermes peut justifier les investissements considérables qu'exigent les installations de production nécessaires.

Il existe plusieurs types de plaques dentées, qui peuvent être dans certaines conditions fixées à l'aide d'outils à main, mais leur fabrication est tout aussi complexe que celle des autres plaques et leur rigidité est moins élevée.

Les caractéristiques des différents assemblages dont il est question ci-dessus sont récapitulées au tableau 1.

Contre-plaqué cloué	F	F	M	B	B	B	B	E	B
Contre-plaqué collé	F	D	E	E	M	M	E	E	E
Plaque clouée	M	F	B	M	B	B	3	3	B
Plaque dentée	D	F	B	E	E	B	E	E	B

Abréviations : F facile

D difficile

E élevé

M moyen

B bas

Tableau 1 - Comparaison des assemblages de fermettes

Fabrication des plaques

Facilité du montage

Contrôle de la qualité nécessaire

Rigidité du joint

Investissement nécessaire pour la fabrique de fermettes

Niveau de qualification nécessaire à la fabrication

Qualité des matériaux utilisés pour les goussets

Qualité du bois (précision dimensionnelle, taux d'humidité)

	Fabrication des plaques	Facilité de montage	Contrôle de la qualité nécessaire	Rigidité du joint	Investissement nécessaire pour la fabrique de fermes	Niveau de qualification nécessaire à la fabrication	Qualité des matériaux utilisés pour les goussets	Qualité du bois	
Contre-plaqué cloué	3	3	1	1	3	3	1	3	18
Contre-plaqué collé	3	1	1	3	2	2	1	1	14
Plaque clouée	2	3	3	2	3	3	3	3	21
Plaque dentée	1	3	3	3	1	3	1	3	18

Tableau 2 - Evaluation des assemblages de fermettes

3 = bon

2 = moyen

1 = mauvais

Si l'on distribue des points d'une manière arbitraire - 3 lorsqu'une propriété est jugée bonne et 1 lorsqu'elle est jugée mauvaise - on obtient pour les caractéristiques comparées au tableau 2 des totaux allant de 8 à 24. Ces jugements sont subjectifs et reflètent l'opinion de l'auteur quant à ce qui est bon et ce qui n'est pas bon dans un pays en développement. Dans d'autres conditions, ces appréciations pourraient changer; par exemple, lorsqu'il est facile de se procurer du contre-plaqué "extérieur" et du bois sec raboté, les chiffres figurant aux colonnes 7 et 8 seraient tout à fait différents.

Choix d'un système d'assemblage

De l'avis de l'auteur, le système des plaques clouées convient le mieux aux pays en développement où il faut créer un marché des charpentes à fermettes. La fabrication de plaques et de fermes n'exige que peu de capitaux et les nombreux pays en développement qui possèdent déjà une industrie transformatrice des métaux légère et d'un niveau technologique moyen, disposent ainsi fort probablement déjà des moyens nécessaires pour fabriquer ces plaques et les matrices relativement simples. Etant donné le grand nombre de pointes à enfoncer à la main, la productivité ne sera pas élevée, mais une fois que la capacité de plusieurs installations fabriquant des plaques clouées sera pleinement utilisée, le pays pourra sans doute faire un nouveau pas et entreprendre la fabrication de plaques d'assemblages dentées. A ce stade, les charpentes à fermettes auront été acceptées et fabriquées par un certain nombre d'entreprises qualifiées, si bien que les capitaux investis dans la fabrication de plaques et de fermes pourront être immédiatement rentabilisés, sans qu'il faille au préalable développer le marché.

### 3. TYPES DE FERMETTES

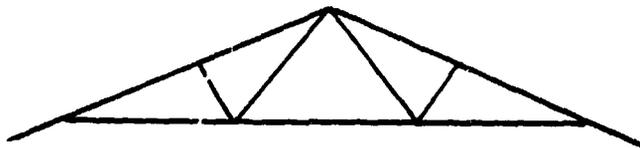
Dans les fermes de combles à pignon, de nombreux systèmes de disposition des membrures d'âme sont concevables et la plupart en ont déjà été utilisés. Certains de ces systèmes ont une appellation particulière. On trouvera ci-après les descriptions des types le plus souvent employés dans la fabrication de fermettes :

#### 1. Ferme simple ou à un poinçon



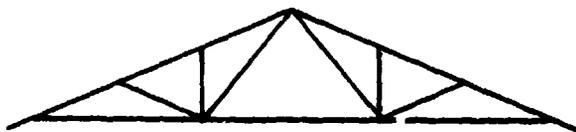
Cette disposition convient à des pentes faibles et à des portées allant jusqu'à quatre ou cinq mètres. Passé cette limite, la flèche de l'arbalétrier et de l'entrait devient excessive.

#### 2. Ferme en W



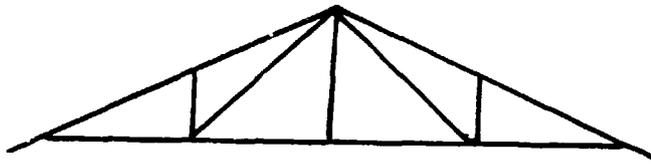
Il s'agit là probablement de la ferme dont l'utilisation est la plus répandue. Les arbalétriers sont supportés à des points qui les divisent en quatre parties égales et les entrails à des points qui les divisent en trois parties égales. En employant des arbalétriers et des entrails de dimensions égales, on obtient un équilibre satisfaisant entre les charges de toiture et de plafond, d'une part, et l'effort de flexion et les contraintes directes dans le bois, d'autre part. En général, la portée de ces fermes va de 6 à 9 mètres ce qui permet de pourvoir à la plupart des besoins en matière de construction de bâtiments d'habitation.

#### 3. Ferme double (à deux poinçons)



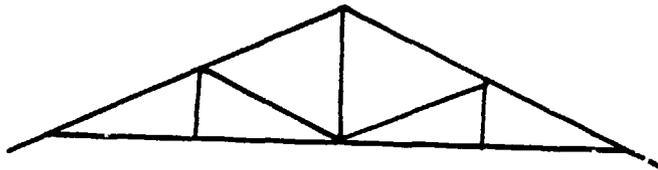
Cet agencement qui réduit la portée des éléments d'arbalétrier par rapport à celle des éléments de plafond convient aux cas où une épaisse couche de neige impose une lourde surcharge à des toitures à couverture lourde (tuiles ou ardoises, par exemple).

4. Ferme à liens et à poinçons



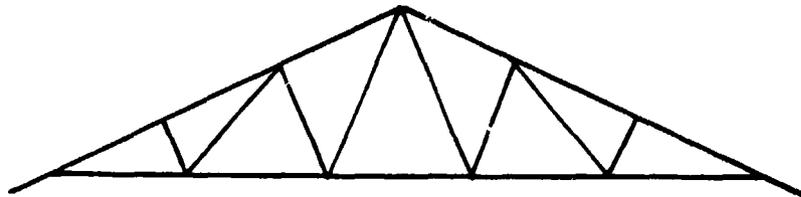
A moins que des charges de plafond élevées ou un plafond très rigide ne l'exigent, cet agencement n'est guère utilisé. Ce type de ferme peut être aussi utilisé comme poutre triangulée d'une croupe de combles où les fermes côtières viennent se fixer sur le poinçon ou dans un bâtiment en "T".

5. Ferme à contre-fiches et à poinçons



Dans ce modèle les liens intérieurs longs sont remplacés par des membrures comprimées plus courtes. En assemblage plan, ni les fermes à liens et à poinçons, ni les fermes à contre-fiches et à poinçons ne présentent d'avantage particulier.

6. Ferme belge

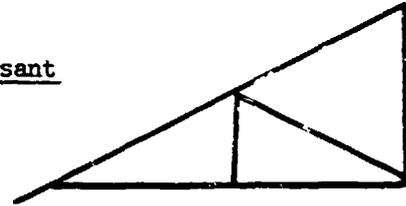


Cet agencement est aussi largement utilisé pour les fermes à treillis de plus grande portée. Avec une portée de 8 à 11 m pour les couvertures lourdes et de 9 à 12 m pour les couvertures légères, la ferme belge remplace la ferme en W, tout en utilisant du bois des mêmes débits.

### Formes spéciales

Les fermettes ne conviennent pas seulement aux toits à pignon, mais peuvent supporter des toits de n'importe quelle forme.

7. Ferme triangulaire simple pour toiture à un versant



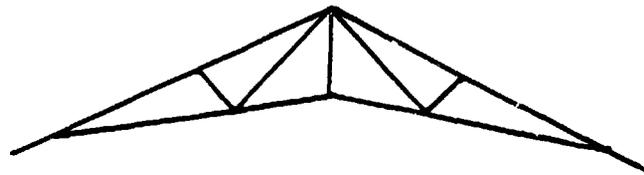
Ce modèle de ferme est utilisé pour les toitures à redents ou comme empannou à un plan de comble.

8. Ferme de toiture avec faîte surélevé



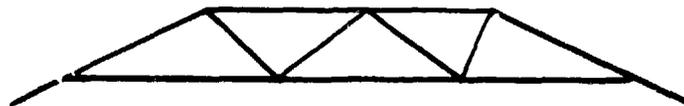
Des toitures de cette forme peuvent s'imposer pour des raisons architecturales. En principe, tous les éléments devraient s'articuler aux noeuds d'assemblage mais dans la pratique, l'arbalétrier du faîte surélevé peut être fixé à n'importe quel endroit à l'arbalétrier central, comme le montre le deuxième dessin, et la ferme principale peut être fabriquée selon le procédé normal et à l'aide des tableaux de débitage type, ce qui permet de faire des économies.

9. Ferme à entrain brisé



Cet agencement peut être nécessaire dans un bâtiment à plafond incliné.

10. Ferme en treillis



Cette forme est souvent utilisée dans les toits à pignon à forte pente.

Toutes ces fermes doivent être spécialement étudiées par des ingénieurs ayant une bonne connaissance du calcul et de la fabrication de fermettes.

Le présent rapport ne traite que des fermettes en W et des fermettes belges qui, estime-t-on, permettent de pourvoir à tous les besoins courants, étant entendu qu'aucune surcharge de neige ne doit être prise en compte dans les pays tropicaux.

#### 4. CALCUL DES FERMETTES

Pour calculer des fermes triangulées on suppose généralement que leurs assemblages sont boulonnés et leurs membres discontinus. Il n'en va pas de même pour les fermettes, dont l'arbalétrier et l'entrait sont continus et les assemblages plus ou moins rigides en sorte que l'application directe des principes ci-dessus donne des valeurs de calcul trop élevées et des modèles de fermettes peu économiques. Le rapprochement des fermettes contribue en plus à la solidité générale de la toiture. Les supports de toiture et de plafond et les contreventements assurent une répartition convenable des charges dans la charpente si bien que les charges reposant sur une ferme flexible ou faible peuvent être en grande partie supportées par les fermes voisines.

Ces faits ont été mis en évidence par un très grand nombre d'essais en laboratoire, en usine ou en cours d'emploi réalisés dans le monde tout entier.

Une analyse exacte est possible, mais le degré élevé de redondance d'une ferme à membres semi-rigides continus la rend très complexe. Un programme machine a été élaboré (1)<sup>1/</sup>, mais même ainsi, les données nécessaires sur la rigidité des assemblages ne sont souvent pas disponibles.

Des méthodes semi-empiriques sont généralement utilisées et largement acceptées. Des méthodes de calcul ont été publiées par l'Organisme britannique de normalisation et le Truss Plate Institute (2, 3).

Les conditions de calcul des assemblages sont récapitulées dans des publications éditées par les deux organismes susmentionnés ainsi que par les associations australienne et canadienne de normalisation, qui reconnaissent tous les problèmes posés par une analyse exacte et admettent la conception de fermes sur la base d'essais de prototypes (4, 5).

En ce qui concerne le calcul des fermettes, quelques points sont à signaler.

Les assemblages inférieurs d'une ferme d'un toit à pignon sont exposés à une force rotationnelle considérable, ce dont il faut tenir compte en réduisant de 15 % la charge unitaire par pointe ou par dent. On trouvera dans la norme AS 1720 un tableau détaillé des facteurs à prendre en compte dans ces conditions.

---

<sup>1/</sup> Les chiffres entre parenthèses renvoient aux références qui figurent à la page 51.

Même si les entrants peuvent être légèrement sollicités, et qu'il puisse sembler suffisant, lorsque l'on dispose de bois très résistant d'utiliser des pièces d'équarrissage assez réduits, le revêtement de plafond doit être cloué sur une pièce assez rigide pour éviter une déformation ou un fléchissement excessif.

#### Flexion et cambrure

Toutes les constructions fléchissant sous la charge et les fermettes ne font pas exception à cette règle. La flèche est petite - de l'ordre  $\frac{1}{1000}$  de la portée sous l'effet d'une charge normale. La méthode dite de l'énergie de déformation décrite dans les manuels de la théorie des structures permet de calculer la déformation élastique. En plus, des glissements des plaques clouées peuvent aussi se produire. Dans la pratique on a obtenu des estimations fiables en majorant de 50 % la déformation élastique calculée de l'entrant.

Normalement, les fermettes utilisées pour la construction de bâtiments d'habitation ne sont pas cambrées, la cambrure compliquant leur fabrication et la construction des parois intérieures et l'ampleur de la déformation étant réduite.

## 5. CALCUL ET FABRICATION DES PLAQUES

Les plaques sont estampées dans la tôle d'acier doux galvanisé de 1,2 mm d'épaisseur. La matière première se présente de préférence sous forme de rouleaux découpés à la largeur de la plaque finie, sinon on peut aussi utiliser des bandes découpées dans du matériau en feuilles.

Il existe de nombreux types d'assemblages qui exigent un grand nombre de plaques de largeur différente, ce qui en complique la fabrication. Changer de longueur est facile, mais toute variation de la largeur exige un nouveau réglage des machines. L'existence de nombreuses plaques de taille différente occasionne aussi aux fabricants de plaques et de fermettes des frais de stock supplémentaires.

La gamme des tailles retenues constitue un compromis entre le souci de limiter autant que possible le nombre de plaques de différente taille et la recherche d'un maximum d'efficacité dans l'emploi de ces plaques. Elle permet la fabrication de toutes les fermettes présentées sur les fiches de construction. Dans certaines conditions, elle devra être complétée. Rien ne s'y oppose.

L'espacement et la disposition des trous se sont avérés adaptés à la plupart des bois de densité moyenne qu'ils permettent de clouer sans risque excessif d'éclatement. Les trous sont bien plus rapprochés que ne le prévoient normalement les prescriptions de calcul applicables aux ouvrages en bois qui ne prennent cependant pas en compte les deux points très importants ci-après :

1. Les pointes ne traversent pas entièrement le bois dont elles laissent une partie intacte au-delà de leur extrémité;
2. La rigidité de la plaque en acier ne permet aucune expansion latérale du bois, ce qui empêche les fentes éventuelles de s'élargir et de se développer entièrement.

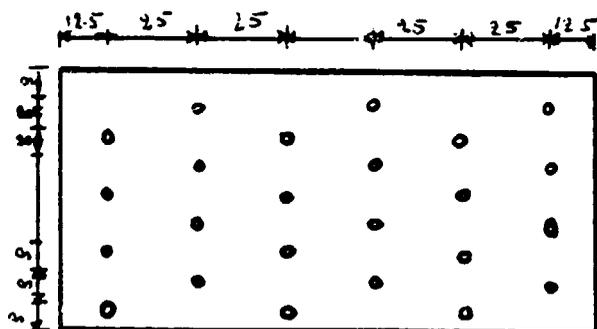


Figure 1 - Plaque clouée : détails

On peut fabriquer des plaques de toutes tailles en espaçant les trous entre eux et par rapport au bord comme on l'indique dans les dessins. La figure No 1 ci-dessus, montre une plaque typique. Par souci d'économie, il faut dans la pratique limiter au minimum le nombre de plaques de taille différente.

Les plaques sont définies par le nombre de trous dans une file parallèle à la longueur et par le nombre de files dans le sens de la largeur. Dans les dessins, on peut utiliser l'abréviation PC (plaque clouée). La plaque présentée à la figure 1 serait alors désignée par PC 4 x 6. Il faut noter que pour des raisons de symétrie, les trous par file et les files devraient être toujours en nombre pair.

Dans le présent rapport, on utilise les 13 plaques suivantes :

PC 2 x 6	PC 6 x 6	PC 8 x 4
PC 4 x 6	PC 6 x 8	PC 8 x 6
PC 4 x 8	PC 6 x 10	PC 8 x 10
PC 6 x 4	PC 6 x 12	PC 12 x 6
		PC 12 x 10

Les fabricants voudront peut-être élargir la gamme des plaques de différente taille pour tenir compte d'autres utilisations possibles. On peut facilement modifier la longueur de la plaque en modifiant le point de découpe. Pour fabriquer des plaques d'une largeur différente, il faut modifier la largeur de la bande d'acier et adapter les matrices utilisées.

L'acier utilisé pour les plaques devrait être de l'acier doux galvanisé de 1,2 mm correspondant aux normes British Standard 2989 Class 2A, et Australian Standard 1397, et ayant une résistance à la déformation d'au moins 250 MPa, ou satisfaisant à des normes locales équivalentes. Pour ce qui est de la galvanisation, chacune des faces doit être recouverte d'au moins 300 gr de zinc par mètre carré.

#### Résistance des plaques

La résistance à la tension d'une paire de plaques est de 3 200 kg par 100 mm de largeur.

La résistance à la compression d'une paire de plaques est limitée par la tendance des plaques à se voiler. Chaque assemblage comprimé est généralement traversé par une file de trous non remplis de pointes. La longueur de flambement est donc égale à 0,85 x 50 mm et la résistance d'une paire de plaques est de 1 400 kg pour 100 mm de largeur.

De nombreuses prescriptions de calcul n'admettent pas l'utilisation des contraintes de compression calculées pour les plaques et exigent que les forces considérées soient supportées uniquement par le bois. Cependant, il est incontestable que dans de nombreuses constructions dont les assemblages ne sont pas tous parfaitement ajustés, des forces de compression considérables sont transmises par des plaques dentées ou des plaques clouées, sans aucun inconvénient manifeste.

De l'avis de l'auteur, des plaques ayant l'épaisseur précisée ici (1,2 mm) peuvent transmettre des forces de compression, ce qui ne devrait cependant pas excuser l'ajustement défectueux des assemblages; par ailleurs, aucun vide dans les joints assujettis à des contraintes de tension, de compression ou de cisaillement ne devrait être admis.

## 6. POINTES

De grosses pointes courtes à tête plate devraient être utilisées pour fixer les plaques. Pour du bois de 50 mm d'épaisseur, leur longueur devrait être de 35 mm et leur diamètre de 3,3 mm.

On devrait déterminer la résistance des pointes à l'aide d'essais portant sur des assemblages typiques. Il faudrait entreprendre au moins dix essais pour chaque type d'assemblage et calculer la charge nominale à partir de la moindre des deux valeurs suivantes : charge moyenne provoquant un déplacement de 0,5 mm de l'un des morceaux de bois par rapport à l'autre ou sixième de la charge limite moyenne.

Pour les résineux de densité moyenne on peut, aux fins des calculs préliminaires, admettre sans aucun risque une charge unitaire (exprimée en kilogrammes) de  $6d^{1,5}$  par pointe, où  $d$  est le diamètre de la pointe en millimètres. Des plaques identiques étant montées des deux côtés d'un assemblage, la charge par pointe de l'un quelconque des assemblages présentés sur les dessins est dans la pratique supposée égale au double de la valeur donnée ci-dessus. Dans les calculs exécutés aux fins du présent rapport on a utilisé une valeur de 72 kg par pointe des assemblages dessinés.

Pour éviter tout éclatement du bois, les pointes doivent être enfoncées à une distance suffisante du flanc et du bout des membrures. Pour les pointes correspondant aux spécifications ci-dessus, on recommande une distance au bord et au bout de 15 mm.

## 7. BCIS

Les fermettes peuvent être fabriquées à partir de n'importe quelle essence de qualité convenable. On utilisera en général les essences et les qualités qui servent normalement dans la zone considérée à construire les charpentes de toitures classiques, les conditions à satisfaire étant à peu près les mêmes pour ces deux types de travaux.

Les calculs qui figurent dans le présent rapport ont été élaborés pour des résineux correspondant à la deuxième qualité de bois classés selon leur résistance<sup>2/</sup>.

Pin . . . . .	Pinus patula, P. radiata
Podo . . . . .	Podocarpus gracilior
Cyprès . . . . .	Cupressus lusitanica

Les défauts admis sont les suivants :

Noeuds de rive - moitié de l'épaisseur (25 mm)

Noeuds marginaux - un quart de la largeur (25 mm)

Noeuds de face, plats ou groupés - un tiers de la largeur (33 mm)

Fil incliné - 1/8

(Les chiffres entre parenthèses se réfèrent à des pièces de 100 mm x 50 mm)

Le bois recoupé pour les contre-fiches et les liens doit être à nouveau classé avant d'être utilisé.

Les fermettes devraient être fabriquées à partir de bois séché dont la teneur en eau est égale ou inférieure à 22 %. Le séchage doit se faire dans des piles bien aérées, à l'abri des rayons du soleil, afin que le bois reste droit et exempt de gerces ou fentes dues à l'action du soleil.

Dans des zones où il pourrait être attaqué par des insectes, le bois doit recevoir un traitement protecteur. L'attaque peut être le fait d'abeilles charpentières ou de termites de bois sec. Les termites souterrains n'attaquent que rarement le bois de charpente, mais cela peut arriver. Les traitements sous vide et pression au moyen de sels arsenicaux du cuivre et du chrome ou la diffusion contrôlée de sels arsenicaux du fluorure de bore donnent des résultats satisfaisants. Pour plus de précisions sur ces procédés, le lecteur se rapportera aux normes locales appropriées.

---

<sup>2/</sup> Le Règlement kényen du bois de construction de 1971 (Kenya Timber Rules 1971) paru dans le Legal Notice No 173 prévoit le classement des bois selon leur résistance en quatre catégories.

8. GEOMETRIE DE LA FERMETTE

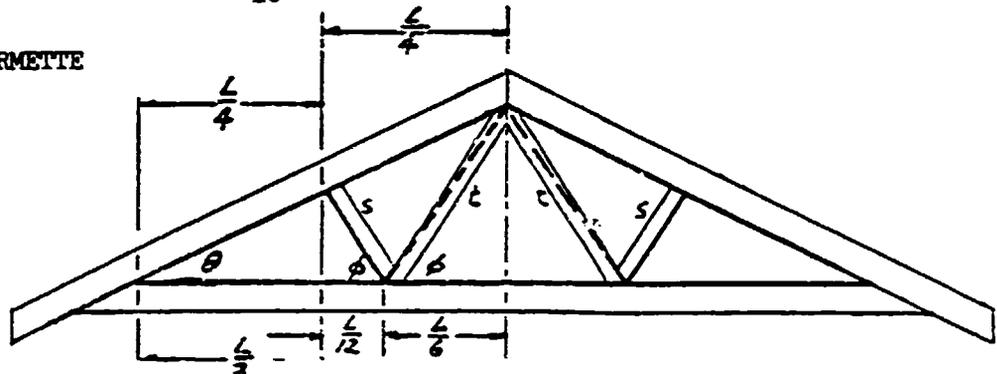


Figure 2 - Agencement d'une ferme en W

FERME EN W

La figure 2 ci-dessus montre l'agencement type de la ferme qui est déterminé par le triangle INTERIEUR formé par les arbalétriers et l'entrait. Les détails des fermes en W et des fermes belges, qui indiquent le mode d'assemblage des membrures, sont présentés dans les dessins. A l'aide de cette figure on peut démontrer l'existence d'une relation entre les angles  $\theta$  (angle de déclivité) et  $\phi$  (angle de lieu).

$$\tan \phi = 3 \tan \theta - (1)$$

En outre, en résolvant les triangles on peut démontrer que

$$t \text{ (longueur du lien)} = 6 \frac{L}{\cos \phi}$$

$$s \text{ (longueur de la contre-fiche)} = \frac{L}{12 \cos \phi}$$

où L est la portée effective, c'est-à-dire la longueur de la rive supérieure ou intérieure de l'entrait. Le lien est donc exactement deux fois plus long que la contre-fiche.

Les coefficients de longueur figurent aux tableaux 3 et 3a (pages 25 et 26).

Il est à signaler que lorsque l'on calcule d'abord la longueur de la contre-fiche, il faut multiplier celle-ci par deux pour obtenir la longueur du lien. La contre-fiche et le lien sont agencés de telle façon que les variations de leur largeur n'influent ni sur leur longueur ni sur la précision avec laquelle ils viennent s'insérer dans la ferme montée.

La différence entre la portée totale et la portée effective dépend de l'angle de déclivité  $\theta$  et de la hauteur réelle de l'entrait. La relation est la suivante :

Différence entre la portée totale et la portée effective

$$= \frac{2}{\tan \theta} \times \text{hauteur de l'entrait.}$$

Une série de coefficients de  $\frac{2}{\tan \theta}$  figure au tableau 3.

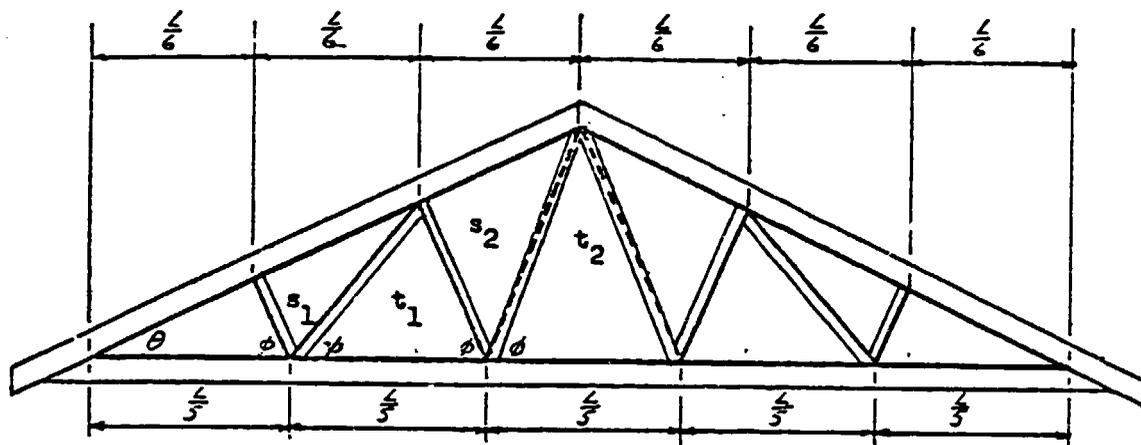
Les angles du bout de ces membres, qui peuvent être également calculés à l'aide de l'équation (1) ci-dessus, sont présentés au tableau 4 (page 27). Toutefois, ces angles doivent être légèrement corrigés pour tenir compte du fait que la ligne d'intersection du lien avec le sommet de la fermette ne coïncide pas avec la rive du lien, et qu'elle est déplacée de 25 mm, ceci afin d'accroître la superficie du lien que recouvre la plaque clouée au sommet. Ce déplacement permanent se traduit par une rotation par rapport à l'angle théorique plus ou moins forte d'après la portée de la fermette. La rotation moyenne est en général légèrement supérieure à 1 degré et les angles qui figurent au tableau 4 ont été modifiés en conséquence.

On trouvera également au tableau 3 les coefficients servant à calculer la longueur inclinée de l'arbalétrier et de la saillie du toit, les dessins d'architecte n'indiquant généralement que les dimensions en plan. Ces coefficients sont  $\frac{1}{2\cos\theta}$  et  $\frac{1}{\cos\theta}$  respectivement. Il est à signaler que le coefficient de longueur de l'arbalétrier se réfère à la portée TOTALE mesurée sur la face inférieure de l'entrait et non à la portée effective qui permet de calculer la longueur des contre-fiches et des liens.

En déterminant la saillie du toit, il faut veiller à vérifier si les cotes indiquées dans le dessin se réfèrent à la face intérieure ou extérieure de la bordure. Dans le dernier cas, qui est le plus fréquent, il faut soustraire l'épaisseur de la bordure de la saillie avant de calculer la longueur inclinée de celle-ci.

Le bon de commande et de fabrication des fermettes présenté à la figure 8 comprend l'espace nécessaire pour ces calculs.

Figure 3. FERME BELGE



Cet agencement est un peu plus complexe que celui de la ferme en W, mais les principes de calcul sont exactement les mêmes.

Il y a deux angles secondaires, comme l'indique la figure 3 ci-dessus, et on peut démontrer que

$$\tan \phi = 5 \tan \theta \quad (2)$$

$$\tan \psi = \frac{5}{2} \tan \theta \quad (3)$$

La longueur des contre-fiches et des liens est calculée à l'aide des formules ci-après :

$$s_1 = \frac{L}{30 \cos \phi}$$

$$s_2 = \frac{L}{15 \cos \phi}$$

$$t_1 = \frac{2L}{15 \cos \psi}$$

$$t_2 = \frac{L}{10 \cos \phi}$$

On calcule de la même façon les angles sous lesquels sont coupés les contre-fiches et les liens. Cependant, les angles  $t_2$  ne sont corrigés que de  $0,7^\circ$ , ce type de ferme étant utilisé pour des portées plus grandes (9 à 12 mètres). On trouvera aux tableaux 3, 3a, 4 et 5 (pages 25, 26, 27 et 23 respectivement) les coefficients de longueur et les angles de coupe.

### CALCUL DE LA LONGUEUR DES MEMBRES DE LA FERMETTE ET D'AUTRES DIMENSIONS UTILES

Les principes géométriques dont il est question ci-dessus sont récapitulés au tableau 3 en vue de permettre le calcul rapide de la longueur des divers membres. Sur le bon de commande des fermettes reproduit à la figure 4 on a prévu l'espace nécessaire pour ces calculs de façon à éviter, autant que possible, toute erreur.

Il est supposé qu'une calculatrice électronique à mémoire servira à exécuter ces calculs. Toutes les cotes doivent être exprimées en millimètres et arrondies au millimètre le plus proche. Chercher à être encore plus précis est inutile.

Pour calculer les différentes longueurs il faut procéder comme suit en inscrivant les résultats de chaque opération à la rubrique correspondante du bon de commande.

1. A l'aide des plans d'architecte ou des renseignements fournis par le maître d'oeuvre, inscrire la portée, la pente et la saillie de toit sur le bon de commande. Si la saillie est mesurée jusqu'à l'extérieur de la planche de bordure, il faut soustraire l'épaisseur de celle-ci pour obtenir la saillie de l'arbalétrier.
2. Multiplier la saillie de l'arbalétrier par le coefficient qui figure à la colonne 2 pour obtenir la longueur inclinée du débord et porter le chiffre correspondant sur le bon de commande.
3. Multiplier la portée par le coefficient de la colonne 3.
4. Additionner (2) et (3) pour obtenir la longueur de l'arbalétrier.
5. Multiplier la largeur du bois utilisé pour l'entrait par le coefficient de la colonne 4 pour trouver la valeur à déduire afin d'obtenir la portée effective.
6. Soustraire (5) de la portée pour obtenir la portée effective.
7. Multiplier (5) par le coefficient de la colonne 5 pour obtenir la hauteur intérieure.
8. Multiplier la largeur du bois utilisé pour l'entrait par le coefficient de la colonne 6 pour obtenir la longueur du biseau vertical.
9. Ajouter (7) et (8) à la largeur de l'entrait pour obtenir la hauteur totale. C'est là le chiffre dont on se sert pour assembler la fermette sur la table de montage.

Fermettes en W

10. Multiplier la portée effective (6) par le coefficient de la colonne 7 pour obtenir la longueur de la contre-fiche.
11. Multiplier (10) par 2 pour obtenir la longueur du lien.

Fermettes belges

12. Multiplier la portée effective (6) par le coefficient de la colonne 9 pour obtenir la longueur de la contre-fiche 1.
13. Multiplier (12) par 2 pour obtenir la longueur de la contre-fiche 2.
14. Multiplier la portée effective (6) par le coefficient de la colonne 1 pour obtenir la longueur du lien 1.
15. Multiplier la portée effective (6) par le coefficient de la colonne 12 pour obtenir la longueur du lien 2.

Pour le bon de commande rempli du résultat de ces calculs, voir la figure 5.

Les calculs de longueur une fois terminés, on indique sur le bon les angles de coupe dégagés des tableaux 4 ou 5, ainsi que, compte tenu de la section calculée, des précisions quant aux dimensions des plaques clouées et au nombre de pointes.

Un exemplaire du bon de commande est envoyé à l'usine pour y servir de fiche de production et par la suite de bon de livraison.



BON DE COMMANDE DE FERMETTES

Maître d'oeuvre : A.B.C. Construction SARL  
 Adresse (facture) : B.P. 13 Waikikamukan  
 Téléphone : 123                                      Responsable : M. Muangi      No de la commande : 321

Date de réception de la commande : 10.11.80      Par AJF  
 Adresse (livraisons) : Chantier 27, Ensemble d'habitations municipal No 3

Portée 1820 mm; Pente : 25°; Saillie : 600 mm; (intérieure) 30 mm épaisseur de la bordure  
 (extérieure)

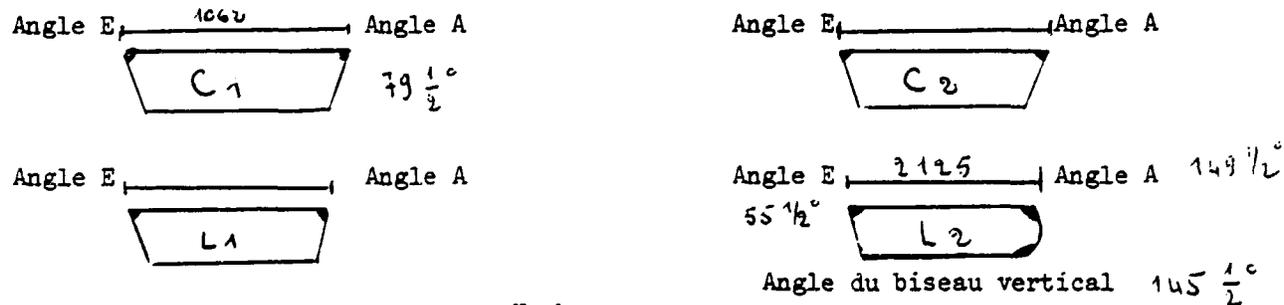
Nombre de fermettes : 38                                      Couverture : Tôle ondulée  
 Espacement des fermettes : 1 000                                      Type de fermette : W

Vu pour confirmation des détails (signature du maître d'oeuvre) : \_\_\_\_\_

	coeff.		portée	=	longueur	
Arbalétrier	0,5517	x	1 820	=	4 314	
Saillie	1,103	x	570	=	<u>629</u>	
Longueur totale de l'arbalétrier:					4 943	Nombre 16

Portée 1 820  
 Hauteur de l'entrait 95 x 4,289 =  $\frac{407}{1 413}$  réduction de la portée  
 Portée effective =  $\frac{407}{1 413}$  x coefficient = 1 729 hauteur intérieure de hauteur  
 Hauteur de l'entrait 95 x 1,10<sup>0,2332</sup> = 105 biseau vertical  
 Hauteur de l'entrait = 95  
 1 929 hauteur totale

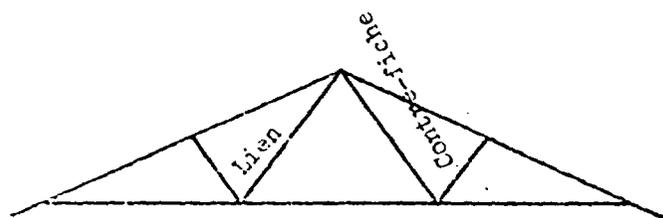
coeff.  
 Portée effective x 0,1433 = 1 062      Longueur contre-fiche 1  
 =                                      Longueur contre-fiche 2  
 =                                      Longueur lien 1  
 = 2 125      Longueur lien 2



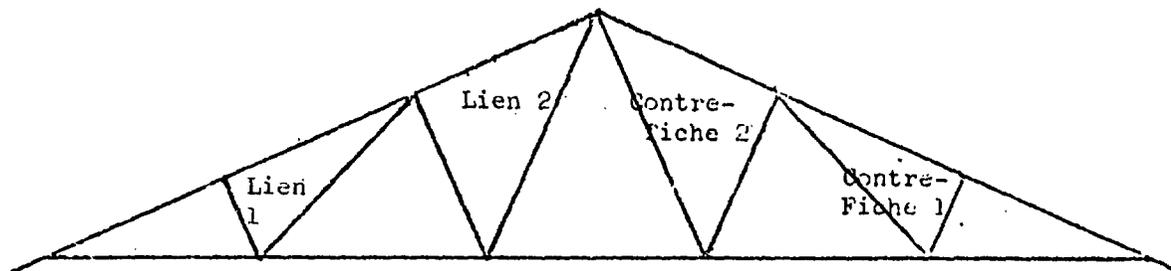
Plaques		Base	Nombre		Pointes
	Base	: 6 x 8	152	A 12	E 10
	Joint	: 4 x 8	76		
	Sommet	: 6 x 10	76	A 10	L 2
	Arbalétrier 1	: 2 x 6	152	A 5	C 5
	Arbalétrier 2	:		A	L C
	Entrait 1	: 6 x 6	152	E 3	C 3 L 4
	Entrait 2	:		E	C L

Figure 4 : BON DE COMMANDE DE FERMETTES REMPLI

(E = Entrait; A = Arbalétrier; C = Contre-fiche; L = Lien)



Ferme en W



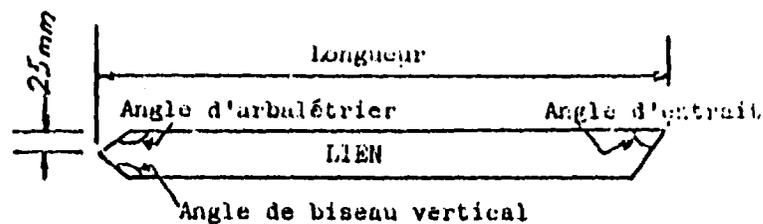
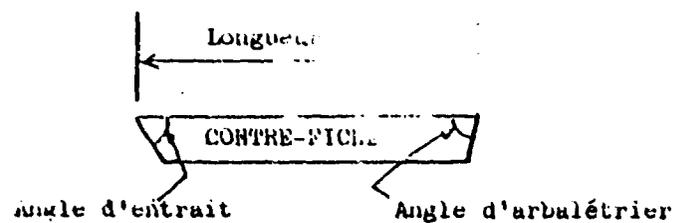
Ferme belge

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pente	Saillie	Arbalétrier	Deduct. à faire pour obtenir la portée effective (x haut. / l'entr.)	Hauteur	Longueur au biseau vertical	Ferme en W		Ferme belge			
						Contre-fiche	Lien	Contre-fiche 1	Contre-fiche 2	Lien 1	Lien 2
15	1,035	,5176	7,468	,1340	1,04	,1069	,2138	,0557	,1115	,1605	,1672
17½	1,048	,5243	6,343 ...	,1576	1,05	,1147	,2294	,06	,1245	,1698	,1867
20	1,064	,5321	5,495	,1820	1,06	,1234	,2468	,0692	,1384	,1803	,2077
22½	1,082	,5412	4,828	,2071	1,08	,1339	,2658	,0767	,1533	,1919	,2230
25	1,103	,5517	4,289	,2332	1,10	,1433	,2866	,0846	,1691	,2048	,2537
27½	1,127	,5637	3,842	,2603	1,13	,1545	,3091	,0929	,1859	,2188	,2788
30	1,155	,5744	3,464	,2887	1,15	,1667	,3333	,1018	,2032	,2341	,3055

TABLEAU 3 : FERMES EN W ET FERMES BELGES - COEFFICIENTS DE LONGUEUR

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Pente	Saillie	Arbalétrier	Dédue à faire pour obtenir la portée effective (x haut. / l'entr.)	Hauteur	Longueur du biseau vertical	Ferme en W		Ferme belge				Angle de la ferme
						Contre-fiche	Lien	Contre-fiche 1	Contre-fiche 2	Lien 1	Lien 2	
1 : 3.5	1,040	0,5200	7	0,1429	1,04	0,1098	0,2105	0,0581	0,1163	0,1639	0,1744	19°57'
1 : 3	1,034	0,5270	6	0,1667	1,05	0,1179	0,2357	0,0648	0,1296	0,1736	0,1944	18°26'
1 : 2.5	1,077	0,5305	5	0,200	1,08	0,1302	0,2603	0,0745	0,1491	0,1886	0,2236	21°48'
1 : 2.25	1,094	0,5472	4,5	0,2222	1,09	0,1389	0,2778	0,0812	0,1625	0,1993	0,2437	23°38'
1 : 2	1,118	0,5590	4	0,2500	1,12	0,1502	0,3005	0,0898	0,1795	0,2134	0,2695	26°34'
1 : 1.75	1,152	0,5759	3,5	0,2857	1,15	0,1654	0,3308	0,1009	0,2018	0,2325	0,3027	29°45'

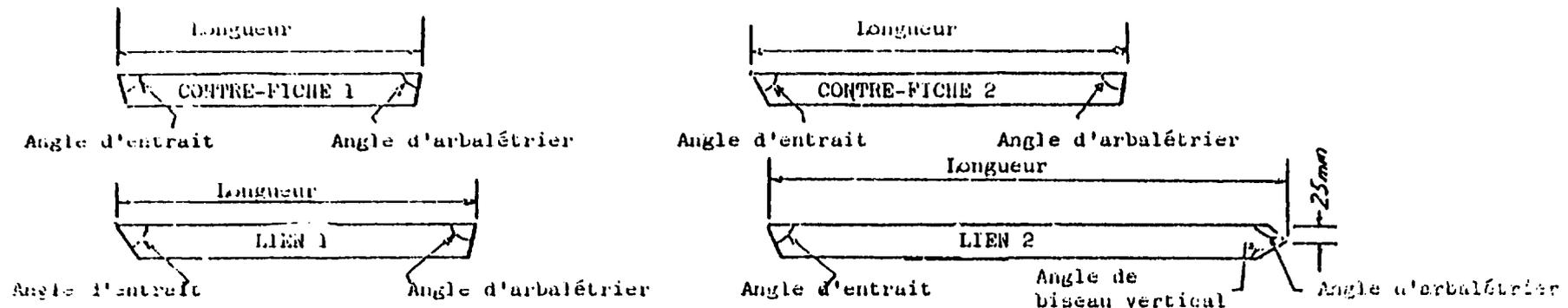
TABIEAU 3a : FERMES EN W ET FERMES BELGES - COEFFICIENTS DE LONGUEUR (PENITE EN METRE PAR METRES)



Pente	CONTRE-FICHE		LIEN		
	Angle d'entrait	Angle d'arbalétrier	Angle d'entrait	Angle de biseau vertical	Angle d'arbalétrier
15	101	54	40	130	155
17½	92	61	44½	134½	153
20	84	67½	48½	138½	151½
22½	76½	73½	52½	142½	150
25	70	79½	55½	145½	149½
27½	64	85	58½	148½	149
30	59	90	61	151	149

Note: Les angles sont arrondis au demi-degré le plus proche.

TABEAU 4 : FERME EN W - ANGLES SOUS LESQUELS LES CONTRE-FICHES ET LES LIENS SONT COUPES



Fente	Contre-fiche 1		Lien 1		Contre-fiche 2		Lien 2		
	Angle d'entrait	Angle d'arbalétrier	Angle de biseau vertical						
15	93	68½	34	93	73	68½	54	141	144
17½	84	75	38	84	64	75	58½	139	148½
20	76½	81	42½	76½	57	81	62	138	152
22½	70	86½	46	70	51	86½	65	137½	155
25	64	92	49½	64	45½	92	67½	137½	157½
27½	58½	96½	52½	58½	41½	96½	69½	138	159½
30	54	101	55½	54	37½	101	71½	138½	161½

Note: Angles arrondis au demi-degré le plus proche

TABEAU 5 : PRESSE BELGE - ANGLES DES CONTRE-FICHES ET DES LIENS

## 9. PORTE-A-FAUX

Les fermes doivent souvent être supportées à un endroit autre que le pied de l'arbalétrier, comme par exemple au-dessus d'un porche ou d'un autre retrait du mur porteur. Dans ce cas, il faut renforcer l'entrait par un membre supplémentaire.

Le porte-à-faux se mesure entre le pied de l'arbalétrier et l'extérieur de la sablière.

Pour un porte-à-faux égal ou inférieur à 20 cm, une cale de renforcement découpée dans les chutes de l'entrait, est placée entre l'arbalétrier et l'entrait. Elle est maintenue par une paire de plaques de la même taille que les plaques de base. Voir figure 6

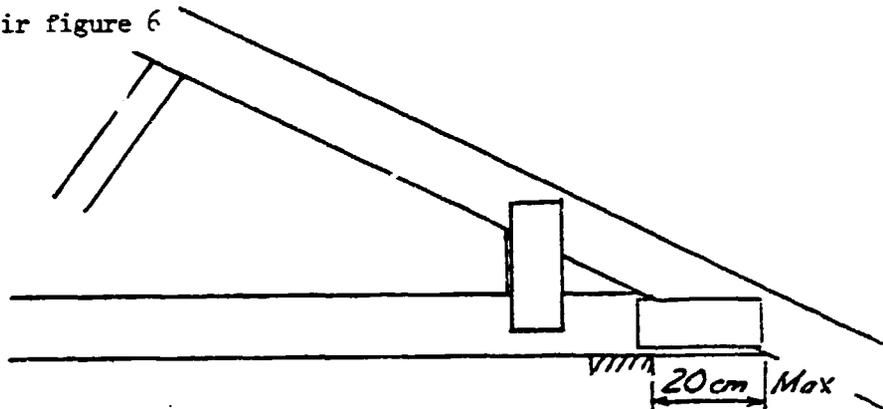


Figure 6 - Renforcement du porte-à-faux au pied de l'arbalétrier

Pour un porte-à-faux compris entre 20 cm et un sixième de la portée, il faut prévoir une jambe de force venant se loger dans l'assemblage arbalétrier - contre-fiche. Cette jambe de force doit avoir les mêmes débits que l'arbalétrier. Elle doit être coupée de manière que son bout extérieur se trouve 5 cm à l'intérieur de la face extérieure de la sablière. Son extrémité supérieure doit être découpée de façon à ce qu'elle prenne appui sur 5 cm de la contre-fiche et sur une section plus longue de l'arbalétrier. Les deux bouts sont maintenus par des plaques ayant les mêmes dimensions que la plaque de base (voir figure 7).

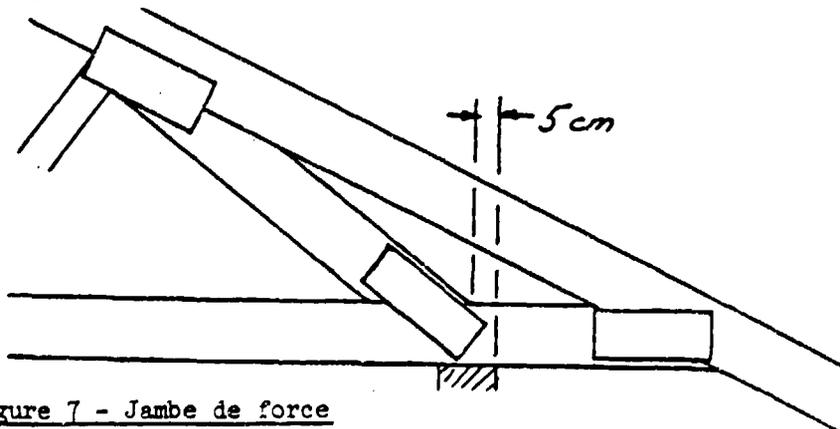


Figure 7 - Jambe de force

Tout porte-à-faux dépassant les limites définies dans ces règles doit faire l'objet d'un calcul technique spécial.

Lorsque l'on monte des fermes en porte-à-faux, il faut veiller à les mettre en place dans le bon sens et à ne pas confondre fermes ordinaires et fermes en porte-à-faux. Il s'agit là d'une erreur facile à faire. Il est bon de découper un pochoir avec l'inscription "porte-à-faux" et marquer d'une flèche le point correspondant à la face extérieure de la sablière (voir figure 8).

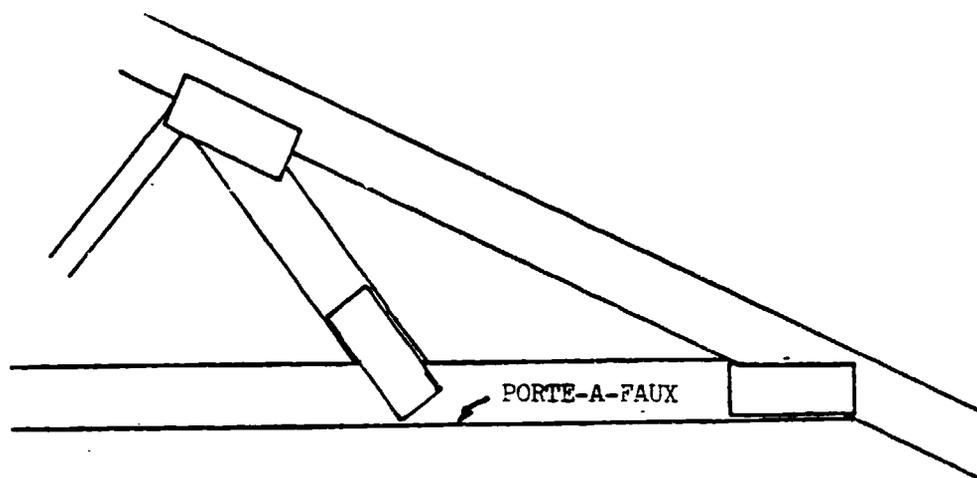


Figure 8 - POCHOIR "PORTE-A-FAUX"

10. ENTURE DE L'ENTRAIT

Lorsque la portée d'une ferme dépasse 6m, il faut abouter l'entrait.

L'enture ne doit pas se trouver au milieu de la portée, mais à un endroit décalé vers l'un des noeuds de l'entrait. Si la distance entre l'enture et le noeud est égale à un cinquième de la longueur de l'entre-noeud, la disposition est idéale, mais l'emplacement exact importe peu et peut être déplacé de quelques centimètres pour tenir compte de la longueur normale du bois utilisé ou pour obtenir des chiffres ronds facilitant la coupe.

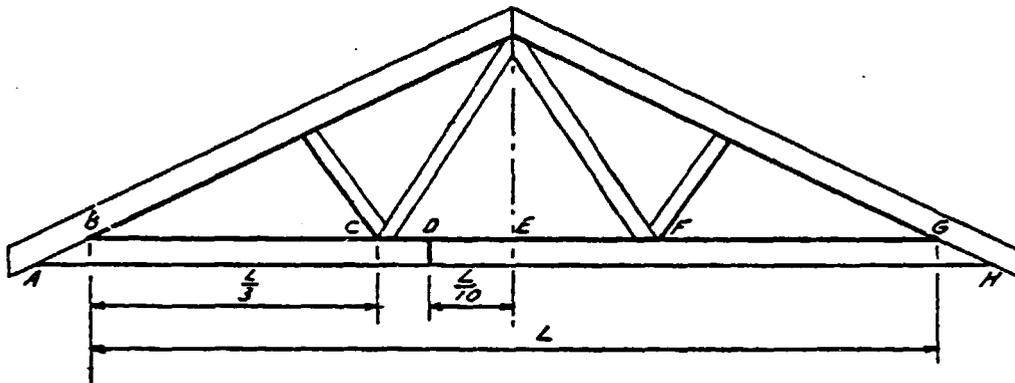


Figure 9 - Enture de l'entrait

La position de l'enture peut être facilement calculée par rapport au milieu de la portée. Dans la figure 9 ci-dessus,

$$\begin{aligned} BC &= CF = FG = \frac{\text{portée effective}}{3} \\ CD &= \frac{CF}{5} \quad (\text{comme on le recommande ci-dessus}) \\ DE &= \frac{3}{10} CF \\ &= \frac{BG}{10} \end{aligned}$$

Pour déterminer la longueur des parties longue et courte de l'entrait, il faut :

Diviser par deux la portée totale AH;

Déduire de ce chiffre un dixième de la portée effective (BG);

Arrondir à ce chiffre pour obtenir la longueur de la partie courte de l'entrait;

Déduire cette longueur de la portée totale pour obtenir la partie longue de l'entrait.

Additionner la longueur des deux éléments de l'entrait pour vérifier si la somme correspond à la portée totale.

Par exemple, envisageons une ferme ayant les caractéristiques suivantes : portée 7 400, pente 25°, entrain 90 x 45.

Portée	=	7 400
Portée effective	=	7 014 (calculée sur le bon de commande, opération 6)
$\frac{7\ 400}{2}$	=	3 700
Moins $\frac{7\ 014}{10}$	=	701
Différence	=	2 999
Arrondir la petite longueur	=	3 000
Grande longueur	=	<u>4 400</u>
Vérifier le total	=	7 400

Pour les fermettes belges on procède de la même façon, mais, l'entrain comptant maintenant cinq entre-noeuds, il faut multiplier la portée effective par  $\frac{3}{50} = 0,06$  pour déterminer la position de l'enture par rapport au milieu de la portée.

Si la fermette considérée était du type de la ferme belge, les calculs seraient les suivants :

Portée	=	7 400
Portée effective	=	7 014
$\frac{7\ 400}{2}$	=	3 700
Moins 7 014 x 0,06	=	<u>421</u>
Différence	=	3 279
Arrondir la petite longueur	=	3 300
Grande longueur	=	<u>4 100</u>
Vérifier le total	=	7 400

## 11. ORGANISATION ET PLAN DE LA FABRIQUE

Les opérations exécutées dans une fabrique de fermettes sont les suivantes :

Mise d'épaisseur

Classement et tri

Refonte du bois destiné aux membres intérieurs

Coupe des éléments à la longueur et sous l'angle voulus

Montage des fermettes et clouage de la première face

Clouage de la seconde face

### Mise d'épaisseur

L'épaisseur du bois assemblé au moyen de plaques clouées peut varier au maximum de 2 mm. Si l'on peut acheter du bois scié ou raboté satisfaisant à ce critère, la mise d'épaisseur à l'usine n'est pas nécessaire. Si la scierie admet une marge de tolérance plus grande, la mise d'épaisseur s'impose. Pour des fermettes de première qualité, il faudrait aussi utiliser du bois ayant exactement la largeur voulue, les variations de largeur risquant d'entraîner une irrégularité de la bordure du toit et de la crête de faite.

Raboter le bois sur les quatre faces serait idéal, mais en calibrant à la raboteuse ou à la scie une seule face et une seule rive on obtient du bois se prêtant à la fabrication de fermettes de bonne qualité. Si l'on a recours à une scie, il faut utiliser une lame lourde à mise rapportée en carbure métallique capable de résister à l'abrasion qui risque de se produire lorsque la scie effleure seulement la surface. Il est utile de disposer d'un bras radial d'alimentation pour serrer le bois contre le guidage.

### Classement et tri

Le bois devrait être trié selon sa longueur pour réduire au minimum les chutes. Du bois présentant trop de défauts peut être tronçonné pour fabriquer des membrures d'âmes. Les morceaux courts devraient également être réservés à cette fin.

### Refente

De nombreux modèles de fermettes exigent seulement des membrures d'âmes larges de 50 millimètres, que l'on peut fabriquer à partir des chutes du bois destiné aux membrures inférieures et supérieures. On peut utiliser à cette fin la même scie que pour le calibrage ou réduire la consommation d'énergie et augmenter de productivité en employant une scie à trait plus étroit.

Couper les éléments à la longueur et sous l'angle voulus

Il s'agit là d'une opération capitale pour la fabrication des fermettes. La précision des angles et des longueurs est indispensable pour obtenir des fermettes de taille et de forme régulières. Différentes machines spécialisées ont été mises au point pour la fabrication en grande série. Elles comprennent des scies multi-lames fixes réglées par ordinateur que le bois traverse comme une tenonneuse double et des scies rotatives à niveau variable pour coupe transversale avec différents arrêts de course angulaire.

La machine qui convient le mieux à une petite usine de fermettes est la scie radiale pour coupe transversale. Son angle de coupe doit pouvoir être réglé par rapport au guidage arrière. Un dispositif d'ajustage vertical ou de réglage d'inclinaison complexe est également utile mais non indispensable.

La scie doit être montée sur une base rigide. Elle devrait être décalée vers l'un des bouts d'un établi long de 6 m à sa gauche et de 3 m à sa droite. L'établi doit être équipé d'un guidage arrière, hormis la partie qui peut être atteinte par la scie et qui doit être recouverte d'une surface de travail en bois de 50 mm; l'établi doit être équipé de galets espacés d'une trentaine de centimètres.

Dans la plupart des modèles de scie radiale, la longueur de déplacement de la scie diminue considérablement lorsque l'on coupe des angles très aigus, c'est-à-dire presque parallèles au guidage.

Couper le bout de l'entrait peut ainsi devenir difficile. Dans ce cas, il faudrait fixer sur le sol, environ 2,5 m devant la scie, un support réglable par rapport au plan de la scie coupant perpendiculairement au guidage. On réduit ainsi sensiblement l'écart de la scie par rapport à la ligne perpendiculaire.

Pour augmenter la production, deux scies radiales peuvent être fixées sur un seul établi, l'une à 4,5 m de distance de l'autre. La première des scies coupe ainsi l'une des extrémités de l'élément que l'on pousse ensuite vers la seconde.

Il faudrait prévoir les outils et accessoires suivants : un grand rapporteur, deux fausses équerres, une équerre et un décimètre à ruban acier. Des bouts de bois utilisés comme butées longitudinales sont fixés sur le guidage à l'aide de serre-joints.

Pour couper les membrures d'âme, il faut utiliser des guidages temporaires cloués ou serrés sur la surface de travail. En une seule opération on pourra ainsi effectuer les deux coupes d'une contre-fiche ou trois coupes d'un lien. Une fermette en W exige 18 coupes et toute possibilité d'économiser du temps doit donc être exploitée.

On trouvera aux sections 12 et 13 des instructions détaillées pour la coupe des éléments.

#### Montage des fermettes et clouage de la première face

Cette opération peut être exécutée sur un sol en béton. Dans ce cas, les ouvriers passent beaucoup de temps à genoux, ce qui n'est pas une position propice à une productivité élevée. Par ailleurs, tous les éléments doivent être assemblés exactement, afin que toutes les fermes d'un lot aient la même forme extérieure, ce qui n'est pas facile à obtenir sur une surface en béton.

La meilleure façon de procéder serait de clouer les fermettes sur un large plateau triangulaire recouvert de planches bouvetées de 50 mm et comprenant de nombreux trous de 14 mm pour les griffes, définissant la forme exacte des fermes. Le plateau devrait avoir un bâti reposant sur un plancher solide afin d'offrir une surface qui convienne au clouage. Il devrait être assez grand pour accueillir les plus grandes fermettes normalement fabriquées, mais pas plus, sinon le clouage de fermettes plus petites risque de poser des problèmes.

La disposition de la première fermette d'un lot est soigneusement indiquée sur ce plateau à l'aide de lignes parallèles et perpendiculaires marquées avec précision sur sa surface par des traits de scie peu profonds. Les griffes sont disposées autour de la fermette et fixées dans les trous. D'autres griffes sont fixées à l'intérieur de la fermette à quelques centimètres du bois, pour accueillir des coins. Les membrures d'âres sont mises en place et alignés à l'aide de griffes. On cloue ensuite les plaques, enlève les coins et retourne la fermette pour fixer les plaques sur l'autre face. Selon la cadence de fabrication, cette deuxième opération peut se faire sur le même plateau ou sur un autre, dépourvu de griffes.

Pour les détails d'un plateau convenable et la disposition des griffes voir la page 67.

On trouvera également à cette même page un dessin d'ensemble montrant un plan d'usine convenable qui permet l'acheminement rationnel du bois provenant de l'entrepôt vers les secteurs de coupe et de montage et ensuite vers l'aire de gerbage des fermettes finies. Certains emplacements sont réservés à l'entreposage intermédiaire. Des placards pour les outils à main et les stocks de plaques et de clous devraient être prévus.

## 12. PERSONNEL

### Personnel administratif

Une fabrique de fermettes aura besoin des services d'encadrement et d'administration normalement requis dans une usine comparable. Le directeur devra avoir l'expérience des travaux de charpenterie, notamment de la construction de toitures. Il devra avoir aussi une bonne connaissance de l'industrie du bois de la région considérée. Des connaissances de génie civil seraient utiles sans être indispensables. Les modèles de fermettes courant figurent dans le présent rapport. Le directeur devrait pouvoir solliciter les avis d'un ingénieur de génie civil afin de résoudre les problèmes posés par des modèles spéciaux. L'expansion de la production permettra peut-être d'engager un technicien comme directeur adjoint chargé des questions techniques dont les suivantes : conception, promotion, contrôle de la qualité du bois, conseils aux maîtres d'oeuvre, etc.

L'effectif du personnel de secrétariat dépendra du volume de la production. Dans un premier temps, un commis dactylographe devrait suffire.

### Ouvriers de production

Les tâches exactes du personnel de production dépendront de la cadence de la production. On trouvera ci-dessous les définitions d'emplois pour une très petite usine. L'expansion de la production et le recrutement de personnel supplémentaire entraîneront une spécialisation de quelques-uns de ces emplois et un rétrécissement de l'éventail des tâches à exécuter.

#### Contremaître - un

Dispose les éléments en vue de la coupe;  
Règle les scies, les butées, etc., en vue de la coupe des éléments;  
Règle les gabarits pour le clouage;  
Fournit les plaques de clouage de la taille voulue pour chaque assemblage;

Vérifie : la précision de la mise d'épaisseur;  
la précision de la coupe des éléments;  
la localisation correcte des plaques clouées;  
le nombre correct des clous par assemblage;  
le respect général des cotes de la fermette.

Contrôle la sécurité du travail et le rendement de l'usine.

Scieur - un

Scie à mesure le bois calibré.

Scie en long les bois courts pour obtenir des contre-fiches et des liens.

Classe le bois destiné aux arbalétriers, aux entrants ou à la refente, classe à nouveau le bois destiné aux contre-fiches et aux liens.

Coupe les éléments à l'aide d'une scie radiale.

Ouvriers (clouage) - cinq

Aident le contremaître à régler le gabarit.

Clouent les plaques selon les instructions reçues.

Manoeuvres - quatre

Transportent le bois et les éléments de fermette dans la fabrique, selon le besoin.

Préparent le bois pour le scieur.

Aident le scieur à tronçonner le bois.

On compte qu'une équipe devrait être capable de fabriquer entre 20 et 25 fermettes de 8 mètres au cours d'une période de 3 heures.

Matériaux requis :

Bois - 420 m de madriers 100 x 50 mm, calibrés de largeur

60 m de madriers 100 x 50 mm, sciés en long pour obtenir du bois de 50 x 50 mm.

Sciage en long de 500 m à raison de 5 m par minute	= 100 minutes.
360 coupes à raison de 3 coupes par minute	= <u>130</u> minutes.
	230 minutes.
Réglage des scies, etc.	120 minutes.
Pointes - (3 m HM8 20°)	
Clouage de 450 pointes par ouvrier et par jour = 2 300	
15 secondes par pointe	<u>115</u> minutes.
T o t a l	515 minutes.

Il reste ainsi suffisamment de temps pour la manipulation du bois,  
la mise en place des plaques, le chargement des fermettes, etc.

### 13. SCIAGE DES ELEMENTS DE FERMETTE

Couper exactement les éléments à la longueur et sous l'angle voulu est indispensable pour la fabrication de fermettes de qualité. Etant donné qu'il faut procéder à 18 coupes pour une fermette en *N* et à encore plus de coupes pour une fermette belge, ces opérations doivent être exécutées rapidement et avec précision. Il est bon de préparer avec soin le sciage pour augmenter au maximum la production et la précision.

Les règles à suivre sont les suivantes :

1. Une fois qu'un morceau de bois a été pris et placé sur l'établi, toutes les coupes doivent être exécutées avant qu'il en soit retiré;
2. La coupe à longueur devrait toujours se faire contre une butée fixée au guidage arrière de l'établi.

#### Arbalétrier (figure 10)

Régler la scie pour couper l'extrémité supérieure sous un angle de  $90^\circ$  diminué de l'angle de déclivité. Pour une pente de  $20^\circ$ , la scie doit donc couper sous un angle de  $70^\circ$ .

1. Couper l'angle à l'un des bouts.
2. Glisser le bois sur l'établi jusqu'à la butée.
3. Couper l'autre bout à la longueur et sous l'angle voulu.

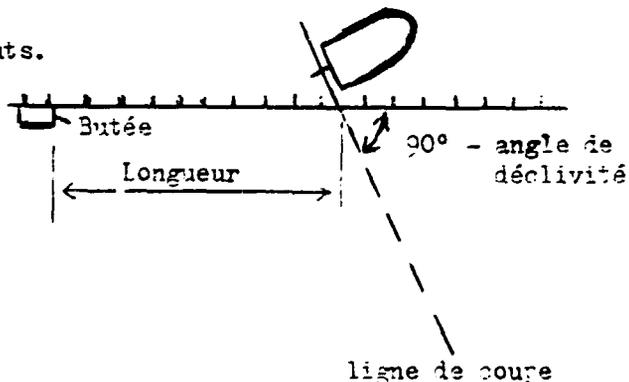


Figure 10 - Réglage de la scie pour les coupes de l'arbalétrier

Entrait (figure 11)

1. Régler la scie pour la coupe en travers.
2. Mettre en place le support temporaire à l'écart de l'établi en le décalant par rapport à la ligne de coupe dans un angle correspondant à l'angle de déclivité. Ce support doit être bien fixé sur le plancher.
3. Couper le bout extérieur, retourner ensuite le bois sur l'établi et le pousser jusqu'à la butée.
4. Couper l'entrait à la longueur voulue.

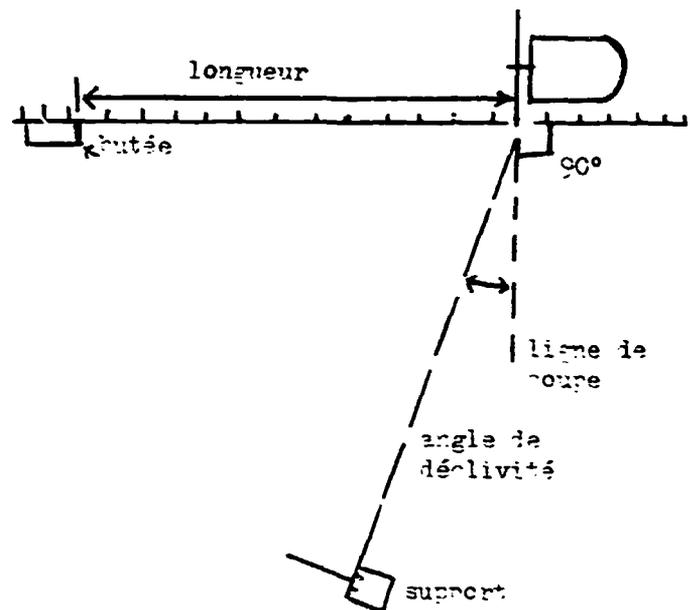


Figure 11 - Réglage de la scie pour les coupes de l'entrait

La partie longue de l'entrait devrait être coupée en premier afin que l'on puisse, si elle était trop courte, la couper à la longueur de l'élément plus court de l'entrait.

Contre-fiche (figure 12)

1. Régler la scie pour couper l'angle d'entrait.
2. De l'autre côté de la scie, fixer un guidage temporaire formant avec la ligne de coupe un angle égal à celui que la contre-fiche forme avec l'arbalétrier.
3. Couper la contre-fiche sous cet angle, pousser la pièce de bois jusqu'à la butée et exécuter la coupe d'entrait.

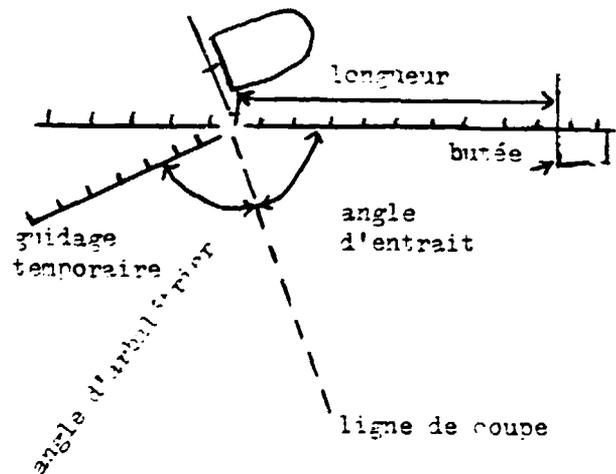
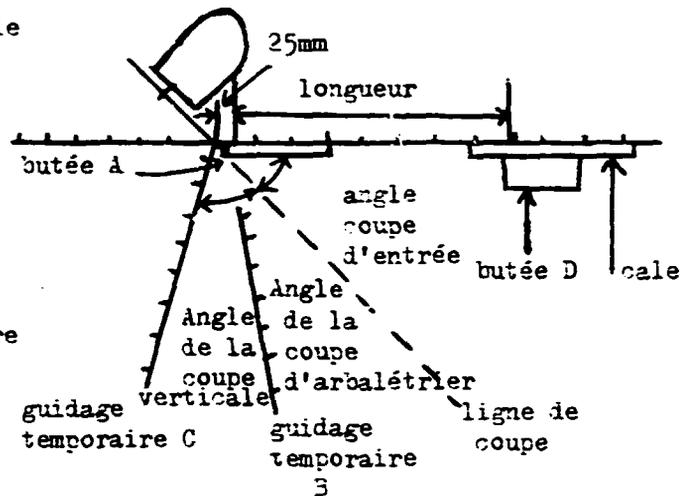


Figure 12 - Réglage de la scie pour les coupes de la contre-fiche

Lien (Figure 13)

Il faut procéder à trois coupes et marquer deux longueurs, un retrait de 25 mm à la coupe d'arbalétrier et la longueur totale.

1. Pégler la scie dans l'angle de la coupe d'entrait.
2. Fixer une butée sur le guidage à 25 mm de la nouvelle ligne de coupe (butée A);
3. Fixer un guidage temporaire (guidage B) à l'avant de l'établi pour obtenir l'angle d'arbalétrier. Exécuter la coupe d'arbalétrier.



4. Fixer sur l'établi un guidage temporaire (guidage C) qui forme avec la ligne de coupe du biseau vertical, après avoir retourné le lien. Exécuter la coupe du biseau vertical.
5. Placer entre le guidage et la butée B une cale de la même largeur que la butée A. Couper à la longueur et sous l'angle d'entrait.

Figure 13 - Réglage de la scie pour les coupes du lien

Le mieux, c'est de tracer soigneusement un prototype de chaque pièce et de l'utiliser pour disposer les guidages angulaires et longitudinal et les butées. Il faut utiliser des guidages et butées en bois dur droit et les conserver. Une couche de peinture distinctive permettra d'éviter qu'on ne les jette avec les chutes.

La face supérieure des contre-fiches et liens doit être contre le guidage au moment de la coupe. Il faut veiller à empiler ces éléments de cette façon lorsqu'on les transporte vers l'aire de montage des fermettes. Cela vaut surtout pour les contre-fiches qui ont à chaque bout des angles assez similaires.

#### 14. MANIPULATION, MISE EN PLACE, ENTRETROISEMENT

Une fois fabriquées, les fermettes doivent être manipulées avec soin. Elles devraient être portées, le sommet vers le bas, par deux hommes. Sur le chantier, elles doivent être entreposées horizontalement sur des appuis fermes sans toucher le sol pour ne pas subir de déformation.

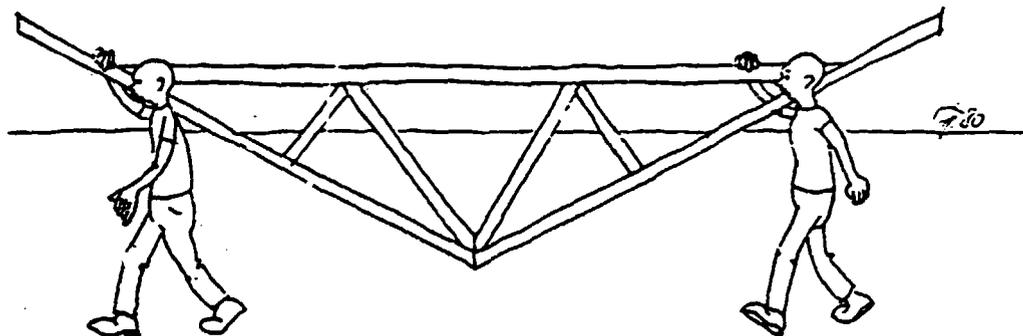


Figure 14 - Transport des fermettes

Les fermettes doivent être mises en place sur des sablières tout à fait horizontales. La distance entre le pied de l'arbalétrier et la face extérieure de la sablière ne doit pas dépasser 50 mm, sinon il faudra renforcer la fermette pour tenir compte du porte-à-faux.

Les toitures sont exposées à des forces ascensionnelles par vent fort et doivent être assujetties. La solidité de cet assujettissement est particulièrement importante pour les toitures à fermettes, où tout l'effort se concentre sur le pied des arbalétriers, sans qu'il y ait de fixation intérieure supplémentaire comme il y en a normalement dans les toits arc-boutés. Lorsqu'on utilise des tuiles comme couverture, leur poids compense pour l'essentiel les forces ascensionnelles, mais des dispositions spéciales doivent être prises pour les couvertures en tôle ondulée.

Chaque arbalétrier devrait être fixé par un tendeur à la sablière. Pour obtenir rapidement des fixations plus solides, on peut utiliser des crochets ou plaques d'ancrage (voir figure 15).

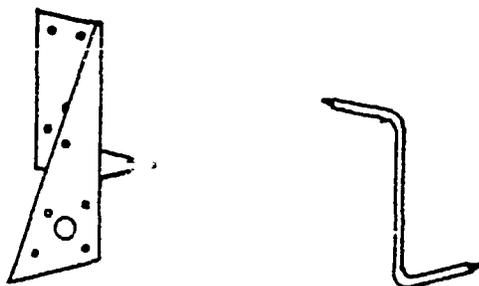


Figure 15 - Plaque et crochet d'ancrage

Disposition des fermettes

Il faudrait marquer sur la sablière la position des fermettes avant que celles-ci n'arrivent à pied d'oeuvre. Si l'on utilise des ferrements pour assujettir les fermettes, il faudrait les fixer à ce stade. Ou bien il faudrait enfoncer partiellement un clou sur l'une des faces de la fermette.

Mise en place

Lorsque le travail de chantier est bien coordonné, les fermettes devraient être haussées du camion qui les a apportées directement vers le toit. On évite ainsi une répétition des opérations de manutention et on y gagne près de deux mètres d'altitude. Les fermettes devraient être suspendues, le sommet vers le bas, entre les murs. Ou bien, déchargées, elles pourraient être posées à peu près à l'endroit où elles devraient être montées. Le sommet de la première fermette reposant contre le mur pignon ou la sablière du petit côté de la maison. Les fermettes suivantes sont ensuite posées les unes sur les autres tout au long du bâtiment (voir Figure 16).

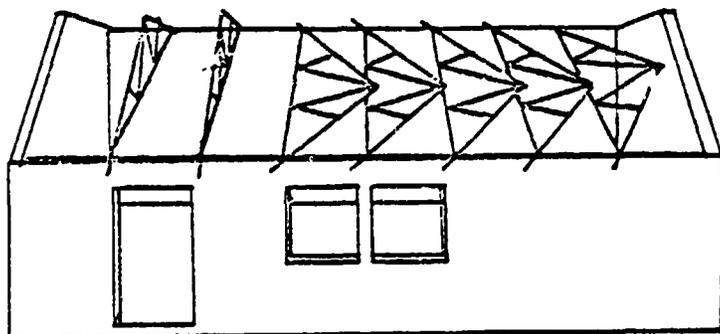


Figure 16- Fermettes mises en place en vue d'être montées à commencer par la gauche

La fermette la plus proche du pignon arrière est mise en place, redressée verticalement et un ouvrier cloue une panne temporaire reliant le pignon au sommet de la fermette. Les pieds sont fixés aux ferrements ou assujettis à la sablière par des clous enfoncés de biais. La fermette suivante est ensuite mise en place contre les crochets d'ancrage, son sommet est stabilisé comme on l'a indiqué ci-dessus, et le reste de l'opération est répété.

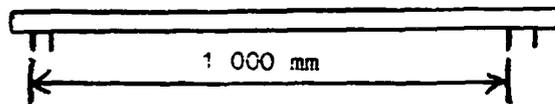


Figure 17 - Calibre pour l'espacement des fermettes

Pour la mise en place successive des fermettes, on utilise un calibre où l'on a planté à chaque bout deux clous (voir figure 17) indiquant l'espacement correct des sommets. Les pannes temporaires doivent être toutes fixées sur l'une des faces du sommet. Dès que la fermette se trouve exactement dans la position voulue, la première panne permanente sera fixée de l'autre côté du sommet.

Une équipe de cinq ouvriers est nécessaire à cet effet : un ouvrier à chaque pied d'arbalétrier, un troisième fixe les pannes temporaires au sommet, un quatrième aide à redresser les fermettes et un cinquième cloue la panne permanente. Dans une toiture à pignon ordinaire on peut arriver à mettre en place une fermette toutes les six minutes.

#### Contreventement

Les fermettes sont extrêmement solides dans leur propre plan, mais très flexibles dans les autres directions. Elles doivent donc être renforcées par des décharges qui les maintiennent en place et qui préviennent le flambement de l'arbalétrier, sous charge normale, et de l'entrait sous l'effet de la poussée ascensionnelle du vent.

Si les fermettes sont placées entre des murs pignons rigides, les liteaux ou pannes fixés à la sablière du pignon constitueront un contreventement suffisant des entrants.

Une fois achevés, les toits en croupe n'exigent aucun contreventement supplémentaire, mais il faut prévoir des décharges temporaires pour maintenir les fermes de comble en position verticale entre les plans de croupe jusqu'à ce que la construction du toit soit finie.

Pour les bouts de pignon ne prenant pas appui sur des murs, il faut prévoir un contreventement diagonal permanent dans le plan du toit à chaque bout (voir figure 13). On peut utiliser à cet effet des madriers 150 x 50 dont les rives à ongles viennent s'insérer entre les arbalétriers ou les planches 150 x 50 clouées sur la face inférieure des arbalétriers. Les contreventements devraient être inclinés de 45° environ en plan, ce qui est à peu près la position de l'arêtier dans un toit en croupe.

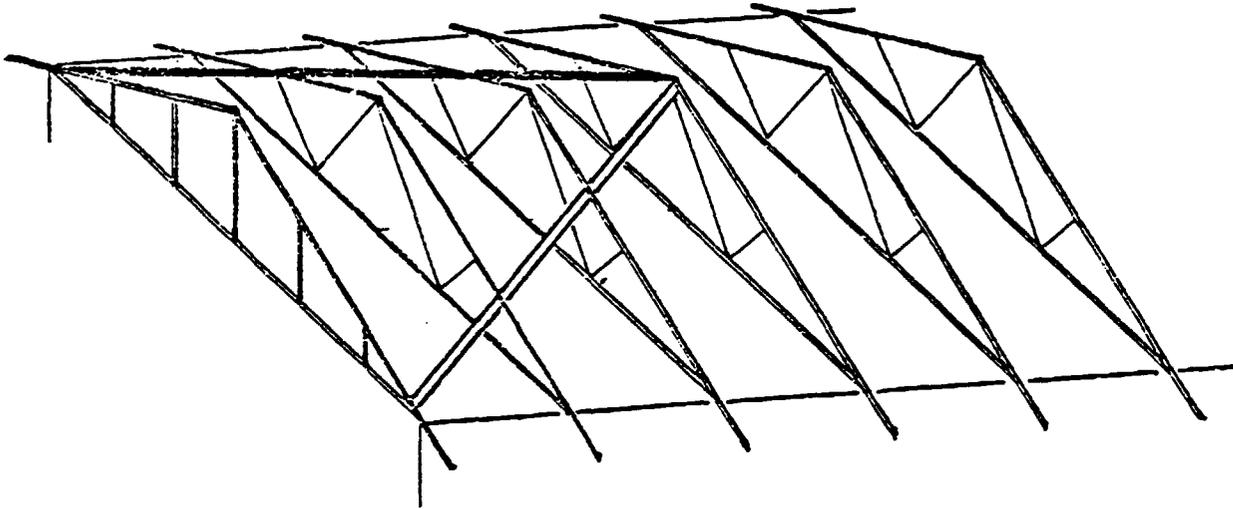


Figure 13 - Contreventement diagonal

#### Entraits

Les entrails peuvent aussi être contreventés dans un sens parallèle au faite. On peut utiliser, à cet effet, des filantes de 75 x 50 fixées sur la face supérieure de l'entrait près des noeuds et bien assujettis à la sablière à chaque bout du bâtiment.

Lorsque le revêtement du plafond exige un remplissage continu d'un côté du bâtiment à l'autre, ou la fixation, au-dessous de l'entrait, d'un voligeage, ce remplissage ou voligeage constituera un encadrement suffisant.

Le fabricant de fermettes doit être prêt à faire la démonstration de ces techniques aux maîtres d'oeuvre qui ne sont pas habitués à la construction de charpentes à fermettes ainsi qu'à familiariser les architectes et les inspecteurs avec les normes de sécurité minima applicables aux contreventements et avec les conditions dans lesquelles

ceux-ci sont ou non nécessaires. A titre d'illustration on peut imaginer que le bâtiment

- a) est renversé complètement sens dessus-dessous (par le vent)
- b) est soulevé d'un côté (par un tremblement de terre ou par le vent).

Si dans ces deux conditions les fermettes sont stables et ne tendent ni à fléchir ni à s'effondrer, aucun contreventement supplémentaire n'est nécessaire. Si l'agencement n'est pas stable, il faut le renforcer.

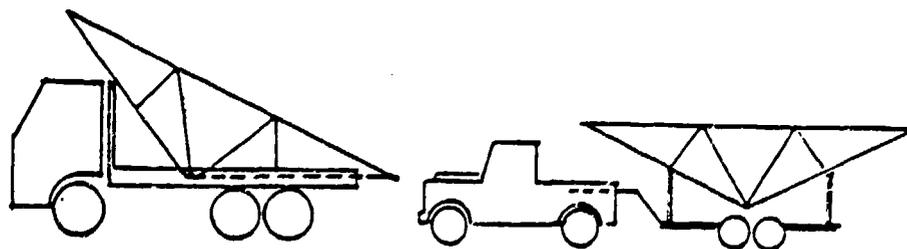
## 15. TRANSPORT

Eléments préfabriqués, les fermettes doivent être transportées de l'usine au chantier. Etant donné leur nature encombrante, les frais occasionnés par leur transport et leur manipulation constituent une partie importante du prix des fermettes rendues sur le site.

Ces frais sont si élevés que l'on propose souvent de couper les éléments des fermettes à l'usine, de les botteler et de les monter à pied d'oeuvre. A première vue cette formule paraît attrayante. Cependant, les principaux avantages des fermettes ne doivent pas être compromis. La régularité de la forme, le positionnement et le clouage exacts des plaques sont des caractéristiques particulières des fermettes. L'un et l'autre ne peuvent être atteints que dans les conditions prévalant à l'usine. L'absence de gabarits et d'encadrement qualifié se traduit par une perte de qualité et réduit un élément technique élaboré à une simple pièce de charpenterie grossière. Toute économie apparente sur les frais de transport sera plus que compensée par les frais supplémentaires occasionnés au maître d'oeuvre sur le chantier.

Les fabricants devraient énergiquement repousser toute proposition tendant à monter les fermettes à pied d'oeuvre.

On peut aisément transporter les fermettes sur le plateau de camion de 3 à 5 tonnes en couchant une fermette directement sur le plateau et en redressant les autres, en sorte que leur extrémité se trouve au-dessus de la cabine du conducteur.

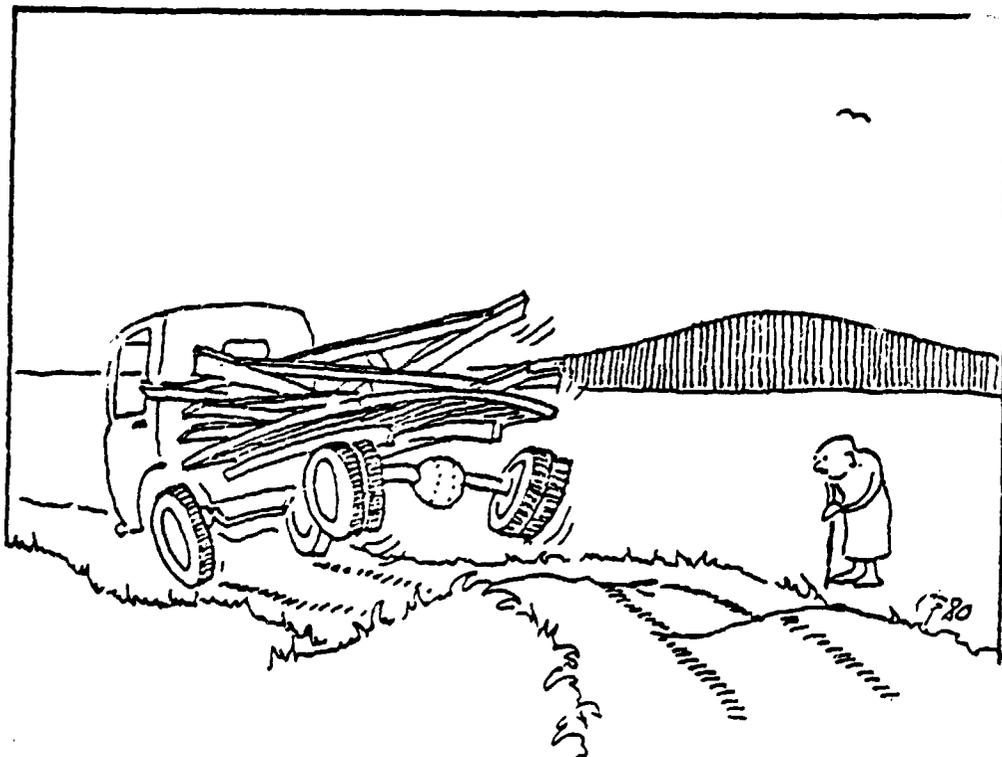


Lorsque l'on transporte régulièrement des fermes fabriquées en petite série sur des distances moyennes ou longues, on peut avoir intérêt à utiliser à cet effet une semi-remorque légère spéciale. Un modèle très réussi de ce type de véhicule peut être attelé, au moyen d'une sellette, à une camionnette qui est tout à fait capable de remorquer le poids que représentent les fermettes destinées à une maison. L'utilisation d'un camion de 5 tonnes qui consomme beaucoup de carburant ne s'impose donc pas.

Lorsque l'on prépare le transport, il faut se rappeler que la ferme moyenne pèse entre 50 et 60 kg, et que sa longueur totale est d'environ 9 mètres. Pour le transport, les différentes fermes doivent être bien bottelées avec un feuillard métallique ou un fil métallique même si elles sont acheminées par des ouvriers jusqu'au camion ou à la remorque. Elles doivent aussi être solidement fixées sur le plateau pour ne pas bouger pendant le transport.

La plus mauvaise façon de transporter des fermes consiste à les coucher sur un plateau qu'elles dépassent en partie. Les secousses qu'elles subissent ainsi affaiblissent à coup sûr les assemblages et risquent d'en provoquer la rupture.

Les fermettes ne peuvent être transportées à plat que si elles sont supportées sur toute la longueur. Il faut pour cela normalement une semi-remorque à plateau très long.



## 16. INTERPRETATION DES FICHES DE CONSTRUCTION

Le présent rapport ne comprend que les fiches de construction de fermettes en W ou de fermettes belges d'une portée maximum de 8 mètres et 10 mètres respectivement. Tous les calculs se rapportent à des fermettes espacées de 1 mètre. Bien entendu, de nombreuses autres variantes sont possibles, en ce qui concerne l'espacement et la forme des fermes.

Sans recours aux services d'un ingénieur des constructions civiles, les chiffres présentés dans les tableaux ne peuvent être appliqués qu'à quelques autres cas.

### Variations de l'espacement

Toutes choses égales par ailleurs, la charge dans une partie quelconque d'une ferme est proportionnelle au produit de la portée et de l'espacement. Les assemblages et membrures d'une ferme de 6 mètres, espacée de 1,5 mètre supporteront donc les mêmes forces et contraintes qu'une ferme de 9 mètres ayant une forme analogue et espacée de 1 mètre.  $6 \times 1,5 = 9 \times 1$

Exemple : travée du bâtiment - 8 mètres, espacement des fermes - 1,2 mètre.

Le modèle correspondant serait celui d'une ferme d'une portée de  $8 \times 1,2$  mètre = 9,6 mètres. La fiche de construction d'une ferme de 10 mètres présentant les mêmes caractéristiques en ce qui concerne la pente et la couverture est donc utilisable.

### Ferme triangulaire simple pour toiture à un versant

On peut utiliser le modèle d'une ferme pour comble à pignon dont la portée est deux fois plus grande. Pour assembler le membre vertical et l'arbalétrier, il faut utiliser autant de pointes que pour la plaque de sommet (assemblage des arbalétriers).

### Ferme à entrain brisé

Il faut utiliser un modèle de ferme dont la pente est égale à la différence entre l'angle d'inclinaison de l'arbalétrier et celui de l'entrait et dont la portée correspond à la longueur du plafond en pente. L'enture de l'entrait se trouve maintenant au milieu de la portée, les clous enfoncés dans les deux parties de l'entrait étant en nombre égal. Pour fixer le membre vertical central à l'entrait et au sommet, il faut utiliser deux fois plus de clous que pour fixer le lien au sommet.

Par exemple, pour une pente de  $25^\circ$ , un angle d'inclinaison du plafond de  $10^\circ$ , une portée de 7,5 mètres, on obtient, par mesure directe ou par calcul, une longueur inclinée de 7,616 mètres. La différence des angles est de  $15^\circ$  et il faut utiliser un modèle de ferme à pente de  $15^\circ$  et portée de 8 mètres.

#### Fermes de toitures avec faite surélevé

Les arbalétriers du faite surélevé n'augmentent que peu le poids du toit et on peut utiliser tel quel le modèle de fermes convenant à la partie inférieure du toit. Les charges étant réduites, l'arbalétrier et le poinçon du faite surélevé n'exigent que des assemblages légers n'appelant aucun calcul particulier.

Ces méthodes empiriques présentent une assez grande marge de sécurité, mais il ne faut pas trop s'en écarter. Il ne faut pas opérer successivement deux changements, c'est-à-dire il ne faut pas aménager, à l'aide de ces règles, un comble à faite surélevé avec des fermettes espacées de 1,5 mètres.

Pour ce qui est des poutres triangulées et des fermes en treillis, leur calcul doit être toujours confié à un ingénieur.

REFERENCES

1. Suddarth, S.K. Goodrick, F.E., Dress, P.E.  
"A Digital computer programme for analysis of member stresses in symmetric W-trusses."  
Purdue University. Agr. Expt. Stn. research Bulletin 783, Lafayette, Indiana, août 1964.
2. British Standards Institution "Code of Practice for the Structural Use of Timber : Part 3 Trussed rafters for roofs of Dwellings" CP 112 : Pt 3 : 1973 Londres.
3. Truss Plate Institute Inc. "Design specification for light metal plate connected wood Trusses" 6th ed. Washington D.C.
4. Standards Association of Australia "SAA Timber Engineering Code" AS 1720 : 1975 Sydney.
5. Canadian Standards Association "Code of Recommended Practice for Engineering Design in Timber" CSA Standard 026-1970 Ontario.
6. Ozelton E.C. and J.A. Baird "Timber Designers Manual" 1976 Crosby Lockwood Staples. Londres.

ANNEXE 1

FICHES DE CONSTRUCTION

Les fermettes représentées sur les fiches de construction satisfont aux conditions ci-après :

Espacement : 1 m.

Couverture :

HN Lourde - charge du toit allant jusqu'à 95 kg par m<sup>2</sup> (tuiles en terre cuite ou en ciment).

LN Légère - charge du toit allant jusqu'à 35 kg par m<sup>2</sup> (feuilles ondulées en acier, aluminium ou amiante).

Revêtement de plafond :

Jusqu'à 15 kg par m<sup>2</sup> (blancher au plâtre de 12,5 mm).

Bois :

Résineux de densité moyenne (cèdre, pin, podo) de la deuxième qualité du classement selon la résistance.

Arbalétriers et entrants - dimensions de base 100 mm x 50 mm

Contre-fiches et liens - dimensions de base 50 mm x 50 mm.

Portées :

Comme indiqué sur les fiches : jusqu'à 3 mètres pour les fermes en V, jusqu'à 10 mètres pour les fermes belges.

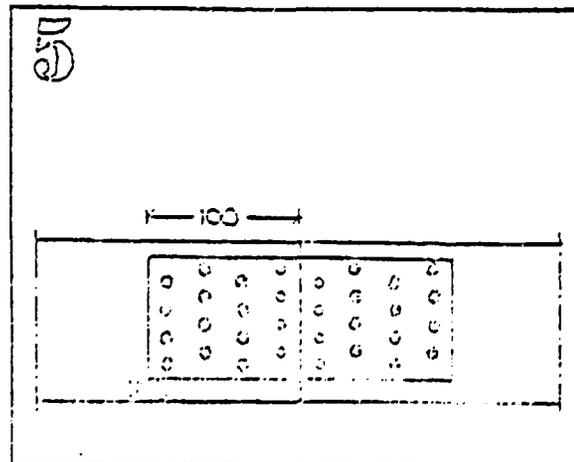
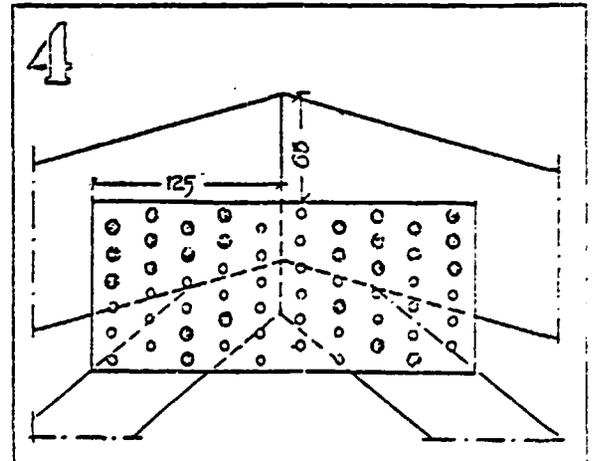
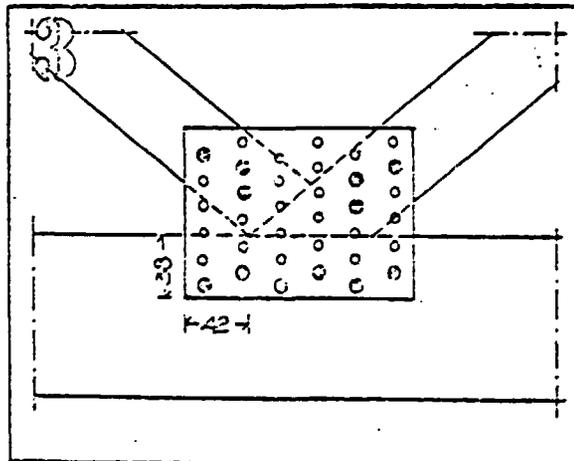
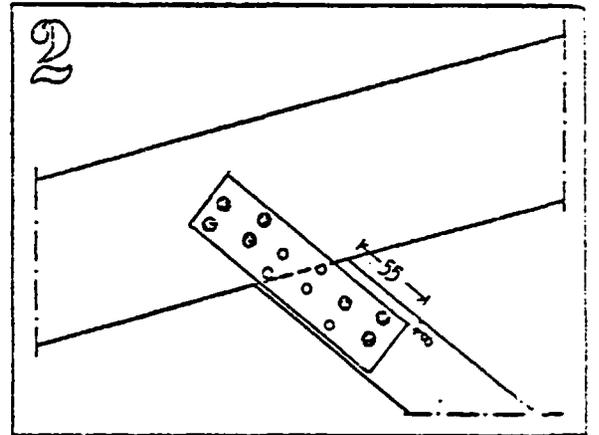
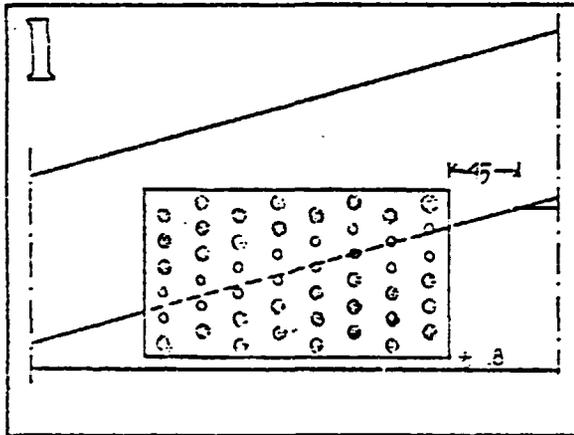
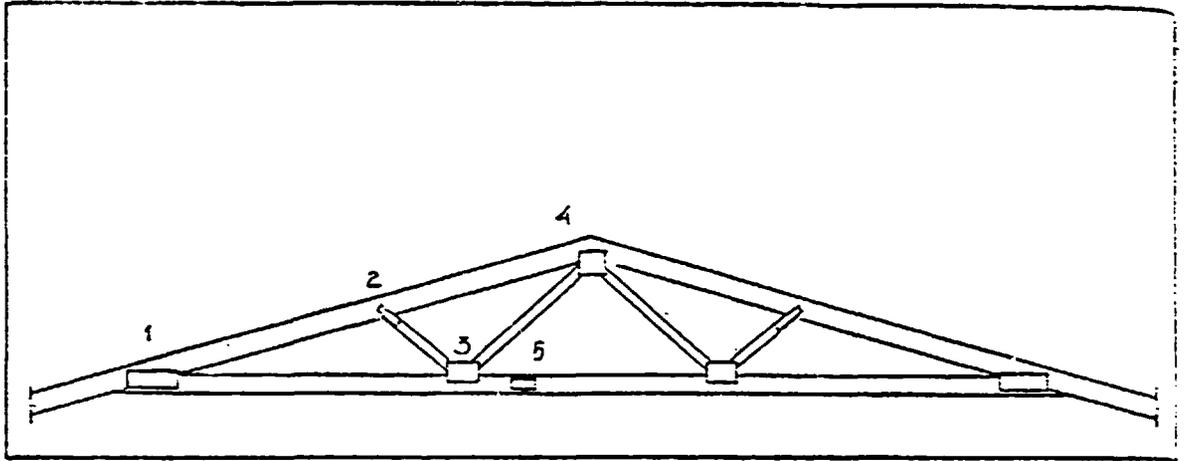
Pentes :

15° 17 $\frac{1}{2}$ ° 20° 22 $\frac{1}{2}$ ° 25° 27 $\frac{1}{2}$ ° 30°.

Clous :

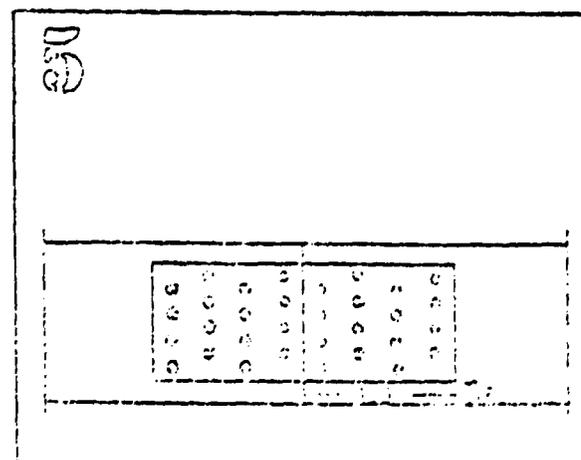
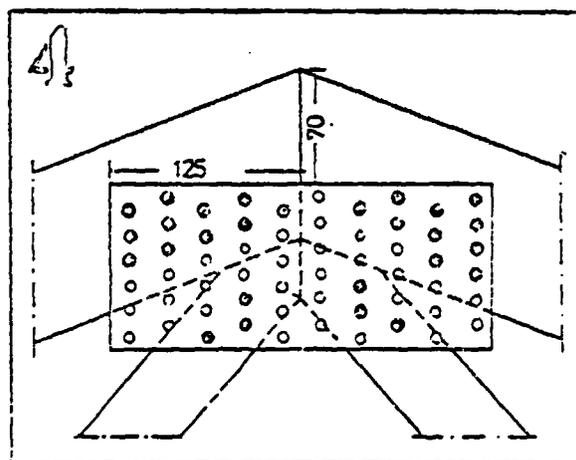
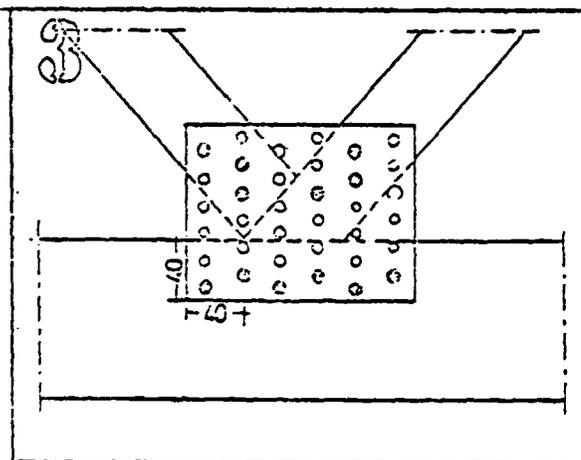
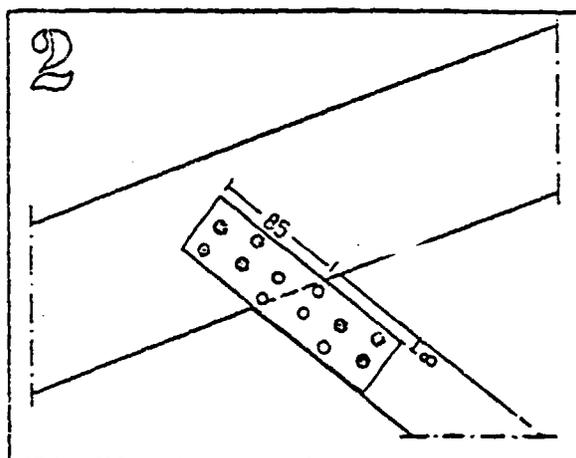
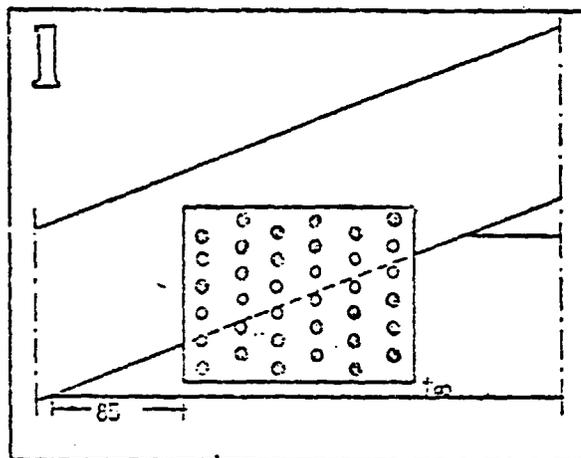
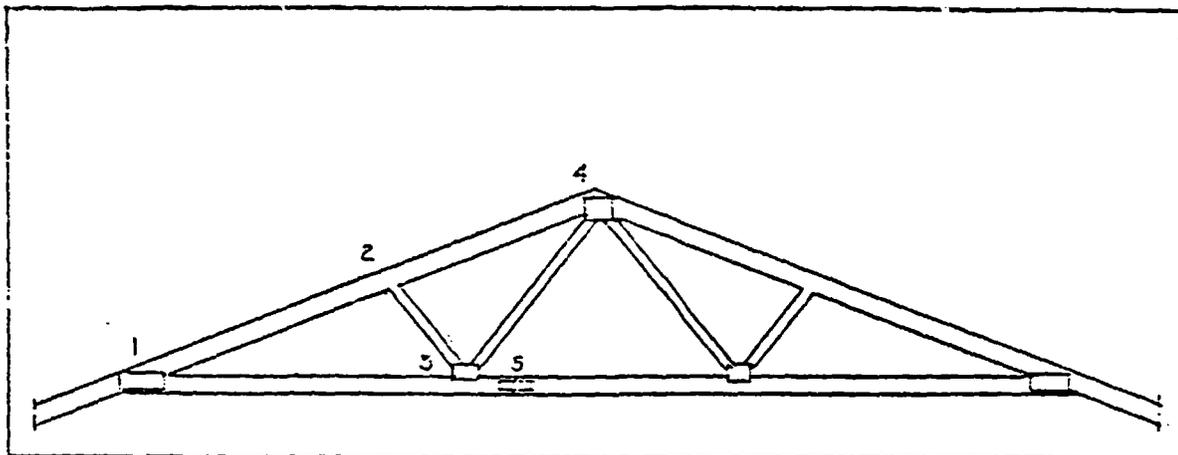
35 mm x 3,3 mm. La position des clous est indiquée par des cercles pleins sur les plaques clouées.

Pour les plaques supportant une toiture en tuiles, il ne faut pas de chevrons fixés sur des pannes. A leur place, on utilise des liteaux de 50 mm x 50 mm posés à plat.

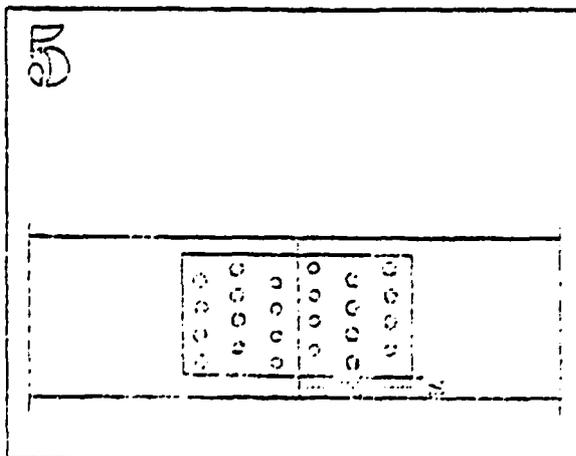
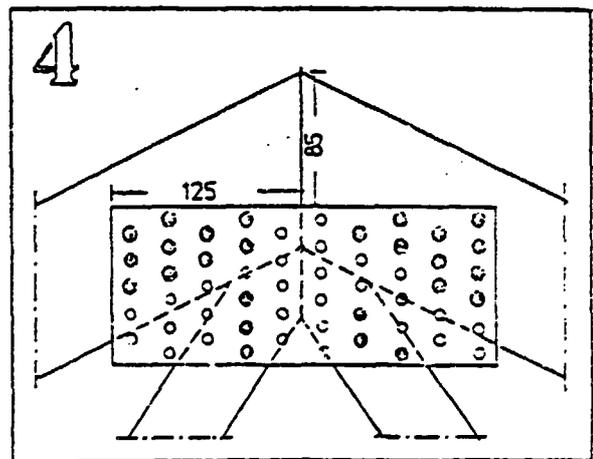
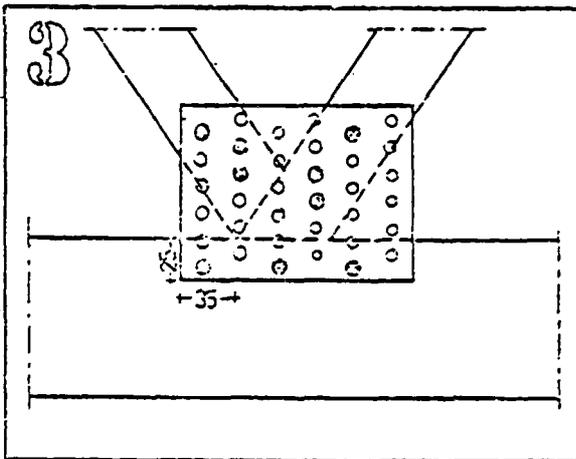
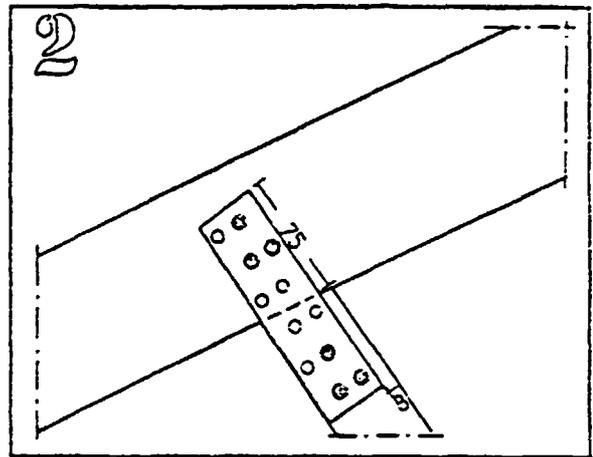
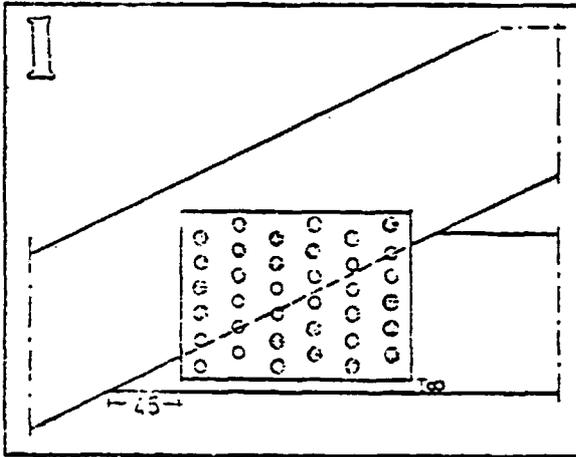
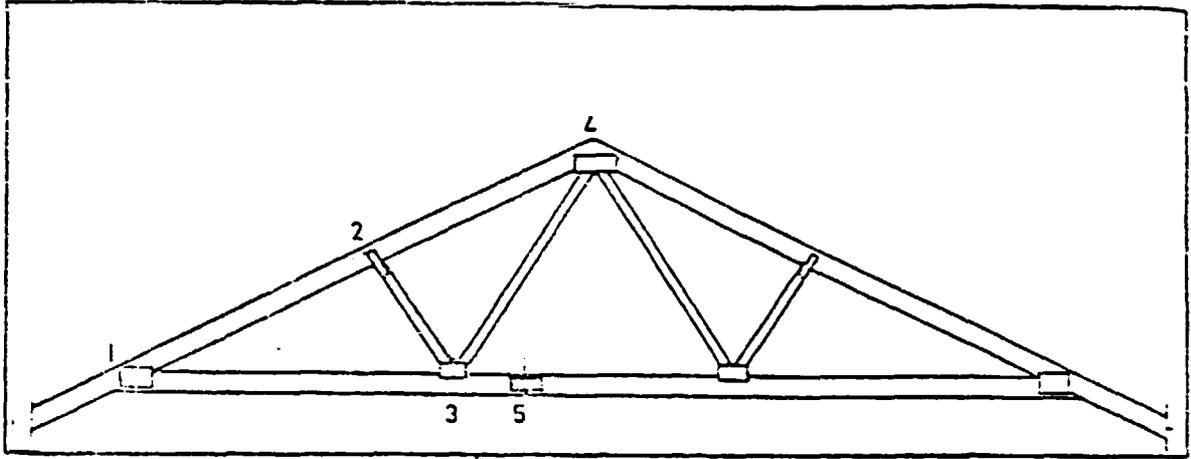


	Plaque	Dimensions	Pointes
1	6-8	104 - 200	14 - 13
2	2-6	40 - 150	4 - 3
3	0-6	104 - 150	3 - 3 - 0
4	0-10	104 - 250	2 - 10 - 2 - 3
5	4-8	72 - 250	12 - 12

PROJET N° 1018

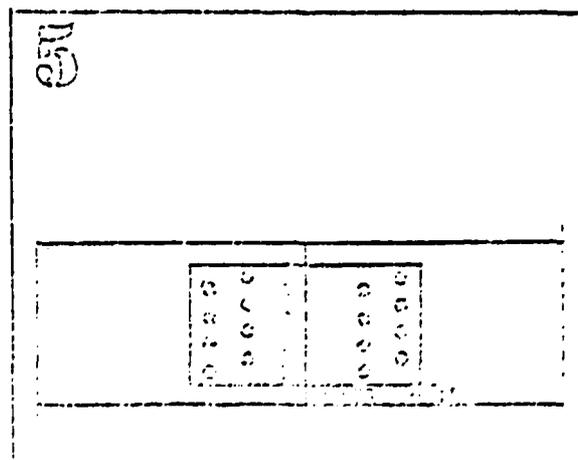
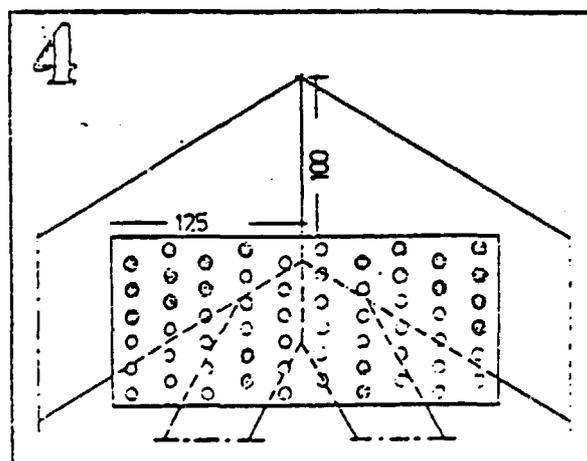
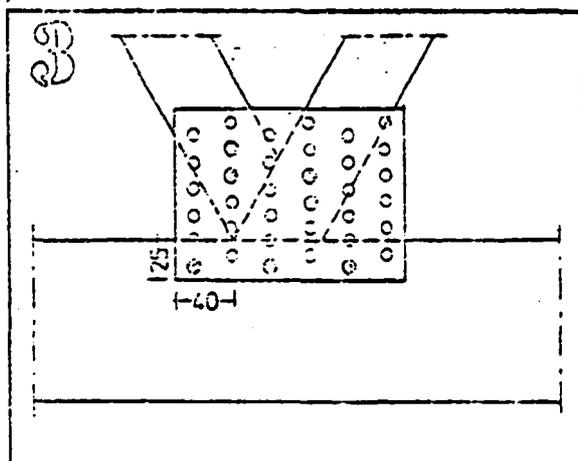
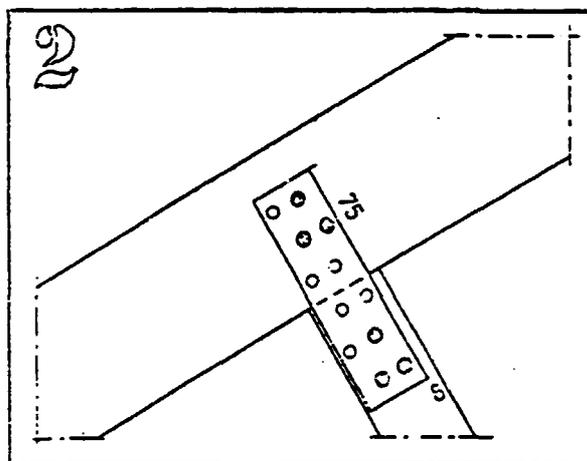
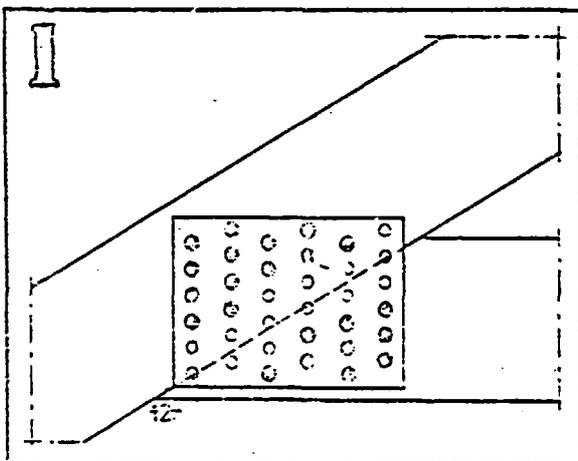
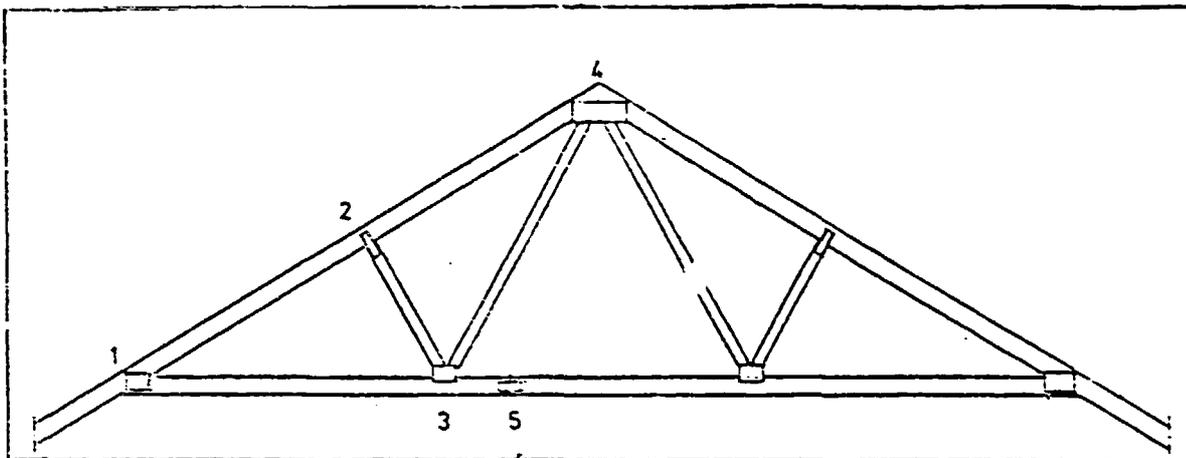


	Plaque	Dimensions	Rivets
1	6x6	104x150	12-12
2	2x5	40x150	3-3
3	3x3	104x150	3-3-6
4	5x10	104x250	2x(10-3)
5	4x8	72x200	12-12



	Placa	Dimensões	Poinços
1	6x6	104x150	13-10
2	2x6	40x150	3-3
3	6x6	104x150	3-3-3
4	6x10	104x250	2x(10-3)
5	4x6	72x150	8-6

PROPOSÉ PAR M. L. B.



	Plaque	Dimensions	Pointes
1	6x6	104x150	13-9
2	2x6	40x150	3-3
3	6x6	104x150	2-2-3
4	6x10	104x250	2(9-2)
5	4x6	72x150	8-5

FIGURA DE W HNE

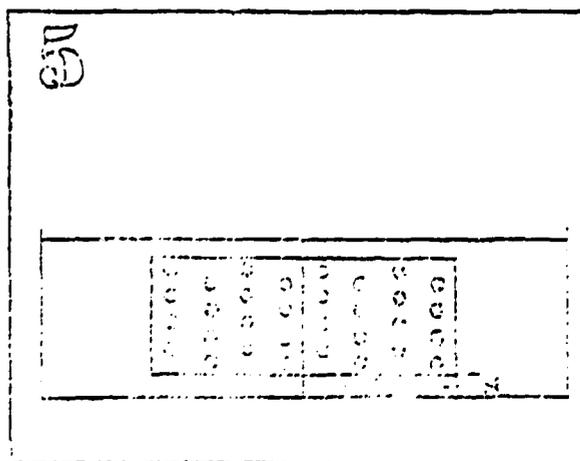
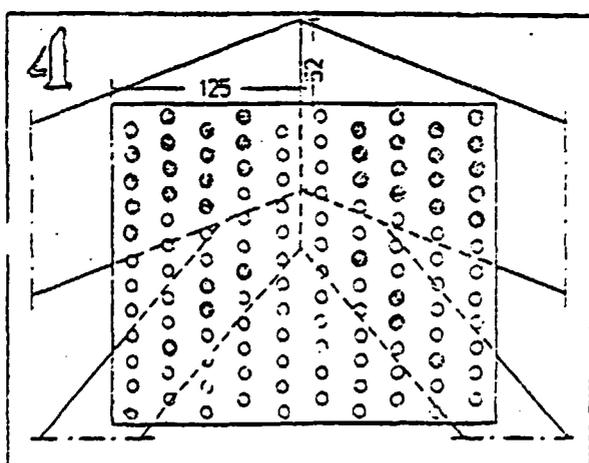
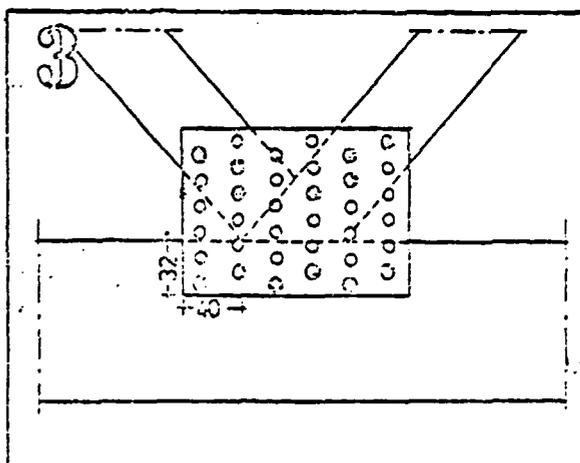
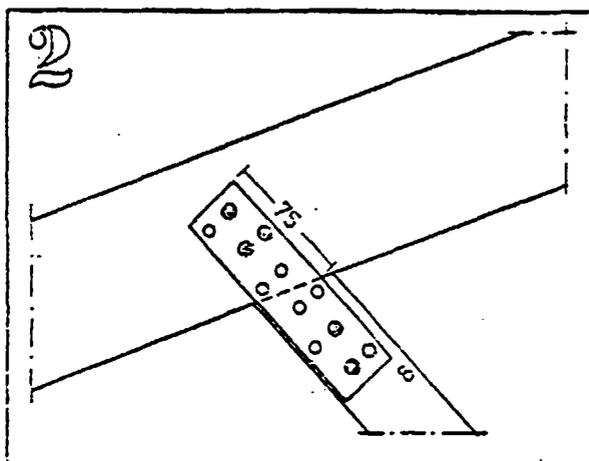
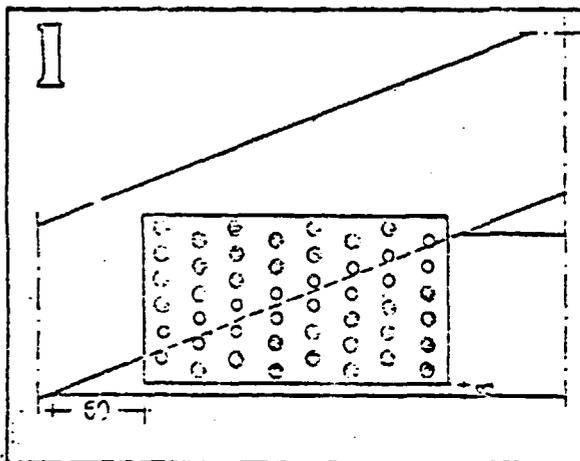
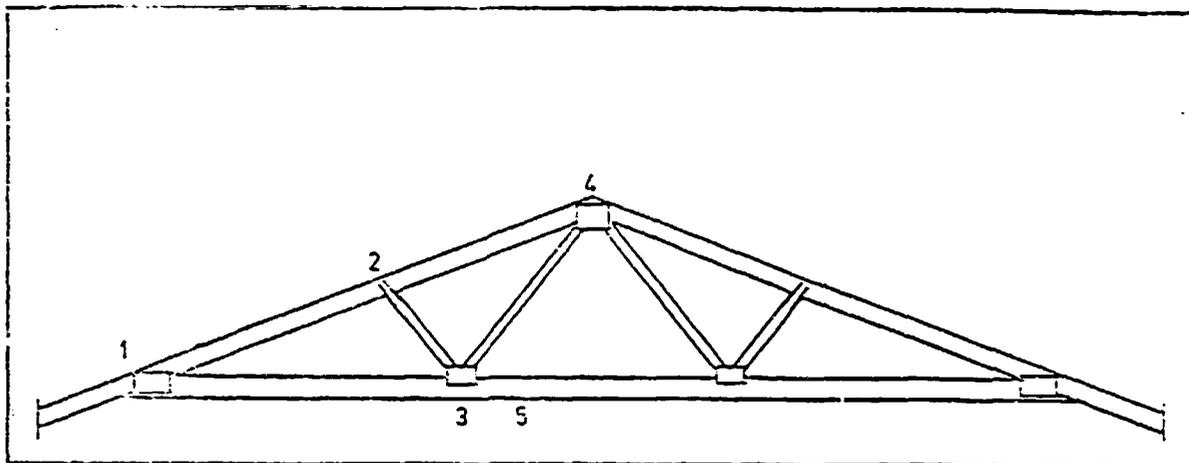
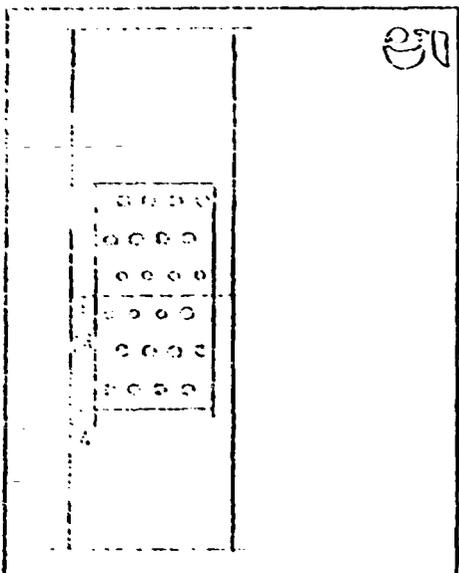
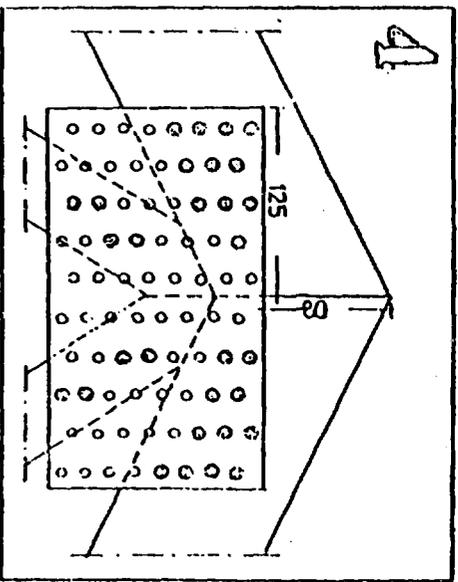
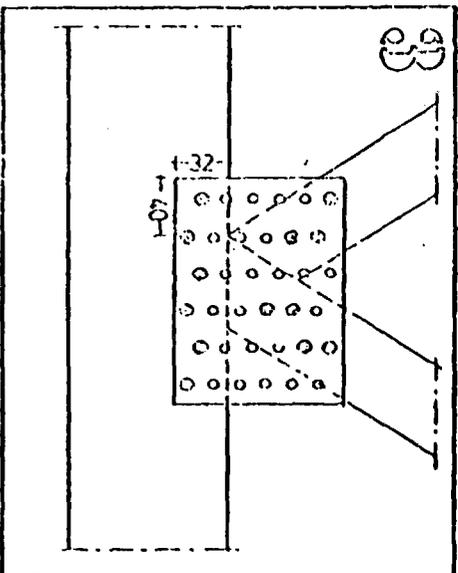
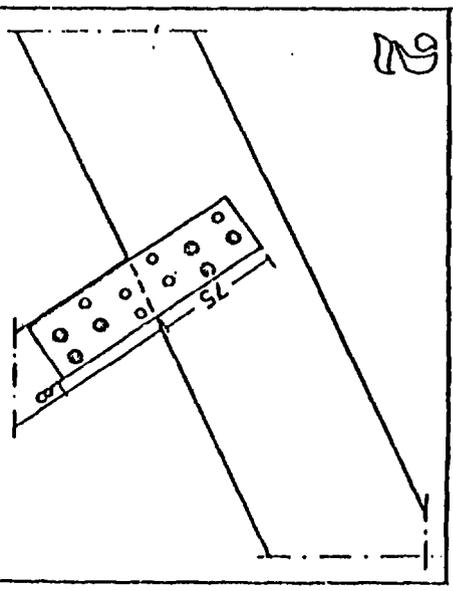
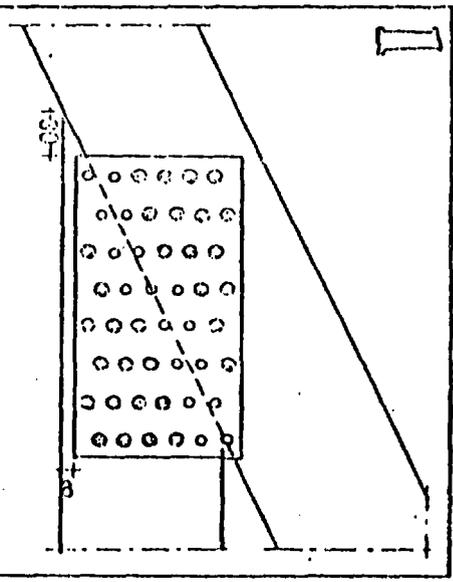
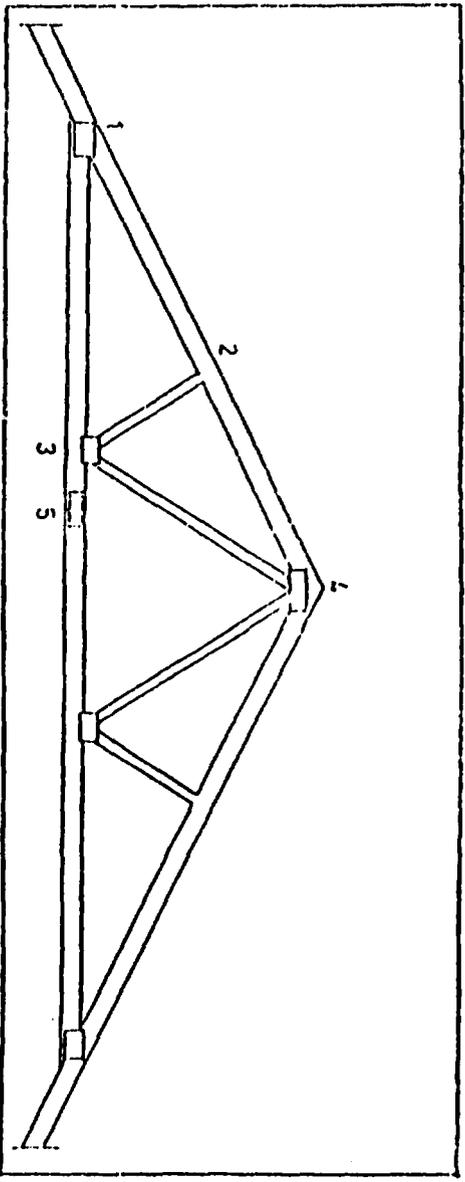


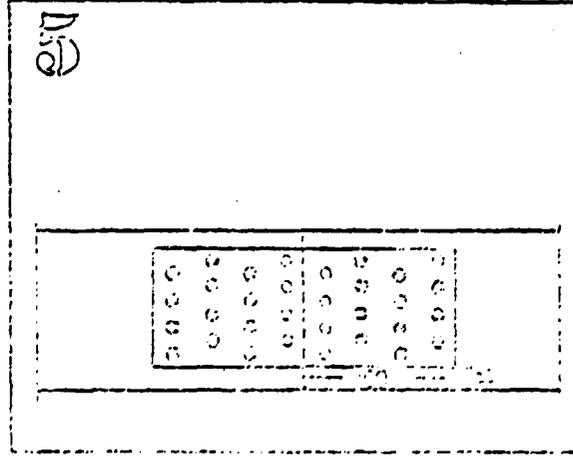
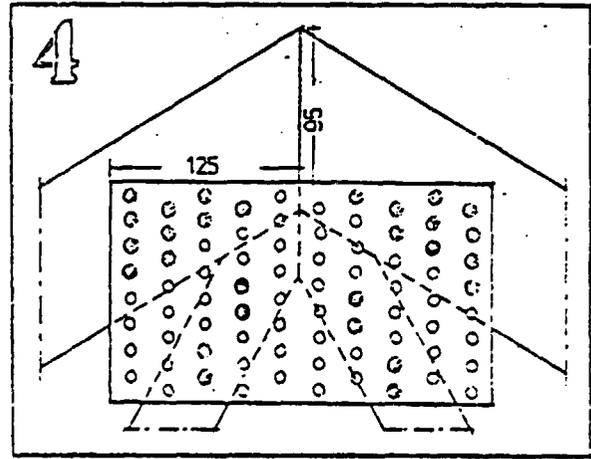
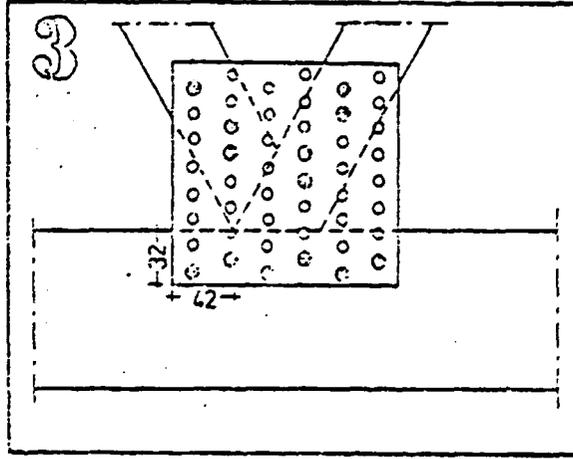
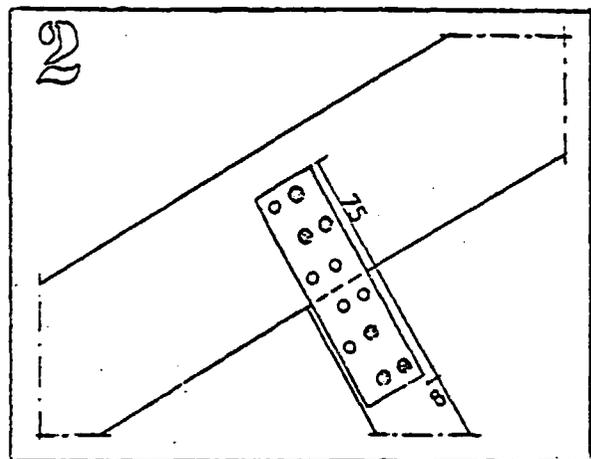
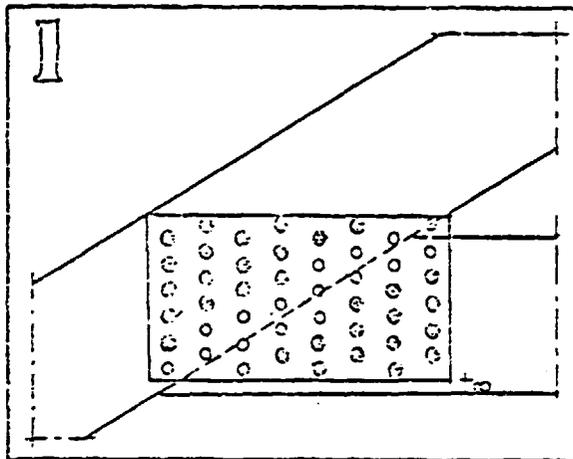
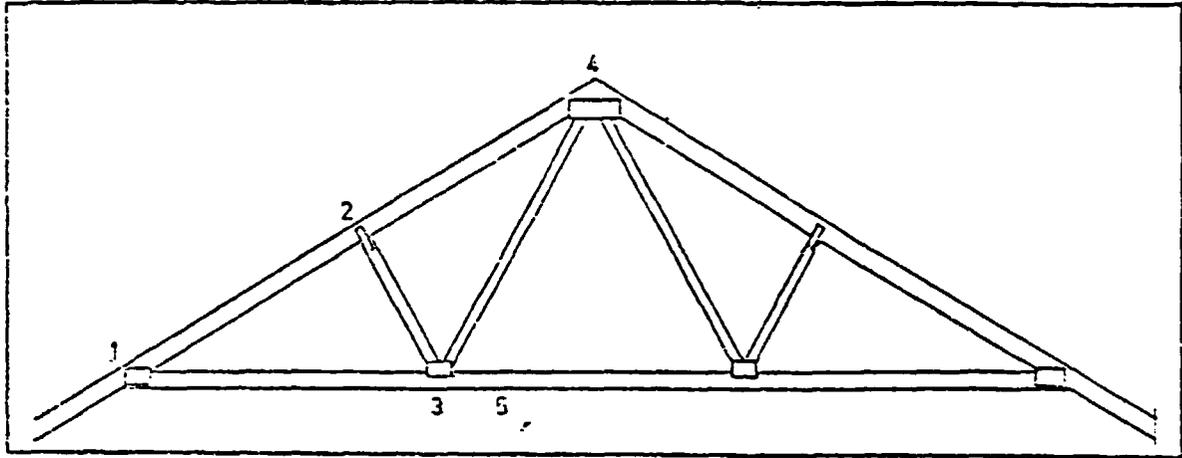
	Figura	Dimensiones	Puntos
1.	6x8	104x200	16-16
2.	2x6	40x150	3-3
3.	6x6	104x150	3-4-6
4.	12x10	200x250	2x(16-4)
5.	4x8	72x200	12-12



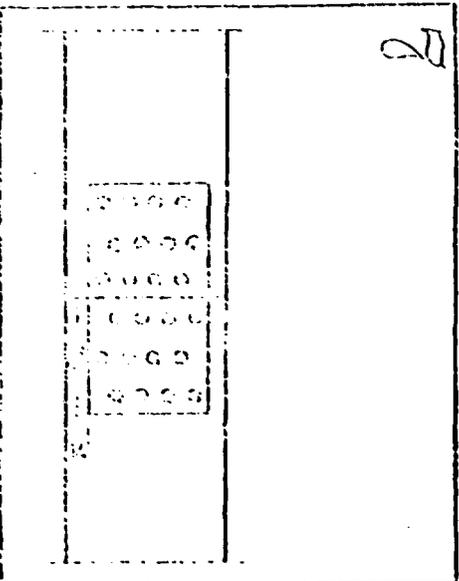
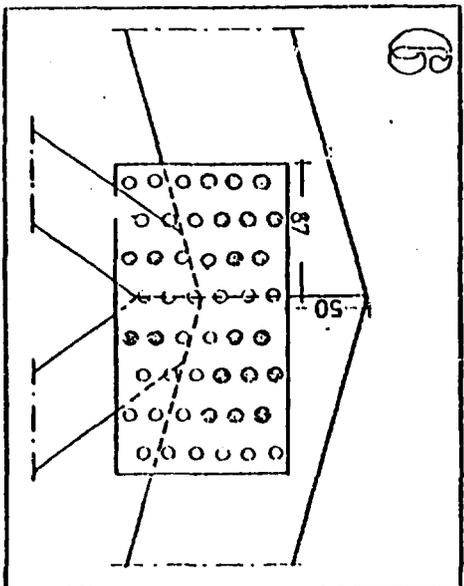
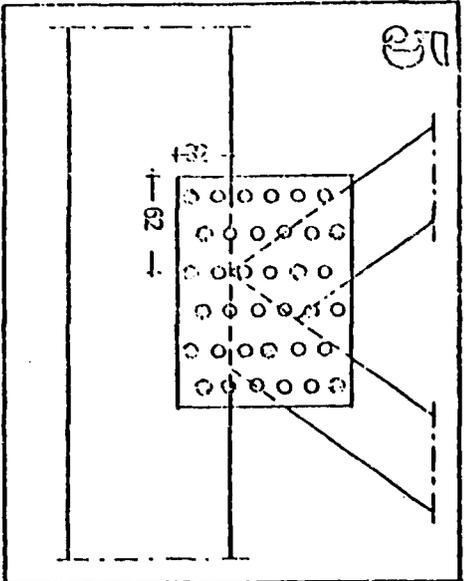
	Shape	Dimensions	Points
1	6x8	104x200	15.6
2	2x6	40x150	3.3
3	6x6	104x150	3.4.5
4	6x10	156x250 (2x(11.4))	
5	4x6	72x150	8.8



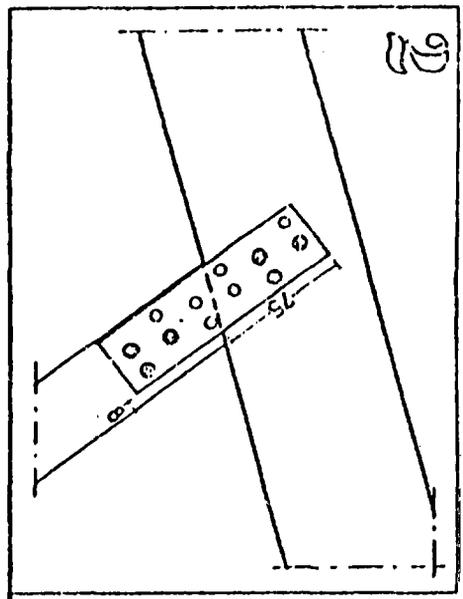
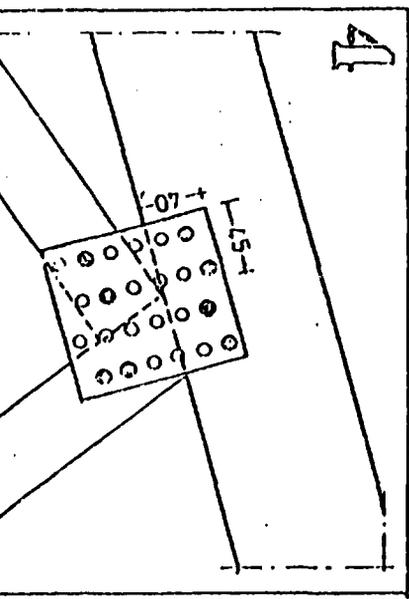
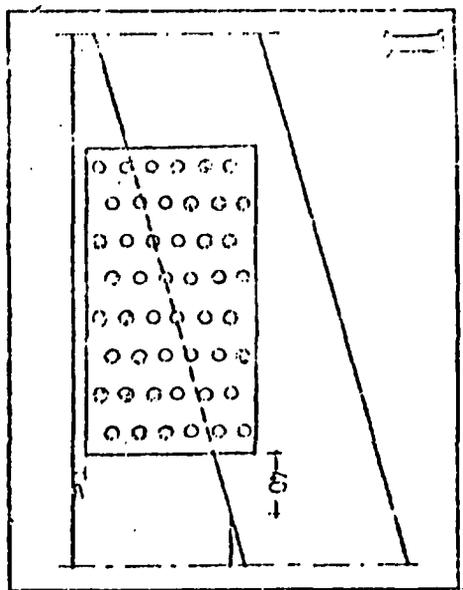
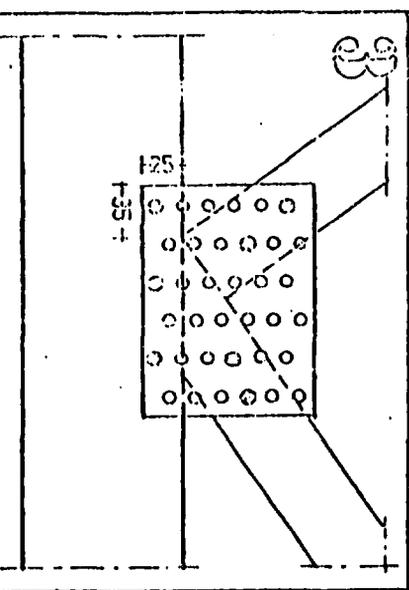
FORMA DE HW8

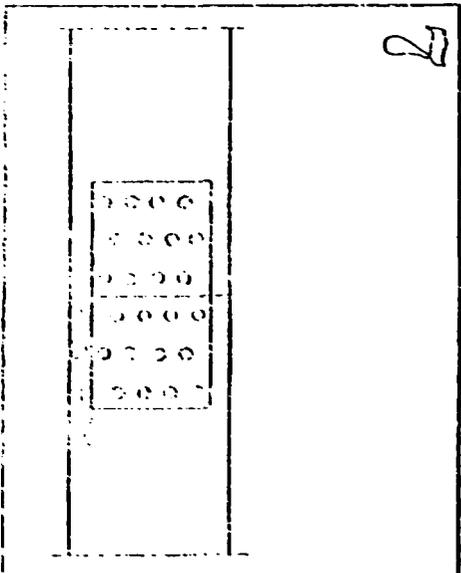
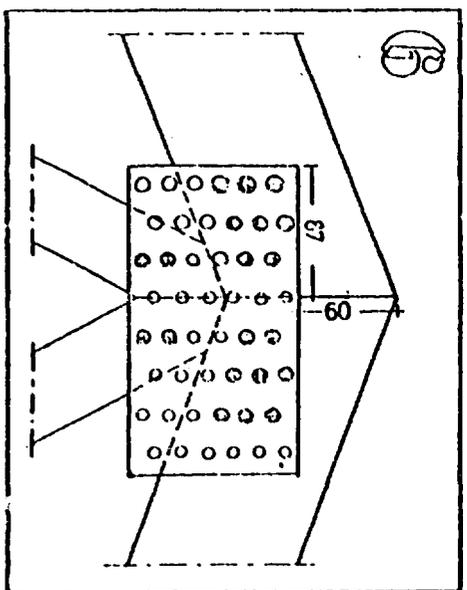
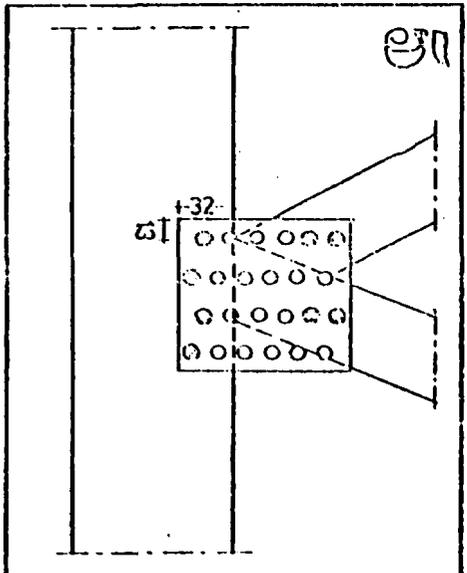


	Placa	Dimensiones	Juntas
1	6x8	104x200	17-14
2	2x6	40x150	3-3
3	8x6	136x150	3-4-6
4	8x10	136x250	2x(10-4)
5	4x8	72x250	12-10

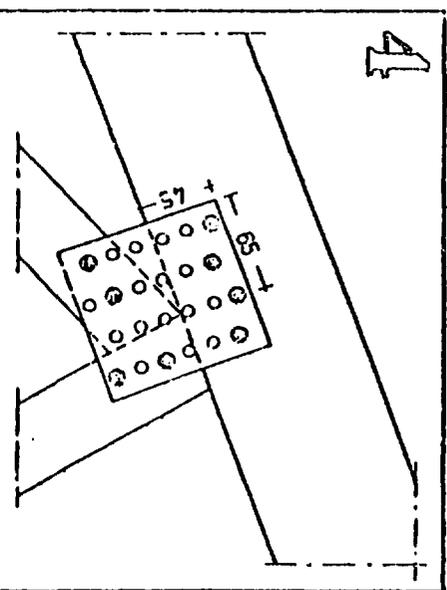
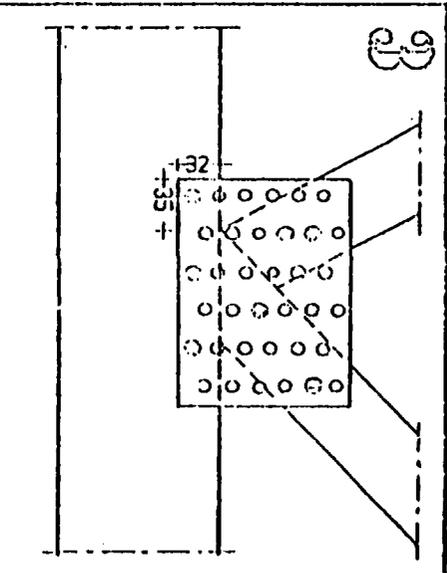
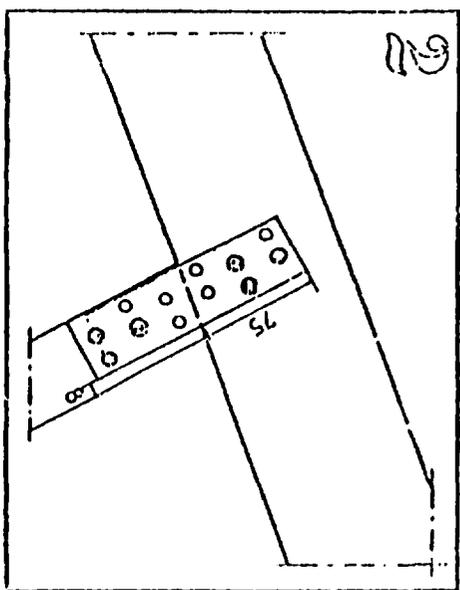
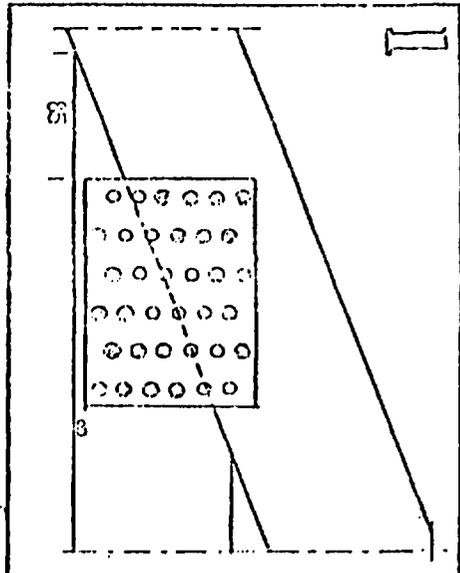


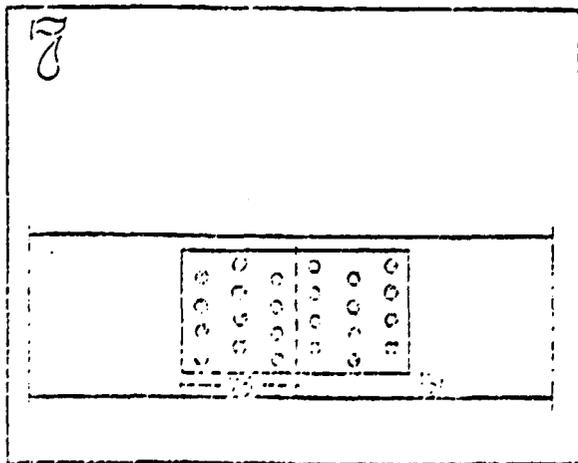
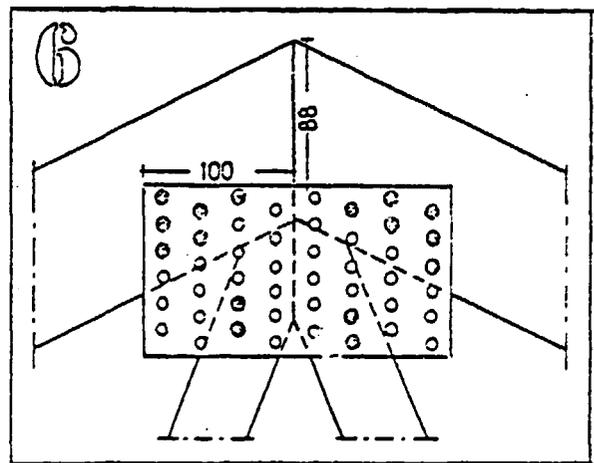
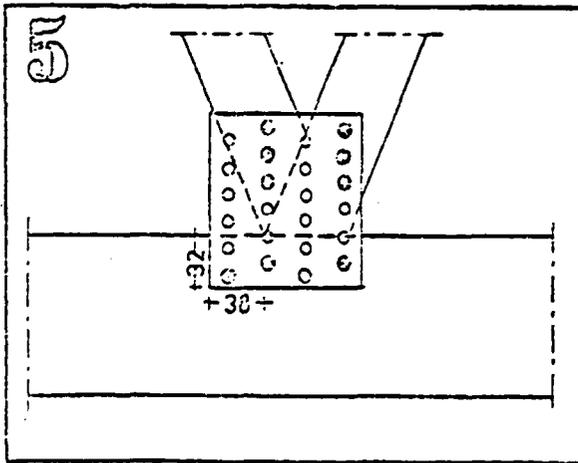
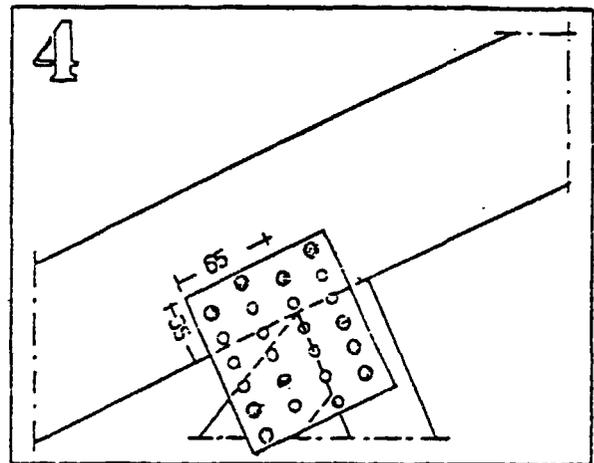
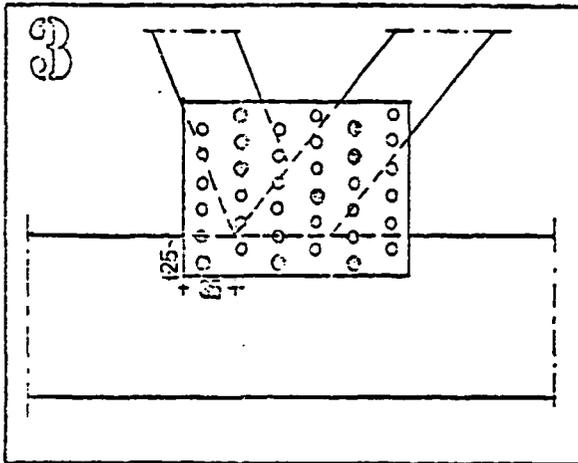
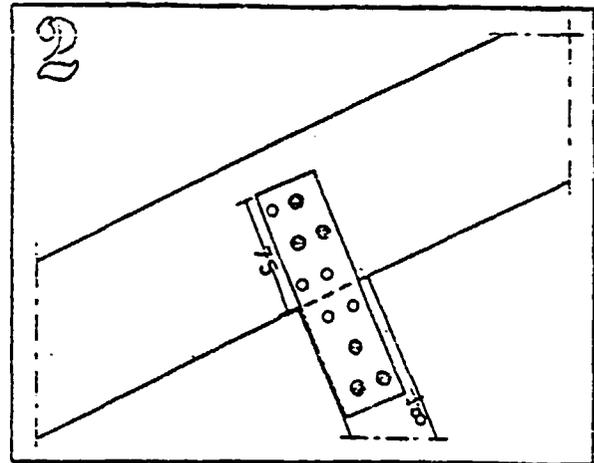
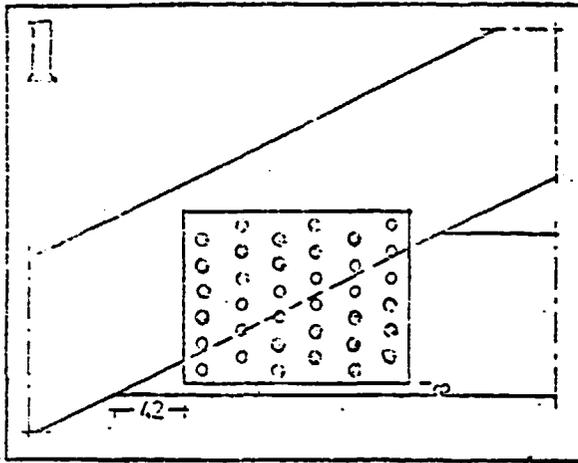
	Place	Dimensions	Points
1	6x8	104x200	12+12
2	2x6	40x150	3+3
3	6x6	104x150	2+2+3
4	6x4	104x100	4+2+2
5	6x6	104x150	2+2+6
6	6x8	104x200	2x(8+2)
7	4x6	72x150	9+8



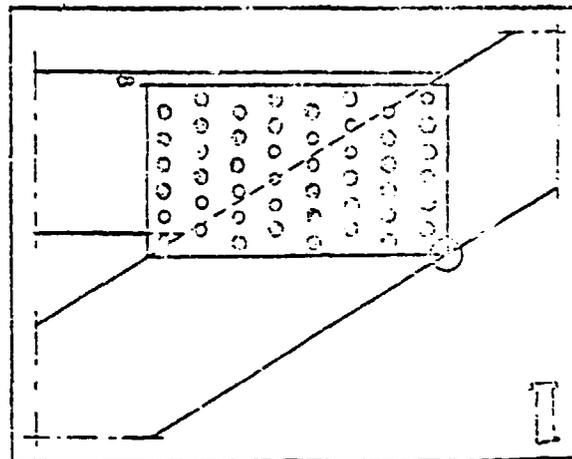
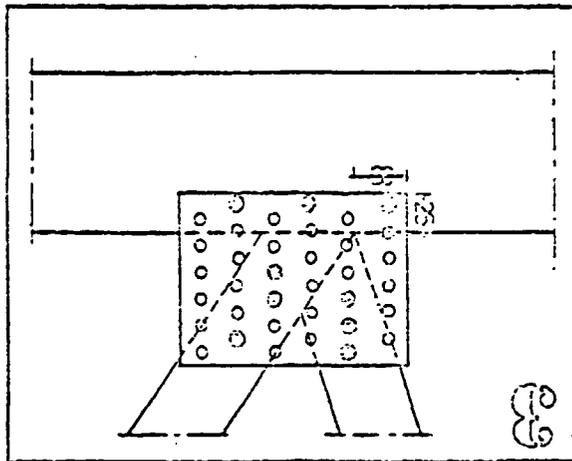
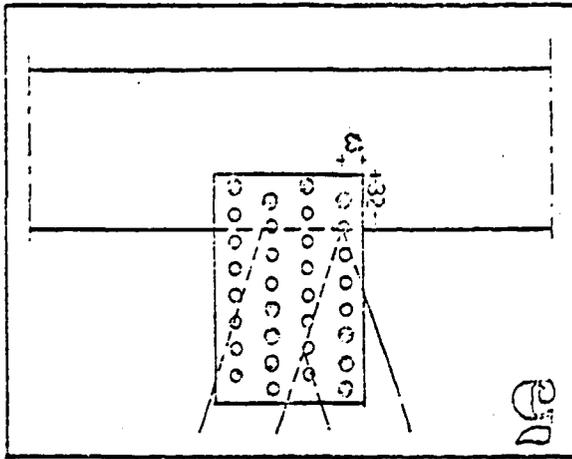
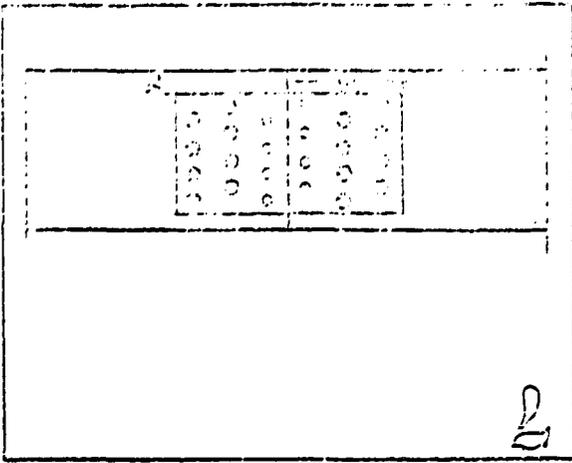


	Plaque	Dimensions	Points
1	6x6	104x150	11x11
2	2x6	40x150	3.3
3	6x6	104x150	2-2.3
4	6x4	104x100	1-2.2
5	6x4	104x100	2-2.4
6	6x8	104x200	2(2.2)
7	4x6	72x150	3.2

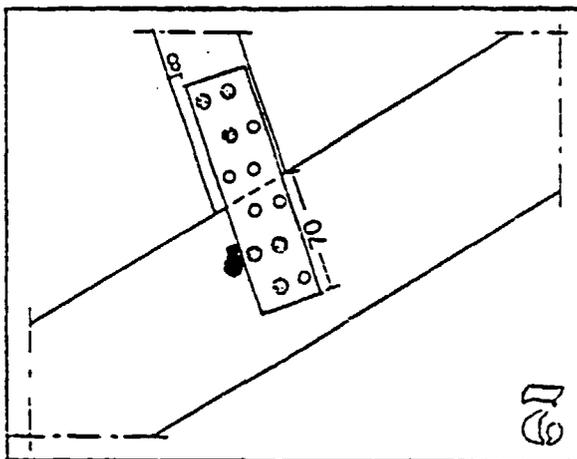
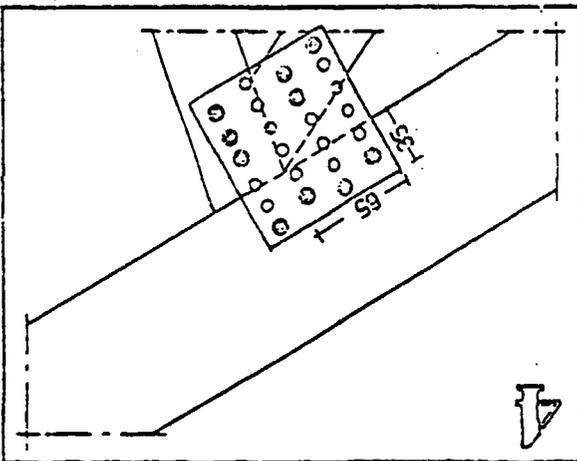
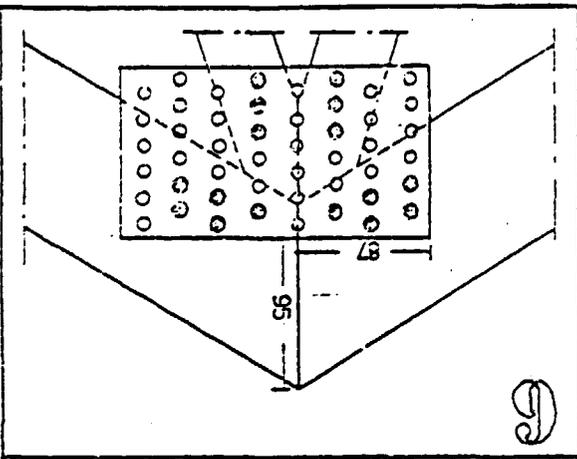




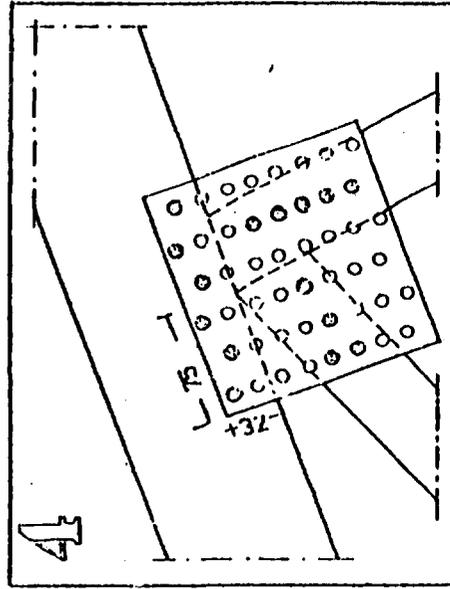
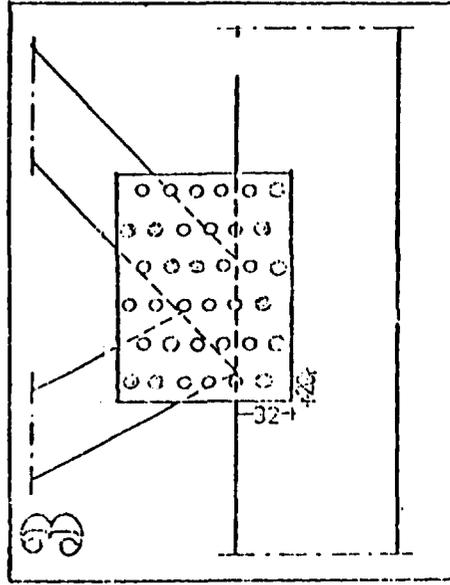
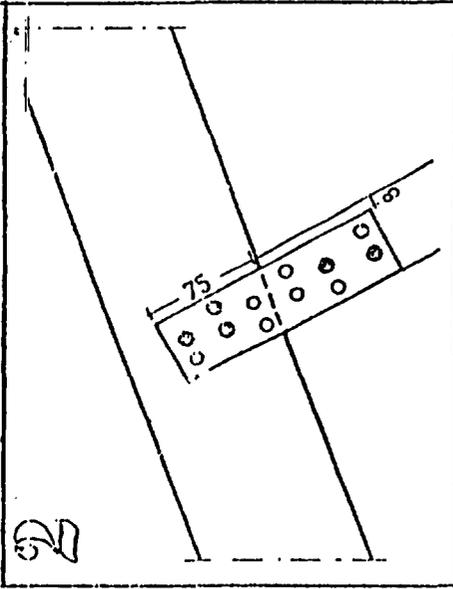
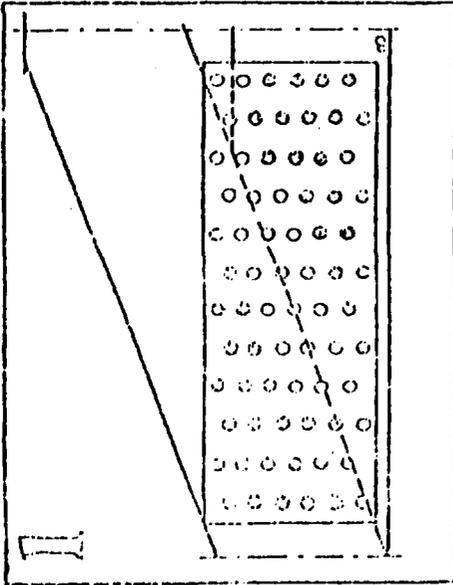
	Plaque	Dimensions	Pointes
1	6x6	104x150	12-10
2	2x6	40x150	3-3
3	6x6	104x150	3-3-3
4	6x4	104x100	4-3-3
5	6x4	104x100	3-3-4
6	6x8	104x200	2x(6-2)
7	4x6	72x150	8-8

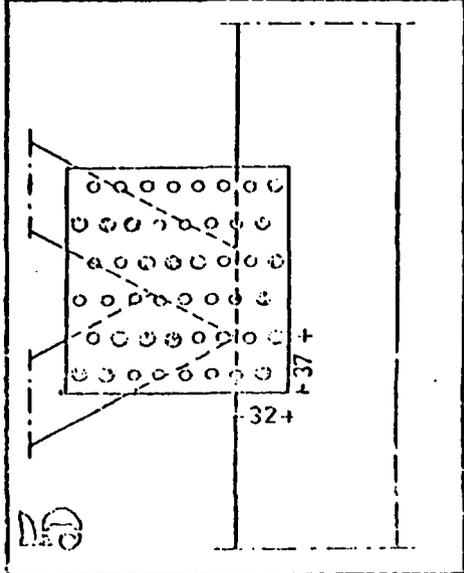
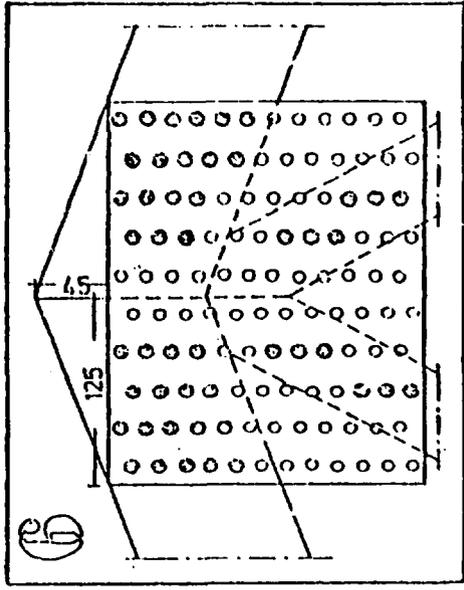


	Plaque	Dimensions	Pointes
1	6x8	104x200	18-15
2	2x6	40x150	3-3
3	6x6	104x150	3-3-3
4	6x4	104x100	4-3-3
5	8x4	126x100	3-3-4
6	6x6	104x200	2x(5-3)
7	4x6	72x150	8-3

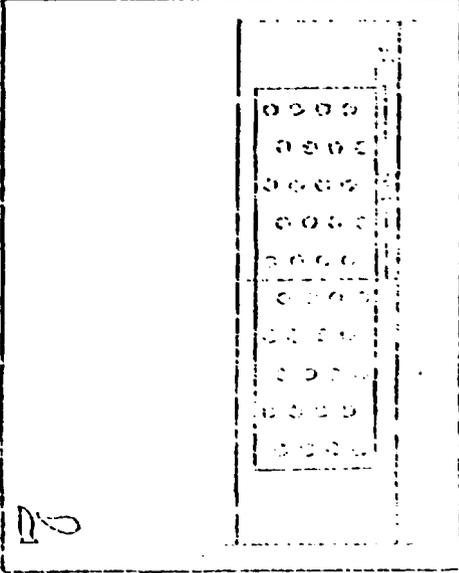


FELINE PENCIL #110



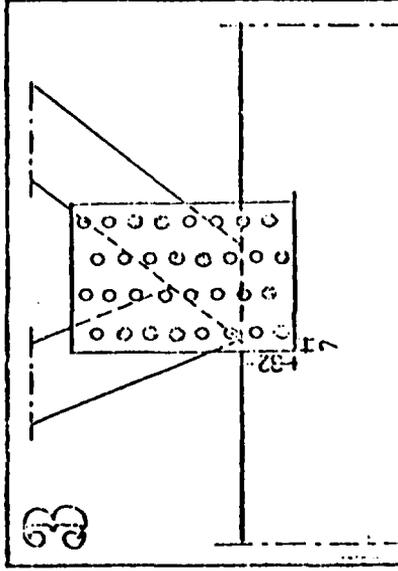
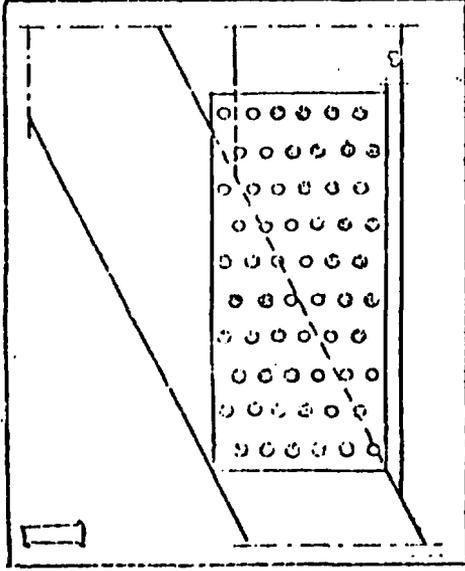
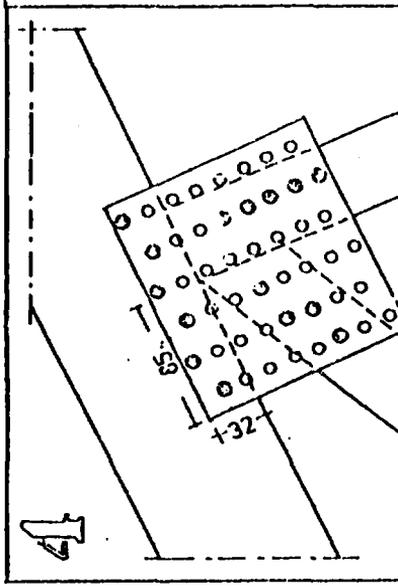
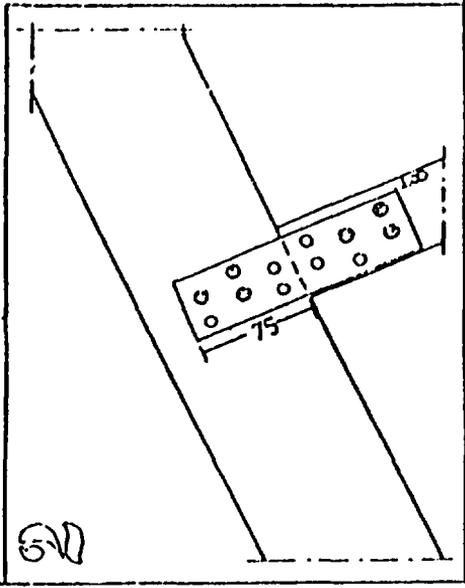


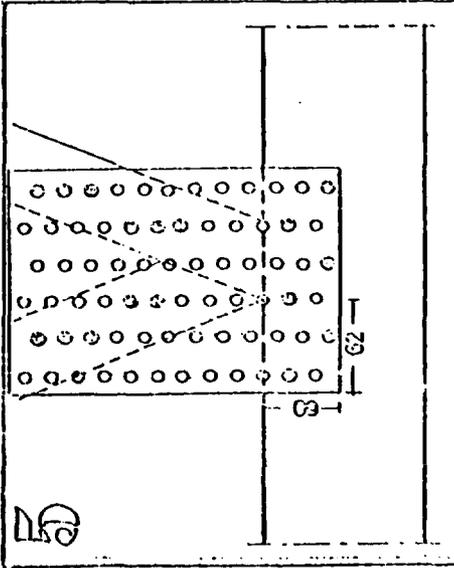
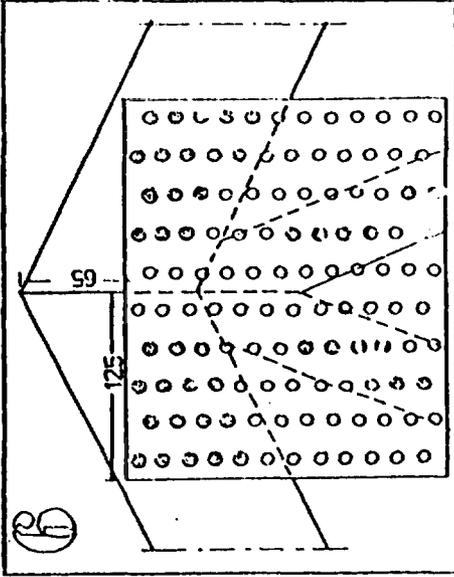
	Plaque	Dimensions	Pointes
1	6x12	104x300	23x22
2	2x6	40x150	3x3
3	6x6	104x150	3x4x6
4	8x6	136x150	5x5x4
5	8x6	136x150	5x6x5
6	12x10	200x250	2x(18x6)
7	4x10	72x250	16x6



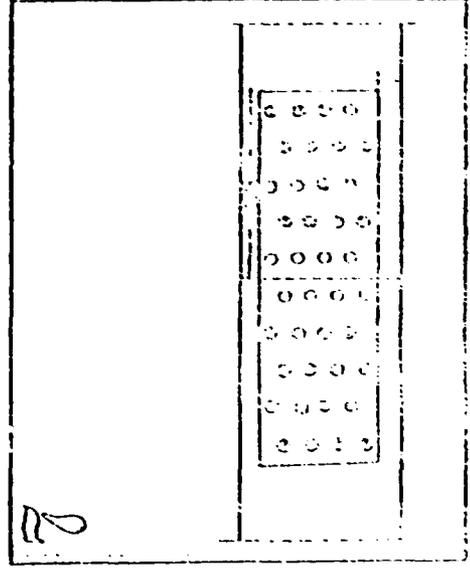
25  
⑬

PROBES BELOW: 5410





	Flame	Dimensions	Points
1	6x10	104x250	19x19
2	2x6	40x150	3x3
3	8x4	136x100	3x4x4
4	8x6	136x150	6x5x4
5	12x6	200x150	5x6x6
6	12x10	300x250	2x(6x6)
7	8x10	78x250	16x6



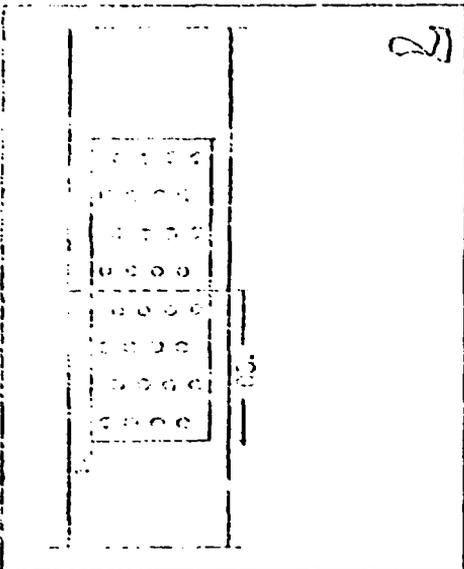
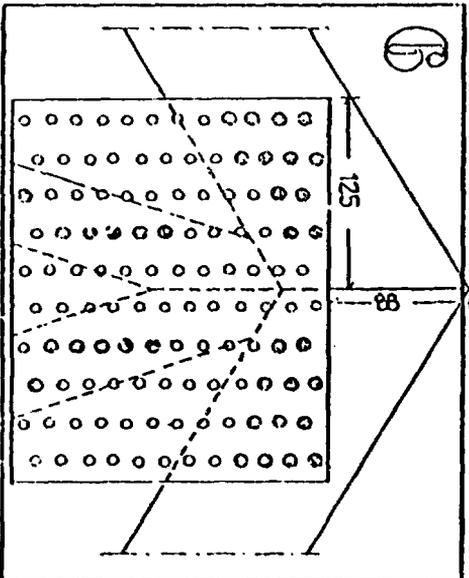
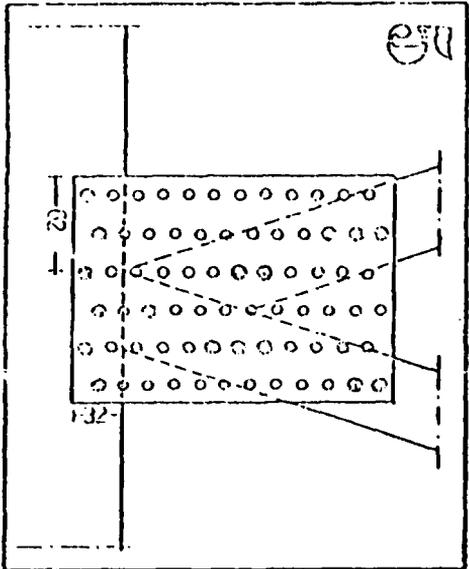
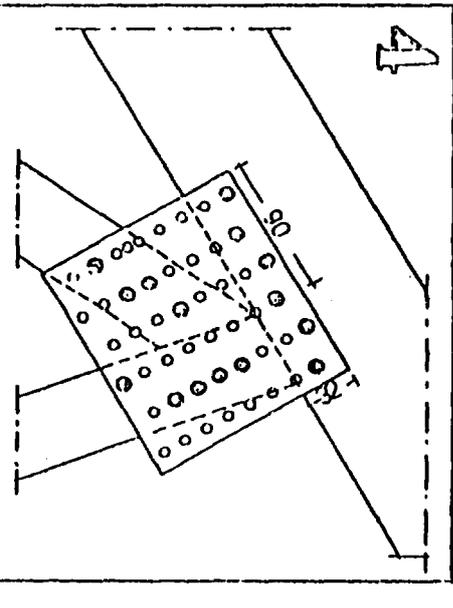
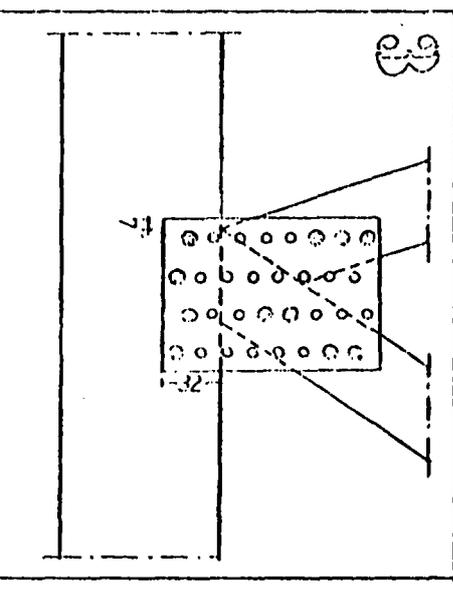
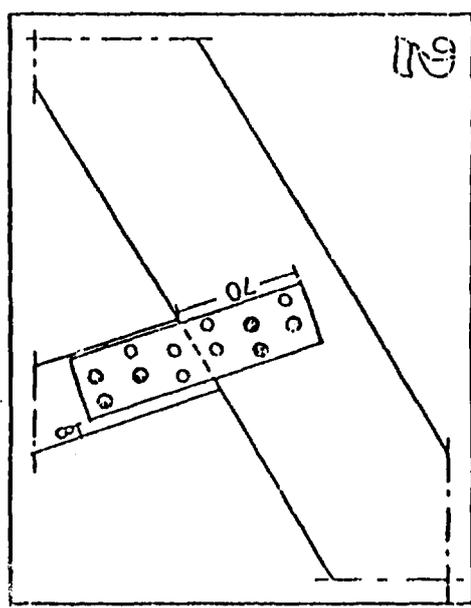
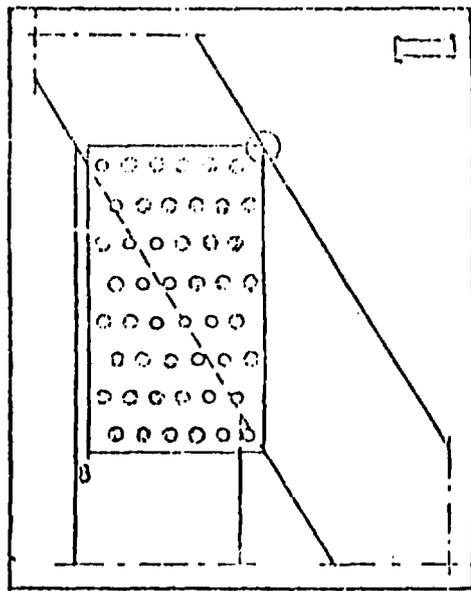
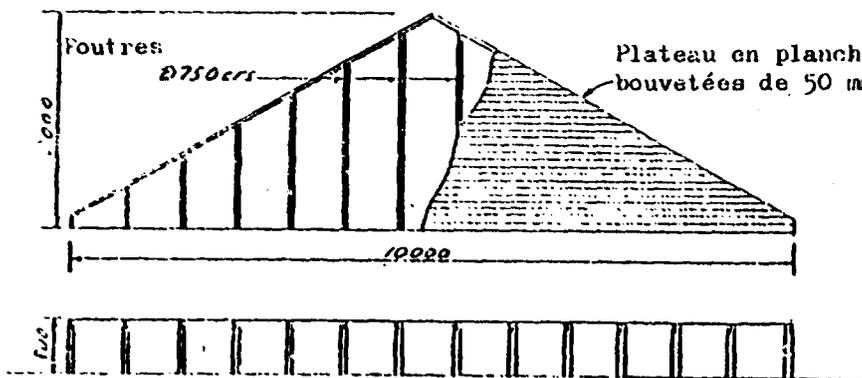


	Plate	Dimensions	Points
1	6x8	104x200	18-15
2	2x6	40x150	3-3
3	6x4	136x100	3-4-4
4	9x6	136x150	6-5-4
5	12x6	200x150	5-6-6
6	12x10	200x250	2x(12-6)
7	4x8	72x200	12-12

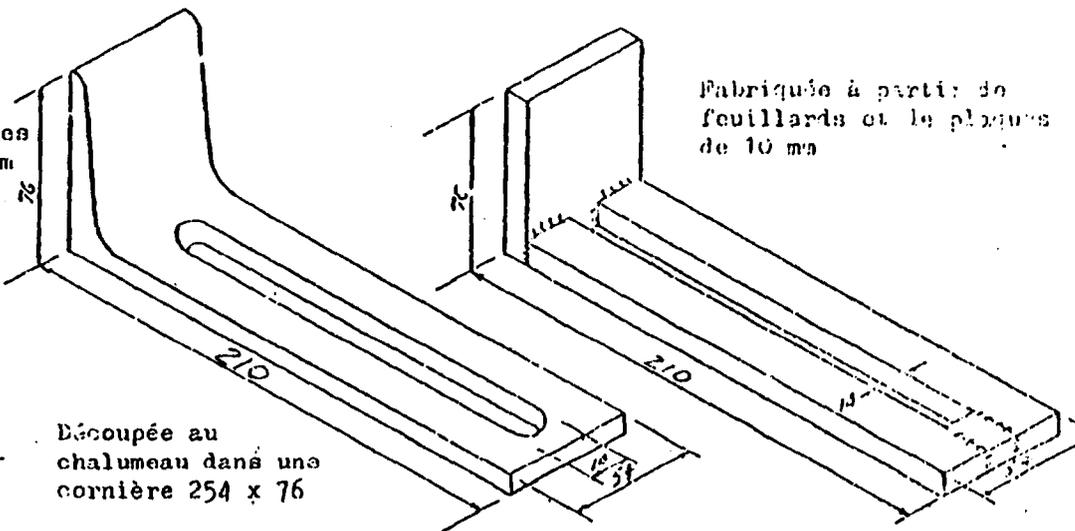


ANNEXE 2

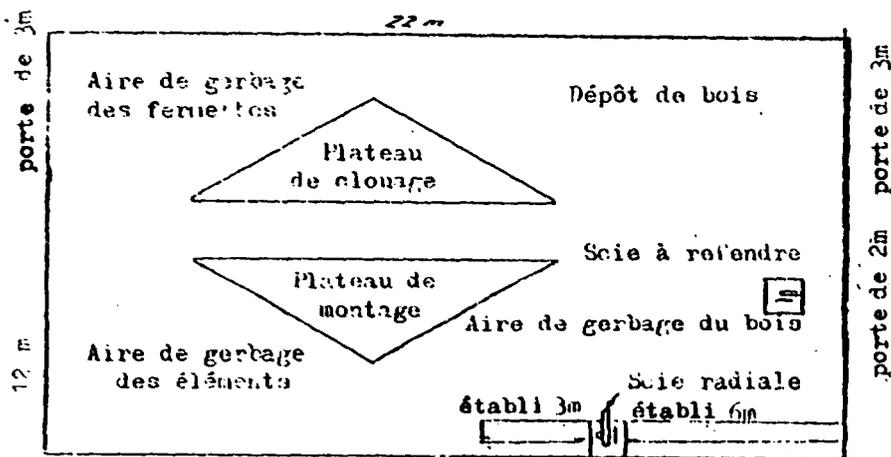
PLAN DE LA FABRIQUE, GABARITS ET GRIFFES



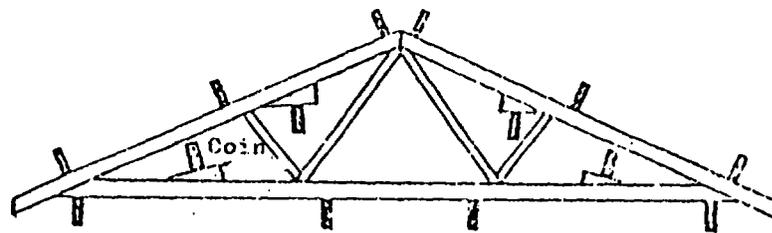
Plateaux de montage et de clouage



Griffes



Plan d'une fabrique de fermettes



Ferre fixée sur le plateau de montage

