



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th 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.

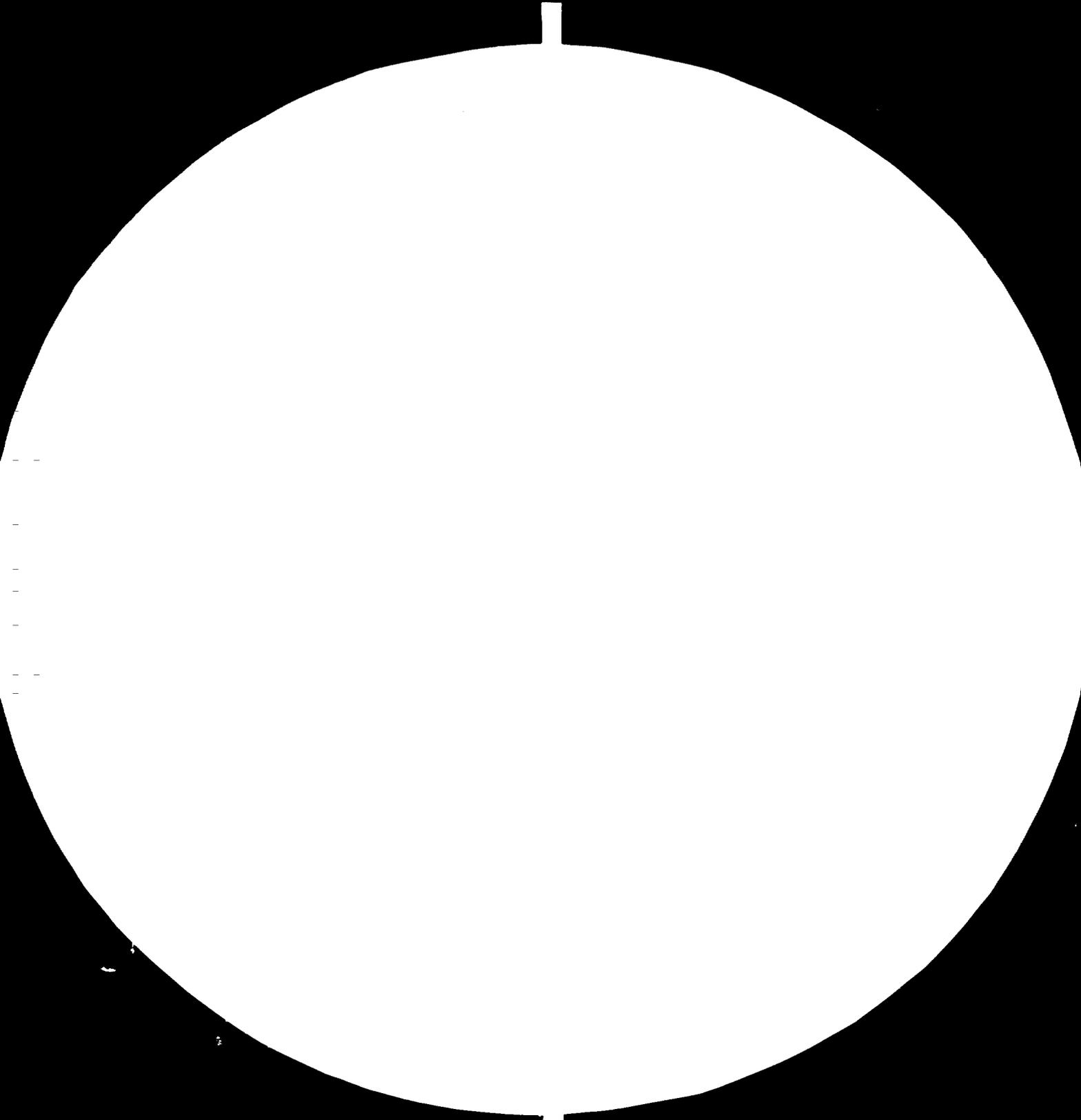
FAIR USE POLICY

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 for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org



11241

ORGANISATION DES NATIONS UNIES
POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL

Distr. LIMITEE

UNIDO/IO.463

8 septembre 1981

Original : ANGLAIS/FRANCAIS

ASSISTANCE AUX TRANSPORTS EN ZONE RURALE ;

UF/MAG/81/048

REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DE MADAGASCAR.

Rapport technique : Construction d'une usine d'éléments
modulaires pour ponts en bois bon marché*

Etabli pour le Gouvernement de la République démocratique de Madagascar
par l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel

D'après les travaux de M. C.R. Francis,
Ingénieur du bois

000001

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

V.81-29515

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
CHAPITRE	
1. Introduction	3
2. Programme de construction de ponts	5
3. Bois d'oeuvre	6
4. Acier	9
5. Modifications à apporter au modèle original	10
6. Traitement de protection	12
7. Travaux d'atelier	15
8. Autres constructions possibles	22
9. Autres mesures à prendre par le PNUD	23
10. Autres mesures du ressort du S.T.	24
11. Références	25
<u>Annexes</u>	
A Spécifications des machines	26
B Acier entrant dans la construction de ponts de 2 x 24 m x 6 p Ponts	28
C Description de poste	29
D Note sur les préservateurs phénoliques du bois	31
<u>Figures</u>	
1 Panneaux bois et acier	34
2 Traitement du bois, procédé du bain chaud et froid	35
3 Atelier de fabrication des ponts en bois	36
4 Numéro des poutres - membrure lourde	37

1. INTRODUCTION

La République démocratique de Madagascar doit d'urgence construire des ponts pour améliorer ses communications intérieures. Elle a hérité de ponts en bois vétustes qui risquent d'être emportés par les eaux et qui, dans bien des cas, ont été remplacés par des ponts Bailey. Ces derniers ont pu être utilisés en cas d'urgence comme moyens de franchissement, mais la pénurie de crédits d'origine extérieure est telle qu'il n'a pas été possible de les remplacer par d'autres constructions et, par la suite, de leur rendre leur véritable vocation, qui est de servir de moyen de dépannage.

Au sein du Secrétariat général du Ministère des travaux publics, le Service des travaux (ST) de la Direction des études, du contrôle et des travaux, a appris l'existence de ponts en bois construits à partir d'éléments modulaires préfabriqués, mis au point au Kenya par l'ONUDI. S'étant procuré un exemplaire du rapport technique DP/ID/SER.A/201 intitulé "Construction, à partir d'éléments modulaires préfabriqués, de ponts en bois bon marché", ce service l'a fait traduire en français et a entrepris la construction d'un prototype à son chantier d'Antananarivo. Les responsables de ce service ont cependant constaté que les indications figurant dans ce rapport et les ressources dont ils disposaient ne leur permettraient pas d'élaborer un programme bien fondé de construction de ponts. Ils ont donc demandé l'assistance de l'ONUDI, et c'est ainsi qu'a été entrepris le projet UF/MAG/81/048.

Ce projet prévoit la prestation de services d'experts et la fourniture de machines et de matériaux destinés à la construction de deux prototypes de pont.

M. C.R. Francis, recruté pour lancer ce projet, est le chef d'une équipe responsable, au Kenya, d'un projet ONUDI qui constitue la suite des travaux décrits dans le document de référence No 1^{1/}. Il a supervisé la fabrication et l'érection au Kenya de plusieurs ponts de ce type et juste avant son arrivée à Madagascar, il était au Honduras, chargé d'une mission presque identique, consistant à élaborer pour ce pays un programme de construction de ponts. M. Francis a séjourné à Madagascar du 11 juin au 8 juillet 1981. Ayant sa base au siège du Service des travaux, il a eu pour homologue M. Albert Rabeharisoa, Chef du Service des travaux à la Direction des études, du contrôle et des travaux.

^{1/} Les références sont énumérées à la Section 11.

Le ST a également bénéficié de l'assistance des dessinateurs du projet ONUDI, qui l'ont aidé à établir des plans détaillés, sous la direction de l'expert.

Les difficultés auxquelles s'est heurté le ST avaient plusieurs causes :

- Mauvaise perception de la composition des forces agissant sur le pont, due sans doute au fait que le traducteur du rapport n'était pas un technicien,
- Difficulté de concilier les dimensions du bois d'oeuvre indiquées dans les plans figurant dans le document de référence No 1 avec celles du bois disponible à Madagascar.
- Pénurie aiguë d'acier et de fil à souder.

Le ST manifeste cependant le plus grand enthousiasme pour ce système et souhaite que l'utilisation de ces ponts soit possible dans les meilleurs délais.

Les deux premières difficultés ont été éliminées grâce à des entretiens minutieux que l'expert a eus avec les ingénieurs malgaches. Un compromis satisfaisant a été réalisé entre les plans originaux et les dimensions du bois d'oeuvre local.

La troisième difficulté sera écartée, du moins en ce qui concerne les deux prototypes, grâce au PNUD qui fournira l'acier nécessaire.

2. PROGRAMME DE CONSTRUCTION DE PONTS

Les ponts préfabriqués en bois sont destinés au premier chef, en RDM, à remplacer les ponts Bailey et à réserver ces derniers pour les cas d'urgence.

Il existe à Madagascar 35 de ces ponts, d'une longueur totale de 975 mètres. Dans la plupart des cas, ils ont été construits pour remplacer des ponts sur treillis en bois, qui ont pourri ou ont été emportés par les eaux. Le plus ancien date de 1952.

Sur ces 35 ponts, 25 se trouvent dans un rayon de 360 kilomètres autour de Antananarivo. Au Kenya, des ponts ont été construits encore plus loin de l'atelier de fabrication. Si l'on compte pour deux, chaque pont Bailey de plus de 30 m de long, on aura besoin au total de 47 ponts préfabriqués en bois, d'une portée moyenne de 21 mètres.

D'autres ponts continuant à se dégrader dans tout le pays la nécessité de construire de nouveaux ponts préfabriqués en bois persistera, même après le remplacement des ponts Bailey.

L'importance de l'atelier de fabrication a donc été déterminée de façon à permettre le remplacement des ponts Bailey en un an. Elle n'a pratiquement pas d'incidence sur l'équipement lourd qui sera nécessaire, puisqu'il ne faut qu'une machine de chaque type. L'ampleur du programme influera seulement sur le nombre d'outils manuels, d'outils portatifs à moteur et sur l'effectif de la main-d'oeuvre.

Le niveau de production nécessaire pour exécuter ce programme est de 8 panneaux par jour, sa ventilation permet de retrouver les chiffres figurant au tableau 1 (page 20), relatifs aux divers éléments.

3. BOIS D'OEUVRE

Les deux essences dont l'utilisation est envisagée sont l'Eucalyptus robusta (nom vulgaire australien "Acajou des marais") et le Varongy (Ocotea sp-Laurac). La première est originaire d'Australie, tandis que la seconde provient de Madagascar. Pour toutes deux, les ressources de Madagascar semblent suffisantes tant du point de vue quantitatif que qualitatif.

Une étude approfondie concernant les bois utilisés pour la construction de ponts près de la côte sud-est de Madagascar a été publiée (référence 2). Après avoir examiné de façon détaillée le comportement des différentes essences utilisées pour la construction de ponts en bois sur treillis, ce rapport exprime des recommandations sur la protection du bois, les techniques détaillées de construction et d'inspection, etc. Il donne des précisions sur les propriétés de plusieurs essences locales mais, malheureusement, ne mentionne guère les deux essences citées plus haut, sinon dans un tableau d'où il ressort que l'Eucalyptus robusta aurait, sans traitement une durée d'utilisation de trois ans sous forme de poutres, et de cinq ans lorsqu'il sert à la fabrication des tabliers; quant au Varongy sa durée d'utilisation serait de six ans dans le second cas. Ces indications concernent la région côtière, basse, très humide et infestée d'insectes. Sur les plateaux, plus frais et plus secs, cette durée d'utilisation serait probablement plus longue.

L'Eucalyptus robusta figure provisoirement en Australie, dans la classe de résistance S3, SD4 (référence 4). Comme on l'a indiqué ci-dessus, le bois d'oeuvre de ce type, examiné par l'expert, était de bonne qualité. Il ne devrait pas être difficile d'obtenir du bois de deuxième catégorie (60 %) ce qui permettrait d'appliquer les plans prévoyant l'utilisation de bois sec de résistance F 17, ou celle de bois vert de résistance F 14.

A l'époque de la rédaction de ce rapport, l'auteur de ce dernier ne disposait d'aucune donnée sur la résistance du Varongy mais, à en juger par sa densité, cette essence devrait être plus solide encore que l'Eucalyptus robusta.

Dans la pratique, si l'on applique les plans prévoyant l'utilisation des membrures lourdes, le nombre de poutres nécessaires est pratiquement le même, pour une charge HS 20, lorsque l'on considère des ponts de portées diverses, construits avec des poutres d'une résistance allant de F 11 à F 17. Les plans prévoyant l'utilisation de F 14 sont donc probablement assez prudents. On trouvera à la figure 4, l'indication du nombre de poutres nécessaires pour diverses portées.

En raison de la densité de ces bois, il sera vraisemblablement difficile de les assortir et de les clouer à l'état sec. L'Australie est probablement le pays qui utilise pour la construction la plus grande quantité de bois durs et denses. Dans ce pays, on a coutume de travailler et de clouer ces bois quand ils sont encore verts, en dépit de la perte de résistance, du retrait et des risques d'éclatement dont s'accompagne ce procédé. En fait, il est souvent impossible d'enfoncer un clou ordinaire sans qu'il se torde. Pour éviter l'éclatement du bois, le Code A.S. 1720 (Référence 4) recommande de forer au préalable un avant-trou ayant pour diamètre 90 % du diamètre du clou. En fait, cette méthode est souvent la seule qui permette d'enfoncer un clou.

Le même Code interdit l'utilisation de bois vert pour la fabrication de poutres. L'étude des composantes des forces agissant sur les divers éléments du pont montre que les plans supposent que la résistance des joints est celle que le Code A.S. 1720 mentionne pour le bois sec. Le comportement des joints cloués est très comparable à celui des joints boulonnés et, dans sa clause A.4.2.4 intitulée "Joints à boulons multiples" le Code A.S. 1720, donne les précisions suivantes :

" a) Joints fabricated from green timber. The maximum permissible load shall not exceed one-half of the sum of the allowable design loads for the several bolts in the joint, except that if the joint details impose no restraint on the shrinkage of the joint, i.e. the bolts are in a single row parallel to the grain or in multiple rows loaded parallel to the grain with a separate splice plate for each row, the maximum design load shall not exceed (K16) times the sum of the allowable design loads for the several bolts in the joint, where K 16 is given in Table ... (In this case K 16 = 0,5).

" b) Joints prefabricated from dry timber. The maximum design load shall not exceed the sum of the allowable design loads for the several loads in the joint."*

* "a) Joints préfabriqués avec du bois vert. La charge maximale admissible de l'ensemble ne devra pas dépasser la moitié du total de la charge admissible pour chacun des boulons du joint. Toutefois, si aucun des éléments du joint n'impose de limite au retrait de ce dernier, c'est-à-dire si les boulons sont sur un seul rang parallèle au droit fil du bois ou sur plusieurs rangs parallèles au droit fil avec une plaque distincte pour chaque rangée, la charge maximale ne devant pas excéder (K16) fois le total des charges admissibles pour les différents boulons du joint. Les diverses valeurs de K16 figurent dans le tableau ... (Dans le cas présent K16 = 0,5).

" b) Joints préfabriqués avec du bois sec. La charge maximale admissible ne devra pas dépasser la somme des charges admissibles pour les différentes charges du joint."

Il est économiquement et matériellement impossible de doubler le nombre des tourillons dans les assemblages des poutres et une seule conclusion s'impose : il faut utiliser du bois sec, ce qui de toute façon, est nécessaire pour assurer l'efficacité du traitement de protection. Cet aspect est examiné en détail dans la Section 6.

Le document de référence No 2 examine en détail le séchage des bois durs malgaches, que mentionne également le document de référence No 1. La durée de séchage estimée à un an dans le document de référence No 2, s'applique à un bois de 8 cm d'épaisseur. Lorsque celle-ci est de 5 cm, cette durée peut être ramenée à 7 ou 8 mois. Pour tous les autres aspects du séchage, il est vivement recommandé de suivre à la lettre les prescriptions du document de référence No 2.

Il s'ensuit que pour la seule fabrication des poutres, à raison de huit par jour, le volume de bois à sécher devra être maintenu aux alentours de 280 m³. Un volume du même ordre est à prévoir pour la fabrication du tablier, des entretoises, etc.

L'expert a constaté que la technique du travail du bois ne semblait pas bien connue des ingénieurs malgaches. Cette lacune est due en grande partie à la pénurie d'ouvrages de référence. Il est donc recommandé que l'ONUDI prévoie dans son assistance l'envoi de quelques exemplaires des documents de référence 3 et 4, qui semblent particulièrement adaptés au cas de Madagascar où existe une grande variété d'essences et d'un exemplaire du manuel publié par l'American Institute of Timber Construction, intitulé "Timber Construction Manual" (Réf. 6) qui explique en détail la conception des dalles composites recommandées dans la Section 8.

4. ACIER

Ne disposant pas de stocks d'acier, les autorités malgaches devaient en importer. Le prototype de pont réalisé par le ST a été construit avec des éléments en acier produits au moyen de ferrailles, mais malgré cela le métal a manqué pour terminer toutes les membrures inférieures. Ces dernières ont été fabriquées en soudant ensemble des éléments courts, technique formellement déconseillée par l'auteur du document de référence No 1.

L'Annexe B indique de façon détaillée la quantité d'acier nécessaire pour fabriquer deux prototypes de pont, y compris les écrous et les clous.

Il convient de noter qu'il n'est pas fait état des boulons. Ceux-ci devraient de préférence être usinés dans l'atelier de fabrication aux longueurs correspondant à l'épaisseur du bois utilisé. La liste des outils comprend donc des machines à fileter.

5. MODIFICATIONS A APPORTER AU MODELE ORIGINAL

Trois modifications au modèle original (Voir figures 3 et 27 du document DP/ID/SER.A/201) sont proposées ci-après.

La première consiste à modifier quelque peu les poutres de façon à améliorer légèrement leur résistance et à simplifier les travaux. On y parviendra en abaissant les deux boulons qui maintiennent le gousset M.K. 13 à 75 mm du bord inférieur de la membrure supérieure. De ce fait, il faudra raccourcir l'entretoise de 44 mm. Le poinçon central 3 T sera raccourci de 50 mm et la cale 4 T sera faite d'un seul tenant, d'une longueur totale de 2 630 mm. Ces modifications ont été proposées par le British Transport and Road Research Laboratory (Réf. 7). L'expert les a étudiées avec M. Parry, ingénieur du TRRL, qui s'est rendu au Kenya en 1979. Cette modification a été introduite dans le plan à grande échelle établi par le ST et sera bientôt normalisée.

Très importante, la deuxième modification a trait à la conception même de la membrure inférieure qui sera désormais construite en acier et en bois. Cette modification a été imposée par la pénurie aiguë d'acier que connaît Madagascar et par la nécessité de l'économiser au maximum. Cette nouvelle conception permettra d'économiser 10,7 kg d'acier par membrure, soit 380 kg pour un pont d'une longueur moyenne de 21 m.

La figure 1 représente la nouvelle membrure. La partie en acier est semblable à l'attache de la plaque 5. Celle-ci est intercalée entre deux plaques de bois de 200 mm x 50 mm. Une plaque de bois est boulonnée sur le côté extérieur de chaque extrémité, de façon à maintenir les tourillons en place. L'épaisseur de l'élément en acier situé autour du tourillon reliant les poutres est portée à 15 mm, de façon à maintenir la charge du palier dans des limites acceptables.

La construction de cette nouvelle membrure demande beaucoup plus de travail que celle de la membrure d'origine en acier, du type 6 ou 6A, mais cette solution est acceptable à Madagascar, compte tenu de l'économie d'acier ainsi réalisée.

La troisième modification concerne la conception des plaques de panneaux 9 et 9A. On remarquera que la solidité du pont dépend essentiellement de la qualité des soudures unissant le tourillon de 50 mm de diamètre à la plaque. On ne pourra peut-être se procurer d'acier de ce diamètre que sous la forme d'acier à axes, dont la soudure risque de nécessiter un traitement particulier (voir Référence 1, page 39). On a également constaté au Kenya qu'il était très difficile d'aligner ces tourillons exactement l'un sur l'autre, même avec l'aide d'un gabarit de montage.

Une solution consiste à percer le trou de ce tourillon à travers la poutre, après assemblage des moitiés qui la composent. Pour y parvenir, il faut utiliser une perceuse de grandes dimensions et des supports pour maintenir la poutre exactement perpendiculaires à l'axe de la perceuse. De même, le centre du trou se trouvant à la jointure des deux moitiés, on doit utiliser une perceuse Forstner, ou d'une autre marque également sans centre. Si on utilise une perceuse à centre, la plus légère déviation de la ligne de raccordement faussera la trajectoire de la mèche.

En procédant ainsi, on peut n'utiliser qu'un tourillon de 208 mm de long. Aucun soudage n'est nécessaire et la méthode de percement des trous garantit la précision du procédé.

Proposée au Kenya, cette modification n'a pas encore pu être appliquée, faute de perceuse convenant à cet usage.

L'atelier de Madagascar étant le premier à utiliser l'acier concurremment avec le bois, il est fortement recommandé, compte tenu des difficultés que connaît ce pays, en ce qui concerne l'approvisionnement en fil à souder, d'adopter cette modification.

6. TRAITEMENT DE PROTECTION

Les bois utilisés pour la construction des ponts sont des bois durs, denses et imperméables. Bien que leur résistance soit modérée, leur durabilité naturelle ne sera sous doute pas suffisante pour la période d'utilisation des ponts sur le territoire de la RDM. En raison de leur densité et de leur imperméabilité, ces bois ne peuvent pas subir de traitement de protection par pression, mais uniquement un traitement de surface.

Dans ce procédé, que l'on appelle procédé du bain chaud et froid, le bois sec et fini est plongé dans un bain de créosote ou de pentachlorophénol 5 %, mélangé d'huile. Ce bain est chauffé et maintenu à la même température pendant plusieurs heures, puis se refroidit lentement. Le bois est alors retiré du bain, mis à égoutter, puis entassé et mis à sécher pendant plusieurs jours.

Ce procédé permet d'adopter un cycle quotidien. Le bois traité est retiré du bain et mis à égoutter le matin, tandis que le bain reçoit un nouveau chargement. Le chauffage a lieu l'après-midi et le refroidissement la nuit.

Le procédé fonctionne de la façon suivante. Sous l'action de la chaleur, l'air contenu dans le bois sec se dilate et s'échappe en partie. Lorsque le bain se refroidit, l'air fait de même. Il se forme alors dans le bois un vide qui aspire le produit de traitement. Ce n'est qu'un traitement de surface mais on obtient ainsi une couche plus épaisse que par le seul trempage.

En raison de la nature périphérique du traitement, il importe que toutes les opérations de découpage et de perçage soient exécutées au préalable.

L'organisation de l'usine doit tenir compte de ce fait. La principale difficulté consiste à assortir les plaques d'acier avec les madriers percés à leurs mesures. Comme il est peu probable que toutes les plaques soient absolument identiques, chaque plaque, devra après traitement, être appareillée au madrier percé à ses mesures. Il conviendra en outre d'adopter un système de numérotation et de repères.

L'exécution du programme du STP nécessitera le traitement quotidien de quelque huit poutres complètes, et de la longueur correspondante de planches destinées au platelage, de mains courantes et d'entretoises. La longueur et les dimensions de bois à traiter, nécessiteront une cuve de 6,25 x 1,5 x 0,8 m. ce qui permettra de disposer d'une capacité excédentaire de 50 %. Le ST a établi le plan de la cuve nécessaire et proposé une méthode de chauffage. Il faut prévoir en outre une citerne d'environ 4 000 litres et une pompe de transfert d'une capacité de 6 000 litres/heure.

On trouvera à la Figure 2, le croquis de l'installation proposée. Cette installation peut être implantée dans n'importe quel endroit convenable du chantier. Le poids de l'acier nécessaire pour la cuve représentée sur le croquis est d'environ 1 350 kg.

Il serait préférable pour diverses raisons, de surseoir à la mise en place de l'installation de traitement.

Un grand nombre de ponts devront en effet être construits sur les hauts plateaux où le climat est sec et frais. Les insectes et la pourriture constituent un risque beaucoup moins grave à cette altitude que près de la côte où, comme l'indique le document de référence No 2 (voir Section 3), leur durée d'utilisation est courte. Même si la période d'utilisation des ponts n'est que de 10 ou 12 ans sans traitement de protection, elle est encore intéressante dans la situation désespérée où se trouve actuellement Madagascar. L'exécution d'un programme de construction de ponts peut donc commencer sans les délais qu'entraînerait la mise en place d'une installation de traitement, si l'on accepte l'éventualité d'une diminution de leur résistance. On pourra également éviter les délais qui seraient nécessaires pour ramener l'humidité du bois au niveau peu élevé prévu pour l'application du procédé.

La construction d'une installation de traitement à bain chaud et froid nécessite également l'investissement de capitaux importants et non récupérables sous forme de foyers de revêtements en briques de cheminées d'évacuation, etc. Or il est possible qu'à un moment donné et pour une raison quelconque, il soit nécessaire de différer l'exécution du programme de construction de ponts préfabriqués en bois, de le supprimer ou de l'exécuter dans un autre lieu. Tous les autres équipements sont amovibles et peuvent être utilisés ailleurs, mais dans tous les cas mentionnés ci-dessus, l'installation de traitement deviendrait inutilisable. Il est donc recommandé de prévoir la mise en place de cette installation à une date ultérieure, aussi bien lors de l'élaboration des prévisions financières que lors de l'implantation proprement dite à Alarobia. Il conviendrait, avant de la mettre effectivement en place, d'attendre que le programme de construction de ponts ait fait la preuve de son efficacité.

Le document de référence No 2 contient des recommandations identiques et donne des instructions détaillées concernant le fonctionnement d'une usine de ce genre. Plutôt que de répéter ces instructions, il conviendra, lors de la

construction de l'usine, de se conformer aux instructions figurant dans le document de référence No 2.

A la demande de M. Razafindrakoto, Directeur des études, une note a été élaborée sur les propriétés et la fabrication de la créosote et du pentachlorophénol. Elle fournira les éléments nécessaires pour prendre une décision au sujet de leur importation ou, éventuellement, de leur fabrication sur place. Cette note constitue l'annexe D au présent rapport.

7. TRAVAUX D'ATELIER

Les autorités malgaches ont construit un hangar métallique dans le chantier de construction de ponts Bailey à Alarobia, zone industrielle d'Antananarivo. Cet hangar mesure 25 m sur 12 m et son sol va être bétonné. C'est là que vont être construits les ponts.

Tous les travaux seront effectués dans cet atelier, à savoir :

Débitage des grumes

Calibrage des éléments à la longueur et à l'angle voulus

Application du traitement de préservation (ultérieurement)

Assemblage des panneaux

Assemblage des membrures acier-bois

Fabrication des éléments en acier à partir de plaques et de barres.

La figure 3 présente le plan d'une installation qui se prêterait à l'exécution de l'ensemble des travaux ci-dessus.

Débitage du bois brut

A Madagascar, on obtient le bois d'oeuvre en sciant et en tronçonnant les grumes. Les dimensions des coupes radiales sont très variables. Pour que les éléments préfabriqués s'ajustent, il est indispensable d'atteindre un degré de précision plus élevé que ne le permet normalement ce bois.

Le débitage devrait être fait en trois temps :

1. Aplanir une face et un bord avec la dégauchisseuse déjà installée à Alarobia.
2. Raboter le bois à l'épaisseur voulue avec une raboteuse d'épais travaillant sur une seule face.
3. Tailler le bois à la largeur voulue à la déligneuse à table.

En pratique, il n'est pas nécessaire de calibrer complètement le bois d'oeuvre car une partie peut être utilisée telle qu'elle est livrée. De même le degré de finissage peut varier dans une certaine mesure, suivant l'emplacement de la pièce de bois dans la structure définitive.

Les opérations de calibrage proposées sont les suivantes :

Mains courantes, barres d'appui, poinçons et entretoises :

Il n'est pas nécessaire de calibrer ces pièces.

Bandes de roulement :

Aplanir une seule face à la raboteuse (tolérance maximale admissible 25 % de rabotage incomplet ce qui veut dire que 75 % environ de la surface doivent être rabotés).

Tablier :

Mettre d'épaisseur les deux faces (tolérance maximale de rabotage incomplet 25 %). Aplanir une arête jusqu'à tolérance maximale de rabotage incomplet de 25 %, scier à la largeur voulue. Les dimensions exactes des lamelles du tablier n'ont pas d'importance et pour faire des économies de matières premières il faudra n'enlever que l'épaisseur minimale suffisante pour assurer un appui uniforme aux lamelles du tablier lorsqu'elles sont placées face contre face. Toutefois, en ce qui concerne les bandes de roulement, l'uniformité d'appui est importante et il faudra veiller à conserver l'uniformité de la largeur.

Éléments de poutre 1T, 2T et 3T. Mettre d'épaisseur à la dimension voulue, aplanir une arête (Figure 3 du document DP/ID/SER.A/201).

Éléments de poutre 4T. Mettre d'épaisseur et calibrer à la largeur voulue.

Entretoises diagonales et horizontales : aplanir une face.

Certains estiment qu'une seule raboteuse sur quatre faces pour effectuer toutes ces opérations. L'expert n'est pas d'avis d'utiliser cette machine, pour plusieurs raisons. D'abord, l'ensemble du programme de production dépendrait du fonctionnement permanent d'une machine assez complexe. Toute panne entraînerait l'arrêt de la fabrication des poutres. En raison de la pénurie de services d'appui à Madagascar, une panne de ce type serait probablement assez longue. L'épaisseur des pièces de bois à traiter étant très variable, une raboteuse à hauteur de gorge fixe risque d'être fréquemment surchargée. Utilisant en un premier temps une dégauchisseuse, l'ouvrier pourra constater l'existence de saillies d'épaisseur excessive, et les faire disparaître avant de faire passer la pièce dans la raboteuse à hauteur de gorge fixe.

Il convient de donner des instructions dans ce sens à l'ouvrier chargé du fonctionnement de la dégauchisseuse.

Si une machine tombe en panne, la production peut continuer, même au ralenti, sur les autres machines. Des heures supplémentaires permettront de rattraper le retard.

Calibrage des éléments à la longueur et à l'angle voulus

Il est recommandé de faire ce travail avec une scie radiale. Si on dispose de la main-d'oeuvre suffisante pour manutentionner le bois, une scie unique devrait avoir la capacité requise pour l'exécution du programme envisagé, à condition de ne pas être utilisée pour couper les lamelles du tablier à une longueur déterminée. Il s'agit là surtout d'une question d'apparence puisque le bois utilisé à Madagascar est coupé à la longueur normalisée de 4 mètres et peut être utilisé tel quel pour le tablier du pont. Si l'on souhaite tailler ces lamelles à la longueur exacte, il faudra utiliser une scie à tronçonner et pour la souplesse de l'opération celle-ci devra être également du type radial.

En raison de la dureté du bois d'oeuvre, l'expert ne recommande pas l'emploi de scies électriques portatives, même de grande puissance, car leur moteur risquerait de griller régulièrement.

Traitement de protection

Le procédé recommandé (voir Section 6) est le procédé dit "du bain chaud et froid". Bien que techniquement simple, l'installation requise est vaste et nécessite d'importants éléments fixes tels que foyer, conduits d'échappement et cheminée. Cette installation serait implantée dans la cour, à proximité de l'atelier comme le montre la figure 3. On évitera ainsi toute solution de continuité dans le flux de production.

La construction de cette installation prendra beaucoup de temps et exigera un volume assez important de dépenses irrécupérables. Les essences à utiliser ayant une durabilité naturelle assez élevée, les ponts construits avec ce matériau devraient durer 8 à 10 ans au moins, même dans des circonstances assez peu favorables.

Il est donc recommandé que la réalisation du projet soit entreprise avant la mise en place de l'installation de traitement de protection. En même temps, il ne faudrait pas perdre de vue la question de son emplacement, au cas où d'autres travaux seraient envisagés à Alorobia.

Assemblage des panneaux

Compte tenu de l'ampleur des travaux envisagés, cette opération devra s'effectuer en plusieurs temps. On a donc prévu trois gabarits de montage. Etant donné que l'on dispose d'une perceuse de grandes dimensions pour la fabrication des éléments en acier, on a décidé d'utiliser un tourillon unique pour le raccordement des membrures inférieures. Le déroulement des opérations sera le suivant :

Gabarit de montage A : Assembler les demi-panneaux y compris l'ajustage des plaques 5 et 9.

Gabarit de montage B : Assembler les demi-panneaux, avec les plaques 5 seulement et un gousset provisoire à travers la partie inférieure.

Gabarit de montage C : Appareiller les demi-panneaux A et B, clouer ensemble les diagonales 2T et les poinçons 3T, clouer la cale 4T en position sur un côté. Souder les extrémités des plaques M et F 10 et 11. Amener le panneau auprès de la perceuse et percer les trous du tourillon de la membrure inférieure, ainsi que les trous des boulons d'entretoisement. Pour cette opération, la surface du panneau doit être exactement perpendiculaire à l'axe de la perceuse et il faudra prévoir des supports adéquats. Ces derniers devront être mis au point en fonction de la perceuse.

Renvoyer le panneau au gabarit C, l'autre face en dessus. Ajuster le tourillon sur la membrure inférieure et sur celui-ci placer et fixer la plaque 9 restante. Clouer l'autre côté de la pièce 4T.

Assemblage des membrures bois-acier

Il s'agit d'une opération tout à fait distincte de l'assemblage des panneaux. L'essentiel est de maintenir une distance centre-à-centre constante entre les trous de raccord des tourillons. Le gabarit de montage indiqué à la figure 1 devra être utilisé pour cette opération. La méthode de montage recommandée est la suivante :

Placer une pièce de bois et deux plaques de bout en position sur le gabarit.

Percer deux trous à chaque extrémité, insérer des tourillons provisoires pour empêcher les plaques de glisser, achever le perçage de tous les trous.

Retirer l'assemblage; mettre l'autre pièce de bois en position, et replacer l'assemblage membrure-plaque de bout au sommet, l'autre face en dessus.

Achever le perçage des trous; enfoncer complètement les tourillons (longs de 109 mm) dans tous les trous, à l'exclusion des huit trous réservés aux boulons.

Soulever la membrure, mettre les deux plaques de couverture en bois en position sous la membrure et les percer.

Retirer du gabarit et boulonner les plaques de couverture.

Fabrication des éléments en acier

Cette partie du travail est presque totalement indépendante de l'assemblage des panneaux. Les opérations sont les suivantes :

1. A l'aide d'une scie à métaux, découper les barres et les tiges à la longueur voulue.
2. Percer des trous de 12 mm de diamètre dans les plaques de panneaux et des trous de 6 mm dans les tourillons qui les relient.
3. Percer des trous de 25 à 50 mm de diamètre dans les différentes plaques.
4. Découper des tourillons de 12 mm de diamètre à la cisaille à main.
5. Souder les éléments.
6. Fileter les ronds pour la fabrication de boulons.

Bien que ces opérations soient indiquées comme étant groupées à une extrémité de l'atelier, certaines d'entre elles, notamment les opérations 1, 4 et 6, pourront être exécutées en des endroits différents sans autre inconvénient qu'un léger surcroît de travail, du point de vue des communications et du transport.

L'atelier disposant déjà d'une perceuse de grandes dimensions, on en a profité pour modifier la conception du raccord de la membrure inférieure et pour l'adapter au tourillon unique (voir Section 5). Cette machine devra donc être installée de telle façon que l'on puisse déplacer facilement les panneaux lourds. Les éléments d'acier à perforer sont légers, et leur transport ne posera aucun problème.

Les tableaux 1 et 2 récapitulent respectivement les éléments et les diverses opérations intervenant dans la fabrication des poutres.

Tableau 1

Production journalière d'éléments - huit poutres par jour

<u>Eléments</u>	<u>Nombre par poutre</u>	<u>Nombre par jour</u>
<u>Bois</u>		
1 T	2	16
2 T	4	32
3 T	2	16
4 T	1	8
Entretoise	1	8
Pièce de membrure	2	16
Revêtement de membrure	2	16
<u>Acier</u>		
Plaque de panneau No 9	1	8
Plaque de panneau No 9 A	1	8
Tourillon pour membrure inférieure	1	8
Gousset	1	8
Plaque de panneau No 10	1	8
Plaque de panneau No 11	1	8
Plaque de panneau No 5	4	32
Boulon 24 M	3	24
Boulon 12 M	10	80
Plaque d'appui - mâle	-	1
- femelle	-	1
Tourillon de 12 mm de \emptyset x 50 mm	56	448
Tourillon de 12 mm de \emptyset x 100 mm	64	512
Pièce à l'extrémité de la membrure	2	16

Tableau 2

Assemblage des poutres - Nombre et durée des opérations

<u>Tâches</u>	<u>Nombre par poutre</u>	<u>Nombre d'opérations par élément</u>	<u>Nombre total d'opérations</u>	<u>Nombre d'opérations par jour</u>	<u>Durée de chaque opération en secondes (360 min)</u>
Tronçonner 1 T	2	2	32)		
" 2 T	4	3	96)		
" 3 T	2	3	48)		
" 4 T	1	2	16)		
" entretoise	1	4	32)		
" membrure en bois	4	2	64)		
Tronçonner plaque de membrure	4	2	64)	352	62
Percer des trous de 25 mm dans les poutres	3	1	24	24	
Percer des trous de 12 mm dans une poutre	1	124	992)		
Percer des trous de 12 mm dans la membrure	2	36	288)	1 280	17
Enfoncer les tourillons dans la poutre	1	122	976)		
Enfoncer les tourillons dans la membrure	2	28	224)	1 200	18
Souder les tourillons	1	150	1 200	1 200	18
Enfoncer et serrer des boulons de 25 mm	3	2	48	48	450
Enfoncer et serrer des boulons de 12 mm	18	2	288	288	75
Planter des clous de 10 cm	70	1	560	560	38

Note : Le temps alloué pour chaque opération est calculé sur la base d'un seul poste de travail et d'une durée de travail effectif de 360 minutes par jour. Pour plusieurs opérations, telles que perçage, clouage etc. il y aura plusieurs postes de travail et la durée de la tâche sera augmentée en conséquence.

8. AUTRES CONSTRUCTIONS POSSIBLES

Deux des ponts que l'expert a inspectés étaient constitués de travées de ponts Bailey posées sur les vestiges de ponts en béton armé qui s'étaient effondrés. Dans les deux cas, les travées de béton étaient très courtes, cinq mètres et deux fois six mètres, et les travées de ponts Bailey débordaient de part et d'autre jusqu'au point où le remblai était assez large pour supporter leur extrémité. Dans les deux cas la maçonnerie (files et culées) est en bon état. Il suffira donc de construire de nouvelles dalles, la largeur de la coupure et le tirant d'air étant trop faibles pour que l'on puisse utiliser un pont à deux ou plusieurs poutres.

L'expert recommande d'employer des dalles composites bois/béton, du type illustré dans les croquis TCD 1 et 2 de l'ouvrage intitulé "Modern Timber Bridges" publié par le Canadian Institute of Timber Construction (Ref. 5). La préparation du bois pourra se faire dans l'atelier sans équipement supplémentaire exception faite d'une machine à canneler. Les croquis de l'ouvrage de la référence No 5 établis pour du bois de catégorie "A" seraient très prudents pour du bois de catégorie Fl4 soumis à une charge HS20. La quantité de ciment et d'acier qu'il faudra importer est tout à fait minime par rapport à n'importe quel autre procédé de construction de dalles.

En surélevant les ponts Bailey de 0,50 m et en prévoyant des rampes d'approches supplémentaires, il sera possible de construire les dalles composites sans fermer la route ou sans avoir à prévoir d'autres passages provisoires.

L'expert déconseille vivement l'emploi de bois non traité pour ce type de construction.

9. AUTRES MESURES A PRENDRE PAR LE PNUD

La qualité des pièces de charpente utilisées pour construire le prototype de pont et la situation générale de l'atelier d'entretien dont dispose actuellement le ST incitent l'expert à penser que l'ONUDI n'aura pas besoin de fournir d'autre assistance pendant l'installation de l'atelier et la fabrication des premiers éléments. Toutefois, le Représentant résident du PNUD, qui a l'expérience des problèmes pratiques qu'il a déjà dû résoudre au moment de l'importation de matériel et de son passage en douane, de la vérification et de l'installation des machines, est convaincu que des services d'expert devront au moins être fournis à ce stade, même s'ils ne sont pas nécessaires pendant toute la durée des travaux comme l'envisage le document du projet.

Le lancement de ces ponts est une opération délicate et potentiellement dangereuse (c'est d'ailleurs le cas de n'importe quelle structure suspendue et lourde). Même avec les instructions révisées et détaillées actuellement élaborées pour l'ouvrage de référence No 1, il sera probablement nécessaire de faire appel à d'autres conseillers.

Il serait particulièrement intéressant pour le ST d'obtenir une bourse d'étude de deux semaines au Kenya pour un des ingénieurs du Service, de préférence l'homologue de l'expert, M. Rabeharisoa. En effet, deux ponts de longueur moyenne doivent être prochainement lancés au Kenya. S'il assistait à cette opération, M. Rabeharisoa aurait une occasion unique de se familiariser avec cette technique. En raison de sa connaissance limitée de l'anglais, M. Rabeharisoa aurait besoin d'un interprète de français qui pourrait être soit l'expert, auteur du présent rapport, soit un membre du bureau du PNUD de Nairobi.

Même si cette bourse est accordée, l'expert recommande vivement l'envoi d'une mission de contrôle pour surveiller le lancement du premier pont. (Voir Annexe C, description de poste.)

En ce qui concerne le matériel, l'assistance proposée concerne le matériel de fabrication et de montage, énuméré dans les annexes A et B. En raison des problèmes que pose le débarquement de marchandises à Tamatave, il serait souhaitable que les différents équipements achetés par le Service des achats et des marchés soient regroupés par un transitaire européen de préférence en France et que tous les petits articles soient soigneusement emballés et disposés, avec les gros articles, dans des caisses robustes, à l'épreuve du vol et solidement cerclées à l'aide de feuillard d'acier.

10. AUTRES MESURES DU PLESSORT DU ST

Les mesures que devrait prendre le ST pour poursuivre l'exécution du projet sont les suivantes :

1. Achever la construction de l'atelier d'Alarobia et notamment le bétonnage du sol, au moins aux deux extrémités où seront installées les machines. Il est important de procéder à l'électrification du bâtiment et pour cela de prévoir l'arrivée de courant triphasé à proximité de l'emplacement des machines (voir figure 3). Au moment du bétonnage du sol, il faudra ménager des saignées dans le béton, de façon à faciliter la pose des canalisations électriques de ces machines. Leur emplacement exact ne revêt pas une importance essentielle et les indications de la figure 3 sont à cet égard, suffisamment précises. Un point d'alimentation en courant monophasé devra également être installé sur les colonnes voisines des gabarits de montage A, B et C, de même qu'un point d'alimentation d'une capacité suffisante pour faire fonctionner la soudeuse voisine du gabarit de montage C.
2. Commander le bois nécessaire aux deux ponts et prendre les dispositions requises pour l'empiler sous abri et le laisser sécher.
3. Inviter l'ingénieur malgache à s'assurer qu'il possède des documents de voyage en cours de validité pour se rendre au Kenya, car il ne sera probablement averti qu'au dernier moment du lancement des ponts.

11. REFERENCES

1. Rapport technique : Construction à partir d'éléments modulaires préfabriqués, de ponts en bois bon marché - DP/IO/SER.A/201. ONUDI, Vienne 1978.
2. Etude sur les Bois Utilisés pour la construction des ponts. République malgache - Paul Gueneau. Centre technique forestier tropical. R.M. Tananarive, Janvier 1965.
3. Report on Strength Grouping of Timbers - SAA Miscellaneous Publication MP 45-1979. Standards Association of Australia, Standards House, 80 Arthur St. North Sydney N.S.W.
4. Timber Engineering Code, AS 1720-1975. Ibid.
5. "Modern Timber Bridges" Canadian Institute of Timber Construction, 3rd Ed. Ottawa, Canada 1970.
6. Timber Construction Manual A.I.T.C., American Institute of Timber Construction.
7. The Kenyan Low-Cost Modular Timber Bridge, J.D. Parry, Transport and Road Research Laboratory. Department of Transport, United Kingdom, TRRL, Laboratory Report 970., 1981.

ANNEXE A

Spécifications des machines

Note : Courant électrique 380 v triphasé 50 Hz
220 v monophasé

1. Raboteuse d'épais sur une face.
Gorge 30 cm x 10 cm. Elle peut être plus grande mais ce n'est pas nécessaire.
2,2 à 3,7 kW. De préférence à avance variable, mais ce n'est pas essentiel.
Si l'avance est fixe, elle devrait être assez lente. Même de petites dimensions, cette machine devrait être de construction robuste. Dispositif pour affûtage final des lames sur le porte-outils pas nécessaire. Livrée avec 2 jeux de lames de rechange, courroies de rechange, coussinets de rechange.
2. Scie à refendre. Profondeur de coupe fixée à 15 cm/mm. Axe ou table inclinable pas nécessaire. Guide parallélogramme pas nécessaire. Livrée avec courroies de rechange, coussinets de rechange, couteau diviseur de rechange, 3 lames à pastille insérée de carbure de tungstène, profil de denture pour bois durs, avance très lente.
3. Scie radiale, type Wadkins ou similaire, profondeur de coupe 10 cm, uniquement pour tronçonnage; 1,5 kW minimum.
Trois transporteurs à rouleaux, de 2,5 m de long et de 35 cm de large, type moyen et type lourd. Rouleaux espacés de 30 cm environ.
4. Deux perceuses électriques portatives, de type lourd, de 12,5 mm de capacité, à poignée, plus poignée auxiliaire pour le tuyau. Vitesse approximative 400 à 500 tours/minute.
12 mèches hélicoïdales à ergots de 12 mm de diamètre, en acier rapide.
6 mèches hélicoïdales à ergots de 25 mm de diamètre en acier rapide, 12 cm de tige.
5. Scie à métaux alternative électrique, de faible à moyenne puissance, 0,25 à 0,37 kW. Etau pour couper les angles pas nécessaire. De préférence avec réservoir et pompe de refroidissement. 24 lames de rechange, courroie de rechange.
6. Cisaille sur socle à main, pour pièces d'acier; capacité d'éboutage de 15 mm de diamètre. Lames pour cisailer les bandes pas nécessaires; (Une fraise pour pièces d'acier à armature de béton pourrait suffire).

7. Perceuse électrique à colonne de 25 mm de capacité. Une machine neuve de grande précision n'est pas nécessaire, une machine d'occasion en bon état serait suffisante ou même préférable.
2 mèches hélicoïdales de 25 mm de diamètre en acier rapide
2 perceuses sans centre de type Forstner ou marque similaire de 50 mm de diamètre avec cône Morse ou adaptateur pour cône Morse.
2 mèches de 25 mm de diamètre, cône Morse ou adaptateur, comme ci-dessus.
Manchons de cône Morse.
8. Machine à fileter, porte-outils et étau.
Filières pour 12 M, 20 M et 24 M.
9. Machine à affûter pour lames de raboteuses de la longueur voulue pour la dégauchisseuse, mais qui ne seront pas inférieures à 30 cm, avec dispositif d'affûtage des scies circulaires. Type Iseli ou similaire.
10. Deux perceuses pneumatiques à commande manuelle d'une capacité de 6,3 mm de diamètre, équipées chacune d'un tuyau en matière plastique renforcée de 12 mm de diamètre et long de 6 mètres, avec jeu de filtres à huile à assemblage rapide et manifold.

ANNEXE B

Acier entrant dans la construction de ponts de 2 x 24 m x 6

Plaques	2,4 x 1,2 m	-	2 x 12 mm 6 x 9 mm
Barre	100 x 12	-	34 m
	50 x 9		96 m
	150 x 6		346 m
	75 x 9		8 m
	100 x 9		70 m
Rond	50 Ø		21 m
	40 Ø		6 m
	25 Ø		75 m
	12 Ø	1	274 m
	20 Ø		40 m
Clous	100 mm		500 kg
	150 mm		150 kg
Ecrous	24 M		576
	20 M		264
	12 M	1	152

Acier entrant dans la construction du matériel de montage
de ponts de 30 m

Rond	Ø 20	-	20 m
Barre	100 x 12	-	12 m
Ecrous	20 m	-	80

- Notes : 1. Ces quantités sont nettes et devront être arrondies aux quantités commerciales immédiatement supérieures.
2. Cet acier est destiné à la construction des divers accessoires de montage, qui peuvent évidemment être réutilisés pour la fabrication de plusieurs ponts.

ANNEXE C

Description de poste
UC/MAG/81/048/11-02

- Désignation du poste : Expert en charpentes et ponts en bois
- Durée de la mission : Six semaines
- Date d'entrée en fonctions : Novembre 1981
- Lieu d'affectation : Antananarivo
- But du projet : Le but est d'aider le Gouvernement (Ministère des travaux publics) à améliorer le développement rural et le réseau de transports par la construction d'un système de ponts préfabriqués, modulaires en bois.
- Attributions : L'expert sera attaché à la Direction des études et du contrôle des travaux (DECT) du Ministère des travaux publics. Il travaillera avec le personnel national qui a préfabriqué des éléments modulaires à l'atelier de Alarobia, près d'Antananarivo, à les ériger en travers de deux fleuves en des points choisis par l'expert précédent et la DECT.
- En particulier, l'expert devra :
1. Exécuter des contrôles d'éléments préfabriqués et du bois acheté pour la construction des entretoises, et du platelage et aussi des fondations construites par la DECT.
 2. Surveiller le lancement des deux ponts aux sites choisis, et en assurer la construction sans incidents.
 3. Surveiller la confection des ponts, afin qu'ils puissent porter les chargements prévus.
 4. Faire les quelques modifications nécessaires au manuel de lancement pour l'adapter aux conditions locales.

- Formation et expérience requises : Ingénieur civil, spécialiste en charpentes et structures en bois, ayant une bonne expérience de la construction des ponts.
- Connaissances linguistiques : Français obligatoire. Anglais avec connaissance de la langue technique française.
- Renseignements complémentaires : Le problème des communications terrestres est un de ceux qui, à Madagascar, freine le développement économique. Le terrain accidenté, les très nombreux cours d'eau, le climat se liguent pour rendre les transports terrestres difficiles et aléatoires dans certaines régions et à certaines saisons, isolant des régions importantes du pays empêchant fréquemment le ramassage des produits agricoles.
- Pour remédier à cette situation, il y aurait notamment lieu d'entreprendre la construction d'un nombre considérable de ponts.
- Le DECT a décidé de procéder à la construction de ponts en bois en système modulaire mis au point par l'ONUDI pour le Kenya. Ils ont établi un atelier et ont préfabriqué assez de poutres pour la construction de deux ponts, suivant les conseils d'un expert de l'ONUDI. Le travail à accomplir consistera à conduire à son terme l'exécution du projet.

ANNEXE D

Note sur les préservateurs phénoliques du bois

Les préservateurs phénoliques du bois sont de deux types :

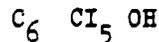
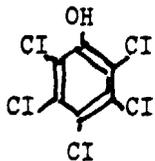
1. Préservateurs naturels
2. Préservateurs synthétiques

Les préservateurs phénoliques naturels, comprennent notamment la créosote, sous-produit de la pyrolyse du charbon ou du bois au cours de la fabrication du gaz de charbon, du coke ou du charbon de bois. A l'état condensé, la créosote est toujours associée à l'eau, au méthanol etc. dont elle doit être séparée avant d'être utilisée comme préservateur. La créosote obtenue au cours de la fabrication du gaz de charbon est l'agent préservateur le plus efficace. La créosote résultant de la fabrication de charbon de bois de pin est également connue sous le nom de goudron de Stockholm.

La créosote est un liquide visqueux, huileux, noirâtre que l'on applique par divers procédés de pression ou de badigeonnage ou qui peut simplement être étalée au pinceau sur le bois. Elle est toxique pour les champignons, les insectes et les mollusques marins.

Son efficacité augmente avec la profondeur de pénétration et le poids de créosote appliquée par unité de volume de bois. (Ces deux mesures ne sont pas nécessairement proportionnelles.) Sa nature huileuse assure également une protection mécanique à la surface du bois, car elle repousse l'eau et tend à empêcher la formation de fissures qui peuvent exposer le bois non imprégné. De nombreuses spécifications existent tant pour la composition de la créosote adaptée à l'utilisation que l'on veut en faire, que pour son application.

Le seul agent préservateur phénolique synthétique important est le pentachlorophénol (PCP), qui a pour formule structurelle :



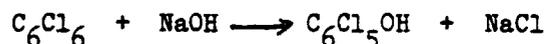
Soluble dans l'huile le PCP s'utilise normalement dans une solution à 5 %. L'huile peut être de viscosité variable, qu'il s'agisse d'huile diesel lourde, avec laquelle les méthodes d'utilisation sont semblables aux méthodes appliquées avec la créosote ou des solvants légers tels que térébenthine minérale ou de propane et de butane volatils qui s'évaporent et laissent une surface instantanément sèche.

Soluble dans l'eau, le sel natron du PCP, C_6Cl_5ONa s'utilise pour empêcher la formation de taches bleues ou l'apparition de champignons sur les grumes qui viennent d'être abattues ou sur le bois scié. Le NaPCP est en général fourni sous forme de solution à 40 % dans un mélange d'eau et de méthane. Il est facilement hydrolysé au PCP, même par des acides faibles tels que ceux de la sève. Pour l'utiliser on doit toujours ajuster son pH à une valeur proche de 9. Même dans ce cas, il ne pénètre dans le bois qu'à une profondeur de 0,5 mm avant d'être hydrolysé par le PCP insoluble dans l'eau. Cela explique à la fois sa résistance à la pluie et son efficacité limitée en tant que préservateur, puisqu'une fissure même légère exposera le bois non traité. Le NaPCP est extrêmement efficace à court terme mais son effet n'est pas durable.

Le PCP mélangé à l'huile diesel lourde a diverses utilisations techniques : notamment pour la protection des traverses de fer, etc. L'huile diesel lourde agit de la même façon que la créosote. N'étant pas chimiste, l'auteur décline toute responsabilité sur les explications ci-après, qui résument ce qu'il a compris du procédé et qui peuvent contenir de grossières erreurs. Ces explications devraient donc être vérifiées par un chimiste.

Le PCP s'obtient de deux façons.

L'une consiste à remplacer un radical OH de l'hexachlorure de benzène par réaction avec la soude caustique.



Outre le pentachlorophénol on voit qu'on obtient du chlorure de sodium qui en lui-même n'est pas nuisible mais qui à la longue, est une cause de corrosion. Le produit obtenu n'est pas pur, mais contient d'autres phénols chlorés représentant environ 10 % du total. Toutefois, ces phénols sont assez toxiques et leur élimination nécessite un travail hors de proportion avec son résultat.

L'autre méthode consiste à chlorurer directement le phénol suivant la formule :



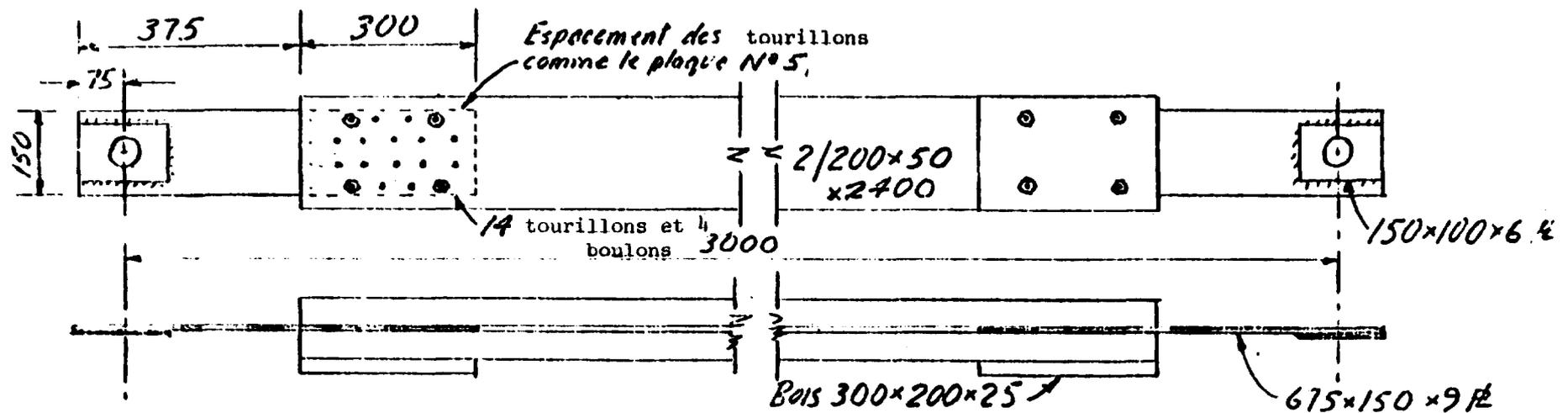
Cette méthode évite de passer par le stade de l'hexachlorure de benzène, mais pose un problème d'épuration.

L'auteur n'a pas de détails sur les installations à utiliser pour la fabrication du pentachlorophénol mais, à son avis, celle-ci est assez simple dans l'un et l'autre cas. Il rappelle les réserves qu'il a formulées quant à ses explications des procédés utilisés et sur les erreurs qu'elles risquent de comporter. Elles sont destinées seulement à servir de base, à des échanges de vues avec des chimistes et sont fondées sur le souvenir assez imprécis d'un entretien datant de fort longtemps.

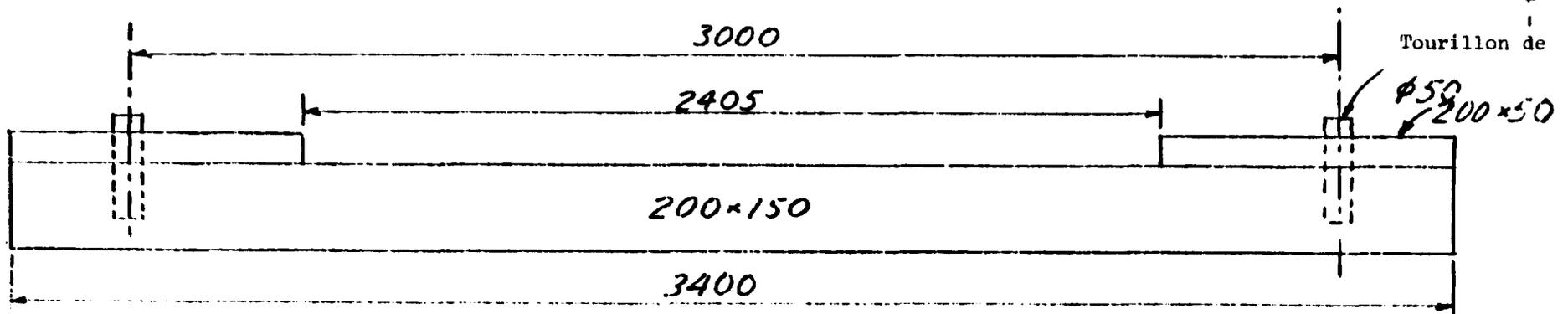
Le PCP est un produit chimique stable qui ne se décompose pas naturellement. Il est toxique pour toutes les formes de vie et son usage doit être soigneusement contrôlé. Dans certains pays, par exemple au Japon, son utilisation est interdite. D'après l'auteur, cette interdiction a eu pour cause l'utilisation excessive qui en était faite comme herbicide dans les champs de paddy.

Les travailleurs qui manipulent du bois fraîchement traité doivent porter des tabliers et des gants de protection, ne pas fumer et se laver soigneusement à l'eau et au savon. Certaines personnes sont extrêmement sensibles au PCP qui provoque chez elles de graves dermatites. Elles doivent évidemment cesser de travailler dans ce secteur. Cette sensibilité est toutefois peu fréquente.

Les usines utilisant le PCP doivent être implantées de façon telle que les eaux usées ou les eaux de ruissellement n'atteignent pas les cours d'eau. Si l'on prend les précautions nécessaires, le PCP constitue pour le bois un préservateur intéressant, qui peut prolonger la vie du bois d'oeuvre pendant de longues années.



PANNEAUX BOIS ET ACIER

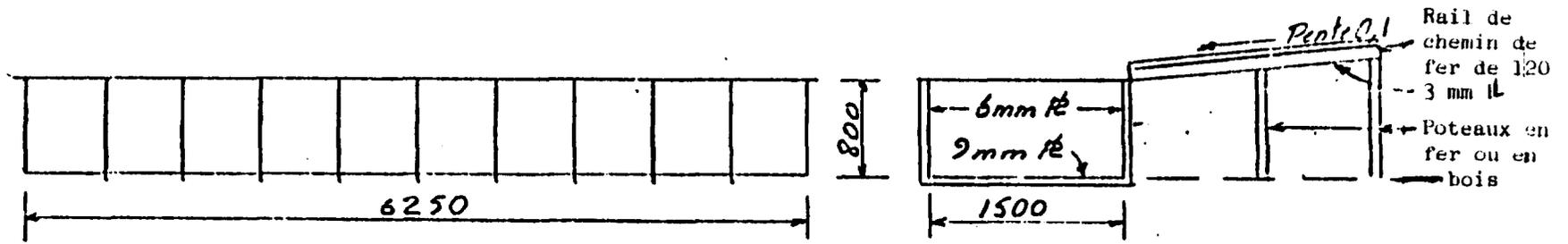


GABARIT DE FABRICATION

Echelle 1/10

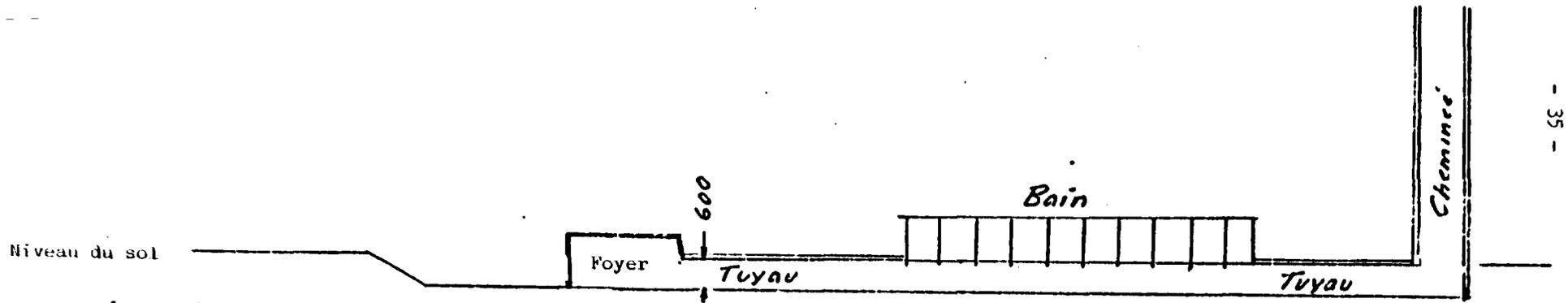
Figure 1

CRF
25-6-81



BAIN ET PLAQUE A EGOUTTER

Echelle. 1:50



PLAN GENERAL.

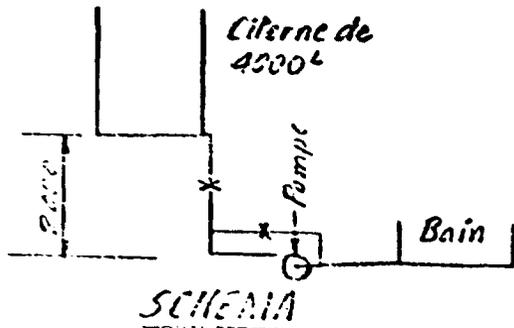
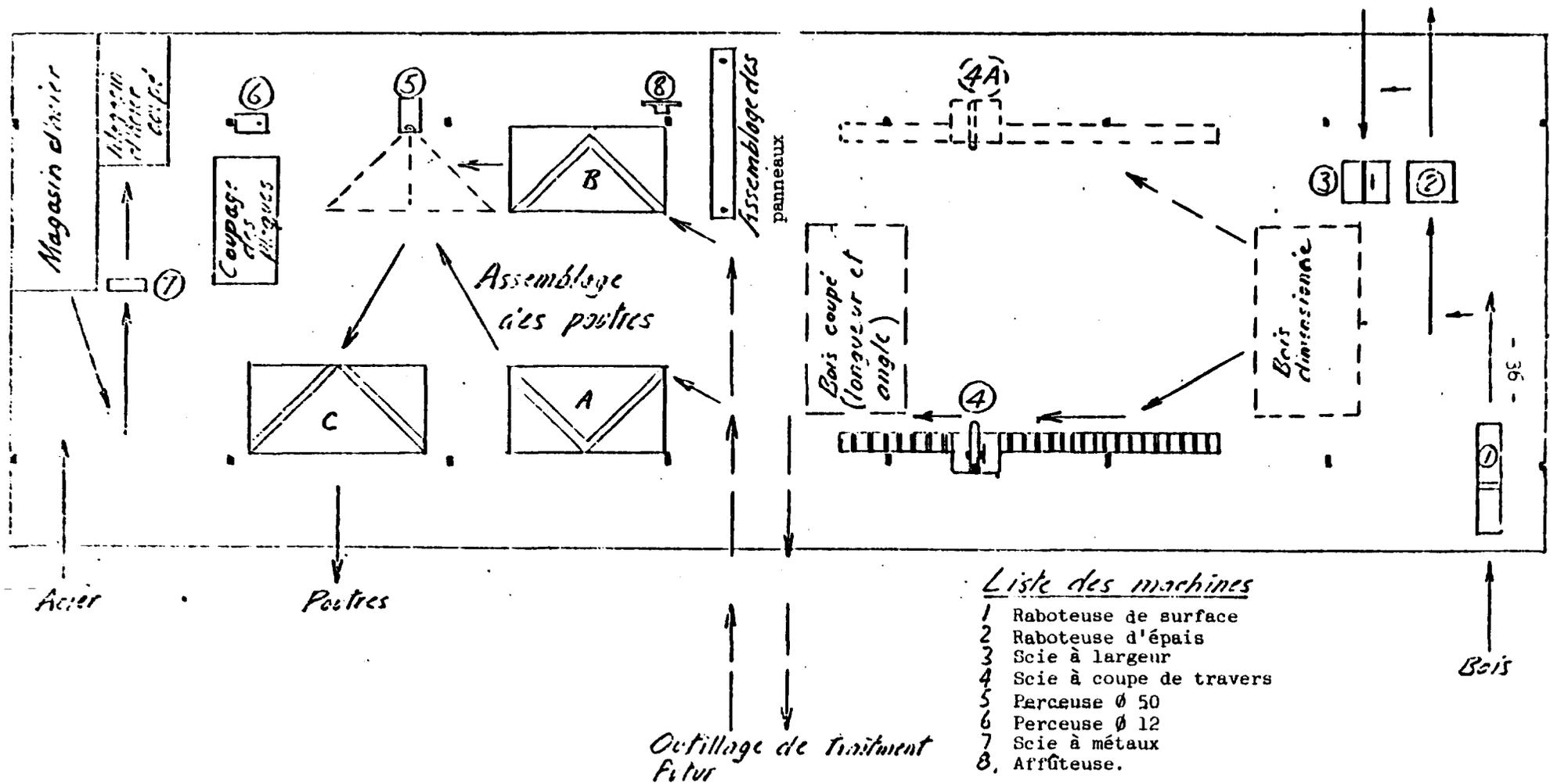


Figure 2

TRATTEMENT DU BOIS
 PROCEDE DU BAIN CHAUD ET FROID

C.R.F.
 28.6.81



Liste des machines

- 1 Raboteuse de surface
- 2 Raboteuse d'épais
- 3 Scie à largeur
- 4 Scie à coupe de travers
- 5 Perceuse \varnothing 50
- 6 Perceuse \varnothing 12
- 7 Scie à métaux
- 8 Affûteuse.

ATELIER DE FABRICATION DES PONTS EN BOIS

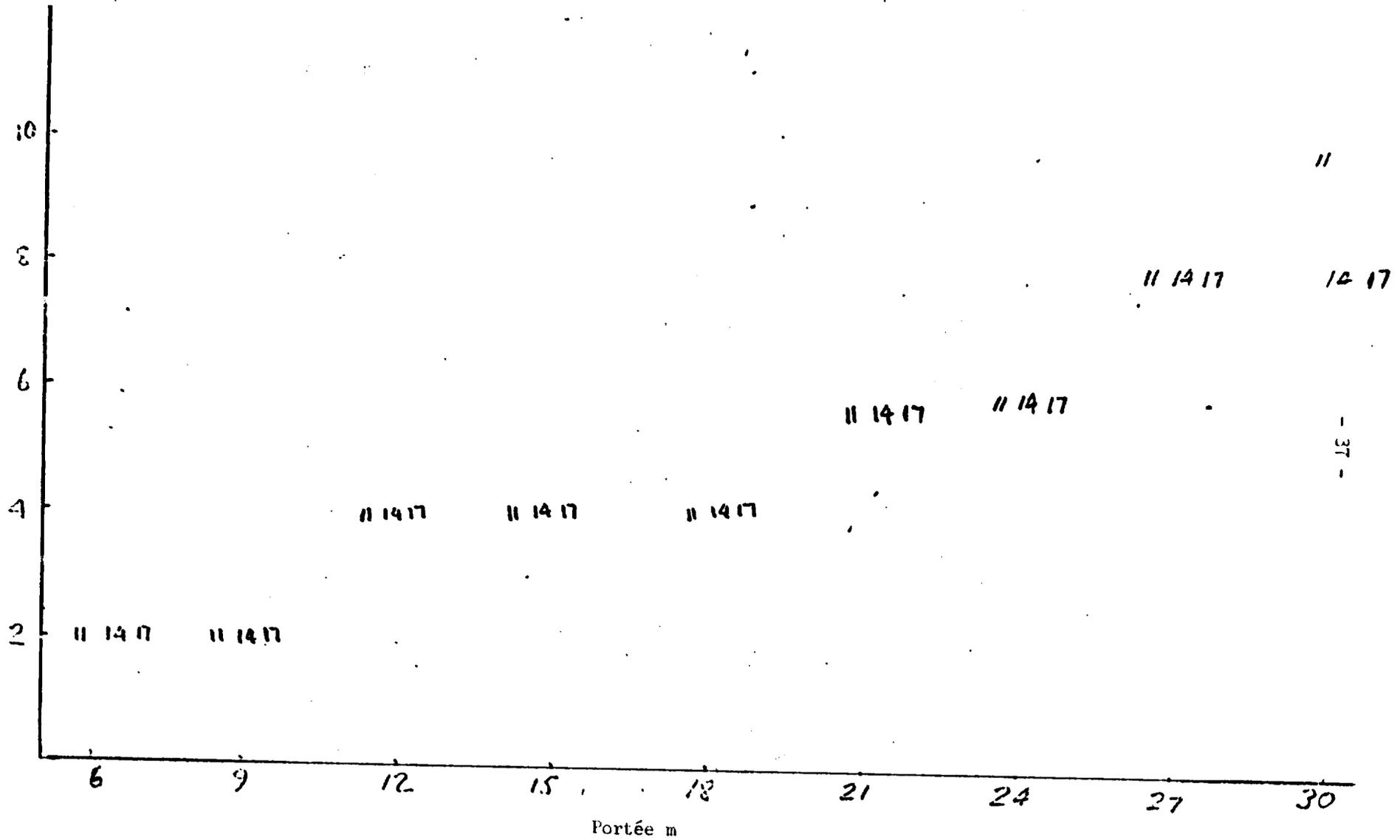
Figure 3

Echelle 1/25

C.R.E. 25.6.81



Numéro des poutres - membrane lourde



- 37 -

Figure 4 Nombre de poutres pour des résistances F11 F148 F17 - Charge HS 20

