

RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL



ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE THIÈS

PROJET
DE *Gm. 0353*
FIN D'ÉTUDES

Titre Chaîne de production d'un système de
signalisation automatique aux passages
à niveau

Auteur Guedji SENE

Génie Mécanique

Date JUIN 1984

ECOLE POLYTECHNIQUE
DE THIES

DEPARTEMENT *du génie* MECANIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

TITRE: *Chaîne de Production
d'un système de signalisation
automatique aux passages à niveau*

AUTEUR: *Guedj Sène*

DIRECTEUR DE PROJET: *Roger Martin*

CO-DIRECTEUR: *A. Bazanella*

1983 - 1984

A mon père défunt

A mon oncle Hyacinthe Coly Sène

REMERCIEMENTS

Je remercierais de prime abord mon directeur de projet Mr Roger Martin, dont l'assistance a été déterminante pour la réalisation de ce rapport. Mes remerciements vont également à Mr Bazanella co-directeur du projet et à Mr. Vaxélaire, tous de la régie des chemins de fer du Sénégal, pour leur grande disponibilité et leurs idées fécondes. Je ne saurais oublier tous les agents de la régie en particulier Abas et Bachir Lô, avec qui j'ai eu des contacts chaleureux et fructueux.

PREAMBULE

ENONCE DU PROBLEME

La régie des chemins de fer du Sénégal (R.C.F.S) veut se lancer dans la signalisation automatique aux passages à niveau (P.N). Il s'agit de lui définir toutes les conditions nécessaires à la mise sur pied d'une chaîne de production d'un système électronique (conçu à l'E.P.T) de signalisation lumineuse et sonore.

OBJET DU RAPPORT

La mise sur pied de cette chaîne est une entreprise importante dans laquelle on ne peut se lancer sans faire une étude préalable pour bien analyser les tenants et les aboutissants. Il importe en effet de s'assurer de la fiabilité du système et d'évaluer les coûts qui seront engendrés. C'est l'objet du présent rapport qui devra éclairer sur la faisabilité et l'opportunité de cette chaîne de production, c'est du moins notre intention.

TABLE des MATIERES

<u>Préambule</u>	iii
<u>Introduction</u>	1
<u>Chap I : Présentation générale du système</u>	4
I-1 Caractéristiques générales du système	4
I-2 Bloc diagramme (voie unique)	6
I-3 Cahier des charges	8
<u>Chap II : Conditions nécessaires à la réalisation de la chaîne de production</u>	10
II-1 Labo de fabrication des circuits imprimés	10
II-2 Main-d'œuvre	12
II-3 Equipements et Matières premières	13
<u>Chap III : Disponibilités et Limitations à la RCFS</u>	14
III-1 Labo de fabrication des C.I.	14
III-2 Main-d'œuvre	14
III-3 Equipements et Matières premières	16
III-4 Organisation du travail	17
<u>Chap IV</u> <u>Approvisionnement</u>	19
<u>Chap V</u> <u>Fabrication</u>	20
V-1 Partie mécanique	

V-2	Partie électronique	21
<u>Chap VI</u>	<u>Installation</u>	26
VI-1	Travaux de génie civil	26
VI-2	Câblage et Montage des appareils	34
<u>Chap VII</u>	<u>Maintenance des installations</u>	36
VII-1	formation de l'équipe d'entretien	36
VII-2	fonctionnement du système	37
VII-3	fiabilité du système	44
VII-4	Entretien préventif	46
VII-5	Entretien correctif	48
VII-6	Feed-back sur le design du système	51
<u>Chap VIII</u>	<u>Etude des Coûts</u>	52
	Etude de faisabilité	56
	<u>Conclusion</u>	58
	<u>Annexes</u>	61
	Bibliographie	77

INTRODUCTION

Ce projet fait suite à deux autres menés sous la direction de Mr Roger Martin. En effet des études ont été entreprises d'abord par Mr Souleye Bâ (1981-1982) et ensuite par Mr Amadou A. Pouye (1982-1983) et qui ont abouti à la réalisation d'un prototype installé au passage à niveau de Ballabey à Thiès. Cette installation expérimentale s'est illustrée par sa fiabilité. En effet depuis sa pose en février 1983, elle n'a accusé que quelques pannes mineures qui n'ont jamais empêché une signalisation au passage des trains. Ces pannes étaient principalement dues aux supports-détecteurs qui ont été par la suite judicieusement modifiés. Pour accroître cette fiabilité, le nouveau système conçu par Mr Martin comporte deux canaux identiques parallèles, qui n'ont en commun que l'alimentation et le circuit électronique de contrôle qui assure une signalisation forcée en cas de défauts sur les deux canaux simultanément (nous examinerons plus loin en détails ce système et sa fiabilité). L'installation expérimentale a un coût global estimé à 630 000 FCFA⁽¹⁾, alors que

sur le marché international un système analogue reviendrait à 10 millions de francs CFA. Notre étude permettra d'évaluer le coût du nouveau système proposé. De même, pour la fabrication, l'installation et l'entretien de ce système, nous effectuerons une étude de faisabilité.

Ainsi, éclairée à la fois sur la fiabilité du système, sa faisabilité et le coût d'une installation, la R.C.F.S pourra prendre une décision sur la réalisation ou non d'une chaîne de production de ce système. La mise sur pied permettrait dans un premier temps d'équiper de cette signalisation automatique les 19 PN du tronçon Dakar-Tivaouane où la circulation des trains est la plus dense et dans une seconde phase les autres PN importants de ses voies ferrées. —

(1) : Ce coût a été évalué par Amadou A. Pouye dans son projet de fin d'études 1982-1983

CHAP. I PRESENTATION GENERALE DU SYSTEME

I-1) Caractéristiques générales du système

Le système est un SAL.0 (signalisation automatique lumineuse sans barrières) qui fonctionne selon les principes suivants :

- clignotement des feux rouges dirigés vers les usagers de la route, et tintement d'une sonnerie, au moins 30 secondes avant l'arrivée du train au P.N
- arrêt de cette signalisation après libération du P.N par le train.

Le système devant fonctionner avec une probabilité de panne extrêmement faible, est constitué de deux canaux identiques mis en parallèle, un circuit électronique vérifiant en permanence la simultanéité de fonctionnement de ces deux canaux (ce circuit électronique de comparaison sera lui-même vérifié grâce à un circuit de test à chaque visite d'entretien).
Seule l'alimentation (sur batterie de 12 V rechargée par le secteur ou par des panneaux solaires) est

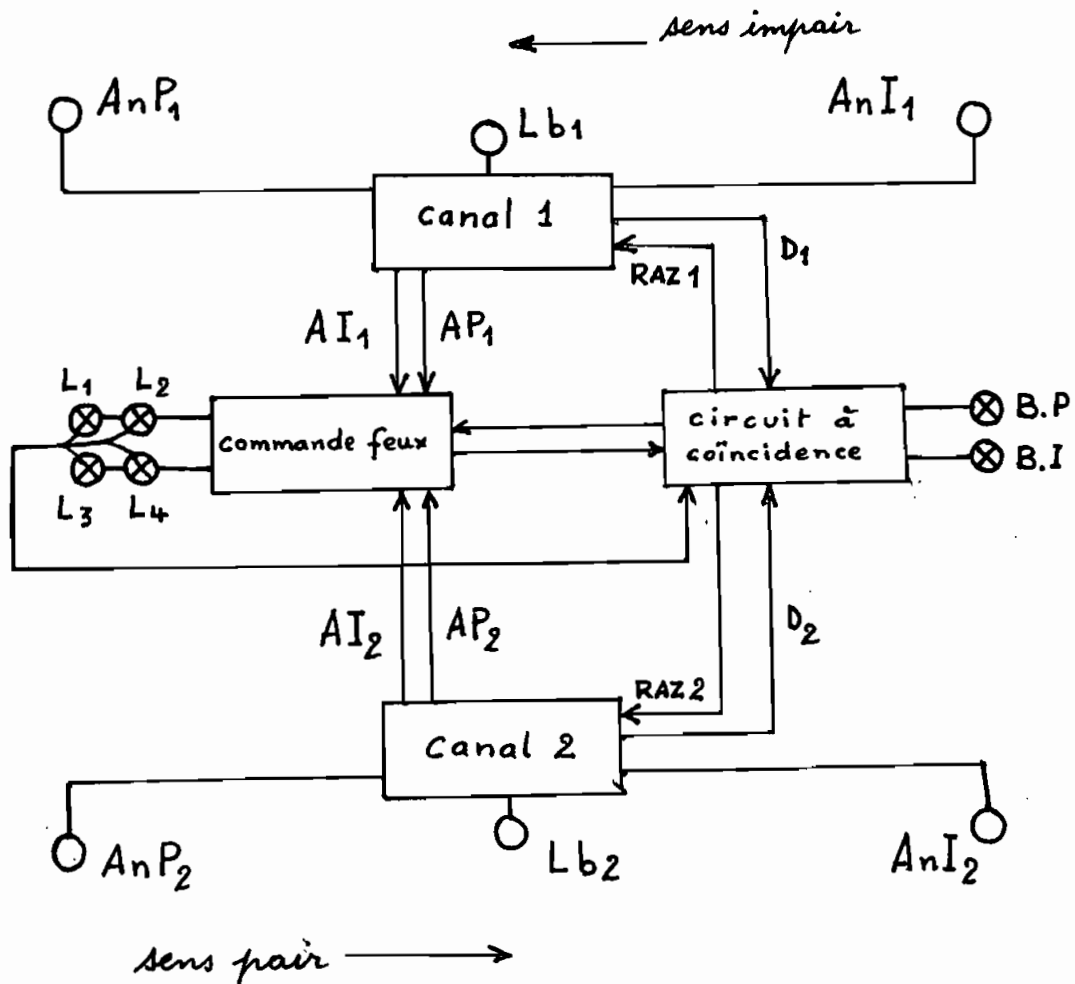
commune à l'ensemble du système.

Tout défaut de fonctionnement doit être signalé, afin que des mesures correctives puissent être prises le plus rapidement possible : la probabilité que les deux canaux mis en parallèle tombent simultanément en panne est négligeable; quand une panne est détectée sur l'un des deux canaux, le système doit continuer de fonctionner sur l'autre canal, et la panne du premier canal est signalée.

La signalisation du défaut est faite par le non-allumage de feux blancs de bon fonctionnement, dirigés vers le mécanicien du train (voir schéma d'implantation du système à l'annexe A7).

Si aucun défaut n'est signalé, le feu blanc intéressant le mécanicien clignote; tout non-clignotement doit être rapporté à la gare suivante par le mécanicien. Afin de ne pas faire clignoter les feux rouges inutilement, le canal en défaut sera dans la plupart des cas, coupé par le circuit électronique de vérification. Bien entendu, en cas de détection de double défaut, les feux rouges seront mis en marche par le circuit électronique de vérification.

I-2) Bloc-diagramme général (voie unique)



Avant d'expliquer le fonctionnement du système par ce bloc-diagramme, faisons la lumière sur les symboles utilisés :

⊙ : détecteur posé sur le rail (AnP_1 : détecteur d'annonce paire du canal 1, Lb_1 : détecteur de libération du canal 1).

⊗ : Feu de signalisation (L_1 à L_4 : feux rouges, destinés aux usagers de la route, BP et BI : feux blancs pair et impair destinés au mécanicien).

AP1 : signal d'annonce paire fourni par le canal 1

AI2 : signal d'annonce impaire fourni par le canal 2

RAZ 1 : signal de remise à zéro du canal 1

D2 : signal de défaut du canal 2

Les sens pair et impair sont un jargon à la R.C.F.S qui indiquent :

sens pair : direction menant à Dakar

sens impair : direction ne menant pas à Dakar

Le bloc diagramme ci-dessus représente l'électronique associée à un système de voie unique. Le fonctionnement est le suivant :

- l'électronique associée à chacun des 2 canaux envoie un signal d'annonce paire, ou impaire.

Le canal 1 commande les feux rouges L_1 et L_2 ,

le canal 2 commande les feux rouges L_3 et L_4 ,

le feu blanc correspondant (pair ou impair), cli-

gnote. Si un défaut est détecté sur un des câbles alimentant les détecteurs, un signal de défaut va éteindre le feu blanc, et le signal de

remise à zéro coupe le canal en défaut.

- l'état des 4 feux rouges est contrôlé en permanence.

Si l'un des feux se comporte différemment des autres, les feux blancs sont bloqués.

I- 3] Caractéristiques spécifiques: Cahier des charges

- détection des circulations ferroviaires grâce à des détecteurs de proximité inductifs (placés à l'extérieur du rail, à 5 mm en dessous du plan de roulement sur un support fixé au rail sans perçage de celui-ci)
- système de temporisation: l'annonce (signalisation lumineuse et sonore) est déclenchée dès la première roue du train, la libération (extinction de la signalisation) est effectuée 10 secondes après passage de la dernière roue.
- tout défaut (coupure ou court-circuit) sur un des câbles (paire 5/1) alimentant un détecteur doit provoquer la signalisation du défaut (extinction définitive des 2 feux blancs) et la coupure du canal incriminé. Un retour à la normale permet le canal en marche, mais le défaut reste enregistré.
- tout autre défaut entraînant la non simultanéité de fonctionnement des 2 ensembles de feux rouges:

$L1+L2$ et $L3+L4$, doit provoquer la signalisation du défaut.

- si les feux fonctionnent plus de 10 minutes, il y a défaut ^{qui} doit provoquer outre l'extinction définitive des feux blancs, l'extinction de la sonnerie (les feux rouges continuent à clignoter).
- il est souhaitable de détecter le dépôt accidentel ou non d'une pièce métallique sur un détecteur d'annonce. Ce dépôt doit provoquer la signalisation du défaut et la coupure du canal incriminé. La disparition de la pièce métallique doit remettre le canal en marche (le défaut restant enregistré)
- le circuit de contrôle doit pouvoir être vérifié manuellement dans son entier, lors des visites d'entretien. Un bouton TEST doit à cet effet être prévu.
- Un bouton permettant la marche forcée de la signalisation doit également être prévu.
- l'alimentation (sur batterie) étant commune à l'ensemble, une baisse anormale de la tension doit provoquer la signalisation du défaut (extinction définitive des feux blancs) avant que les feux rouges ne puissent plus eux-mêmes fonctionner.

CHAP II - CONDITIONS NECESSAIRES A LA REALISATION DE LA CHAINE DE PRODUCTION

Il est indispensable d'identifier les conditions nécessaires à la mise sur pied de cette chaîne de production, avant de commencer une quelconque étude. Cette étape nous servira de canevas pour toute la suite. En effet, nous tenterons, à chaque fois, de satisfaire ces conditions ce qui constitue un gage pour atteindre les objectifs fixés en conformité avec les exigences du cahier des charges.

II - 1^o Laboratoire de fabrication des circuits imprimés (C.I)

La fabrication des C.I, le montage des composants électroniques sur les cartes et les tests de vérification, nécessitent l'existence d'un atelier qui abriterait ces différentes opérations et tout le matériel inhérent.

Cet atelier lui même devra satisfaire certaines conditions :

- il devra être suffisamment spacieux pour contenir tout le matériel qui y sera installé

et permettre de travailler dans de bonnes conditions.

— il sera alimenté en électricité à 220 V et comportera un éclairage ordinaire (en plus de l'éclairage à utiliser pour la fabrication des C.I) et quelques prises de courant; il sera alimenté en eau courante.

— il devra être possible d'empêcher au moment voulu la lumière solaire extérieure d'y pénétrer, cela pour obtenir une chambre noire. En effet, comme nous le verrons plus loin, la fabrication des C.I nécessite à certaines étapes d'avoir la salle toute noire, les rayons ultraviolets de la lumière solaire détruisant la résine de la plaque d'époxy sur laquelle les circuits seront imprimés. C'est ainsi que les portes et fenêtres devront avoir des rideaux noirs pour parer la lumière.

— Un bon système de ventilation devra permettre d'évacuer les vapeurs nocives venant des produits chimiques utilisés pour la fabrication des C.I

Une solution simple et peu coûteuse serait d'avoir des fenêtres placées les unes en face des autres pour faciliter la circulation de l'air et entraîner les vapeurs nocives. Ces fenêtres seraient ouvertes après chaque fabrication.

II-2) Main-d'œuvre

C'est sans doute une des composantes fondamentales de cette chaîne de production à laquelle il faut accorder une importance particulière. Elle devra être assez compétante pour s'acquitter de son rôle moteur. Elle s'occupera à la fois de la fabrication du système, de son installation mais surtout de sa maintenance. Cela suppose des tâches bien définies et une bonne coordination des différentes activités. Il importe donc de définir les responsabilités et d'instaurer une bonne organisation du travail. C'est ainsi qu'il faudra détacher 2 à 3 agents qui ne s'occuperont exclusivement que de la production, de la pose et de tout le suivi à apporter au système.

Cela demande que ces agents soient bien formés pour être à la hauteur de leurs tâches. Ils seront sous la coupe d'un supérieur qui devra être lui aussi bien imbu des problèmes techniques notamment électroniques liés à cette signalisation automatique.

Il sera établi un programme d'entretien préventif.

II-3 } Equipements et Matières premières

Tout l'équipement nécessaire devra être réuni.
On distingue pour la fabrication du support-détecteur : une scie électrique pour le débitage du fer plat, une presse pour le pliage, une perceuse, un ensemble de soudure à l'arc électrique, un chalumeau oxy-acétylénique pour la découpe des patins (rail usagé), un four de traitement thermique pour la détente des patins et un étau limeur pour enlever les ébarbures sur les patins.

Nous donnons en annexe A3 tout le matériel nécessaire à la fabrication des circuits imprimés.

Il faudra prévoir un stock tampon de pièces de rechange pour pallier aux avaries.

III - DISPONIBILITES et LIMITATIONS à la R.C.F.S

C'est en fonction des disponibilités et des limitations existantes à la R.C.F.S, que sera conçue cette chaîne de production. Nous avons effectué des enquêtes et investigations qui nous ont permis de retenir les points suivants :

III-1) Laboratoire de fabrication des C.I

Aucun local n'a encore été désigné pour abriter éventuellement le labo. des C.I au niveau de la région. Cependant, au centre de formation professionnelle d'à côté il existerait un local qui pourrait être utilisé; il suffit que les autorités compétentes en donnent l'autorisation.

III-2) Main-d'œuvre

La R.C.F.S a un personnel très diversifié. Cependant nous ne nous intéressons qu'au personnel susceptible d'être impliqué dans le circuit de

cette chaîne de production.

La fabrication de la pédale (support détecteur) est entièrement réalisable par l'atelier de mécanique générale. Toutes les pédales montées à l'installation expérimentale sont fabriquées à l'atelier de mécanique générale qui dispose d'un personnel qualifié. Cependant ce personnel est inégalement réparti pour certaines sections. C'est le cas de la section pliage qui dispose de 2 à 3 presses qui ne fonctionnent jamais simultanément faute d'opérateurs. Cette section a été l'origine du blocage de la fabrication de 12 pédales en raison d'une importante commande pliage qui ne pouvait être rapidement satisfaite par un seul agent.

On trouve également du personnel compétant pour la fabrication des C.I à la RCFS. En effet, sous la direction de Mr Bazanella et de Mr Vaxelaire un groupe d'agents du service télécommunication et signalisation suit des cours de formation et de perfectionnement en électronique. C'est ainsi que des travaux pratiques avec montage et réalisation de circuits imprimés ont été effectués par ces agents mêmes.

La pose de l'installation expérimentale a été réalisée par des agents de la R.C.F.S. Ces mêmes agents pourraient être désignés avec une formation à l'appui pour s'occuper de toute la chaîne de production.

Nous retenons sur ce point que la réalisation de cette chaîne ne nécessiterait nullement du recrutement de personnel, elle ne demande qu'une reconversion de quelques agents, ce qui ne comporterait aucune charge supplémentaire de personnel pour la R.C.F.S.

III - 3) Equipements et matières premières

Nous distinguons pour cette chaîne 3 types d'équipements : l'équipement de fabrication de la partie mécanique (pédale), l'équipement nécessaire à la fabrication des C.I et l'équipement ou outillage qui sera utilisé pour la pose et la maintenance des installations.

Le premier type d'équipement composé de toute la machinerie nécessaire à la fabrication de la pédale existe à la R.C.F.S. L'équipement de fabrication des C.I nécessitera quant à lui un investissement. L'outillage de pose et d'entretien est disponible au

Service télécommunication et signalisation qui aura en main cette chaîne de production.

L'alimentation par énergie solaire des installations de brousse va nécessiter d'autres équipements : des générateurs photovoltaïques.

Toute la matière première nécessaire à la fabrication de la partie électronique (circuits imprimés) et au montage électrique (câble, composants électroniques), est indisponible à la R.C.F.S. Elle sera pour une bonne partie commandée. Par contre pour la partie mécanique (pédale) le matériel est disponible en grande partie. Nous donnons en annexe A1 le tableau de disponibilité de toute cette matière première à la régie.

III - 4] Organisation du travail

La R.C.F.S pourrait accroître son efficacité en améliorant davantage son organisation du travail.

En effet le circuit, des bons de concours ou bons de travail peut être modifié pour réduire le temps qu'ils mettent pour arriver à destination.

Il y a à la R.C.F.S 3 principales directions :

la D.I.F. : direction des installations fixes, la D.M.R. : direction du matériel roulant et la D.P.T. : direction de la production et du transport.

Quand un service ou une section donnée émet un bon de travail, celui-ci est envoyé au secrétariat où il est enregistré sur un bordereau d'envoi. Le bon est ensuite acheminé à l'une des 3 directions concernées D.I.F., D.M.R. ou D.P.T., où il est à nouveau enregistré, avant d'être distillé à la section qui doit effectuer le travail demandé. Ce bon met ainsi beaucoup de temps avant d'arriver à destination. Cette procédure semble un peu longue, donc moins efficace. Une solution serait de laisser envoyer directement le bon de concours par le service nécessaire au service exécuteur du travail demandé, qui l'enregistrerait. Ces enregistrements seraient récapitulés à la fin de chaque mois par service et envoyés à la direction générale.

CHAP IV APPROVISIONNEMENT

Nous avons déterminé dans l'inventaire des disponibilités à la R.C.F.S, le matériel existant en quantité suffisante et celui à acquérir pour la réalisation de la chaîne de production.

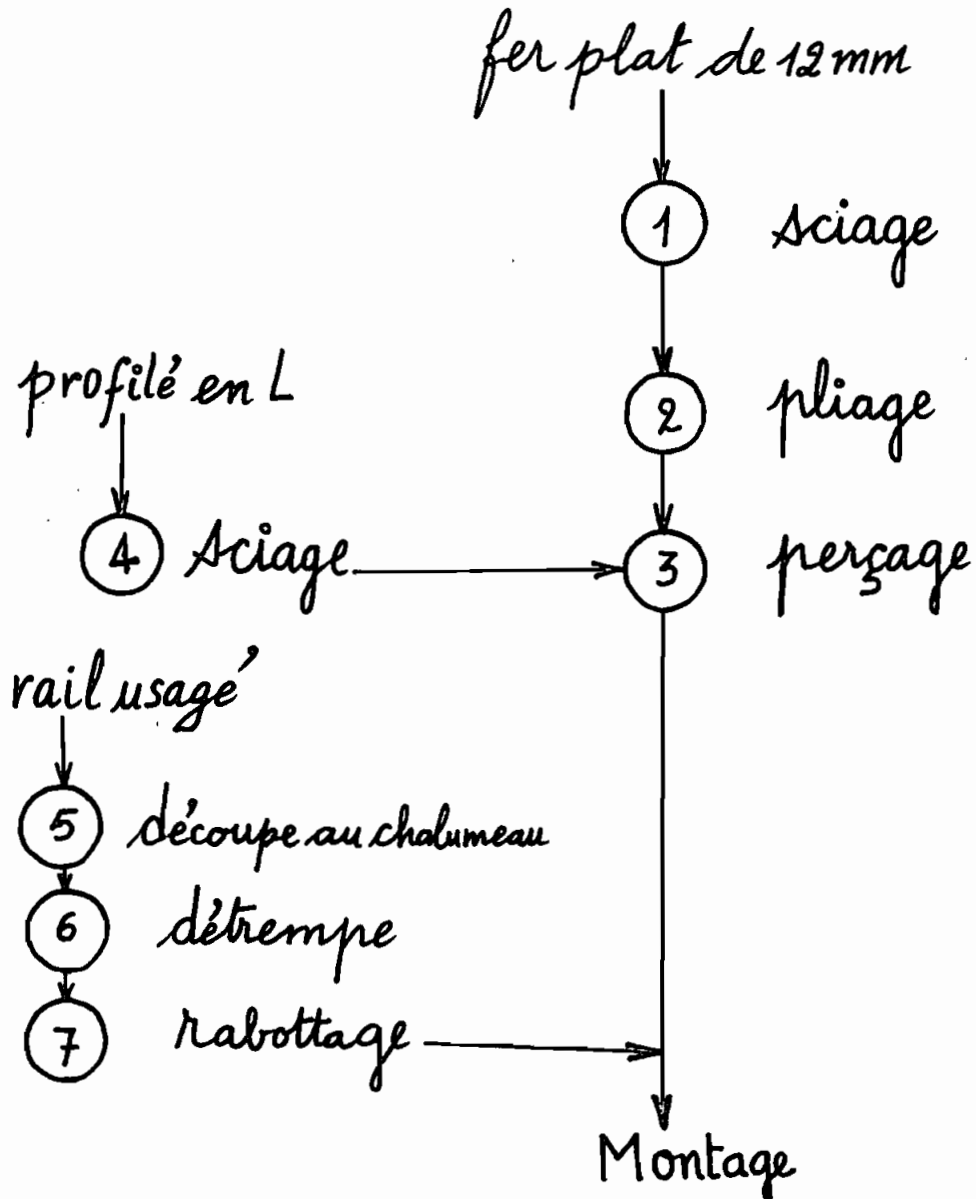
Il existe à la R.C.F.S un service approvisionnement qui s'occupe de tous les achats et commandes de matériel. C'est ainsi que le matériel nécessaire à la fabrication des circuits imprimés et un générateur photovoltaïque ont déjà été commandés. Cependant certaines lenteurs et difficultés ont été observées lors de ces commandes. Une meilleure organisation du service approvisionnement permettrait d'éviter des ruptures de stock (pièces de rechange) qui seraient préjudiciables aux installations. Une bonne gestion du stock des pièces de rechange devra être établie pour assurer un stock minimal et permettre de pallier aux avaries.

Le service qui gèrera la chaîne de production devra régulièrement définir ses besoins en matériel pour faire effectuer à temps ses commandes et achats par le service approvisionnement.

CHAP. V FABRICATION

V-1) Partie mécanique

Les différentes opérations d'usinage pour la fabrication des supports détecteurs s'effectuent selon le diagramme d'acheminement suivant :



Nous donnons en annexe A₄ les dessins détaillés de toutes les pièces qui subissent une ou plusieurs opérations d'usinage: l'embase, le patin, le profilé en L et les plaques pliées. Les autres pièces: les silenblochs, les boulons et les crapauds, ne nécessitent aucun usinage.

V-2] Partie électronique

méthode de fabrication des C.I

Il s'agit de reproduire un circuit dessiné sur une plaque époxy.

Cette plaque époxy contient une couche de cuivre enduit d'une résine violette sensible aux rayons ultra-violets (U.V). Une mince pellicule adhésive en plastique noir la protège optiquement et mécaniquement et permet de manipuler et de découper en pleine lumière la plaque.

Le circuit à reproduire est d'abord matérialisé sous forme d'une matrice transparente où les tracés du circuit sont représentés en noir très opaque soit une sorte de diapositive noir et blanc.

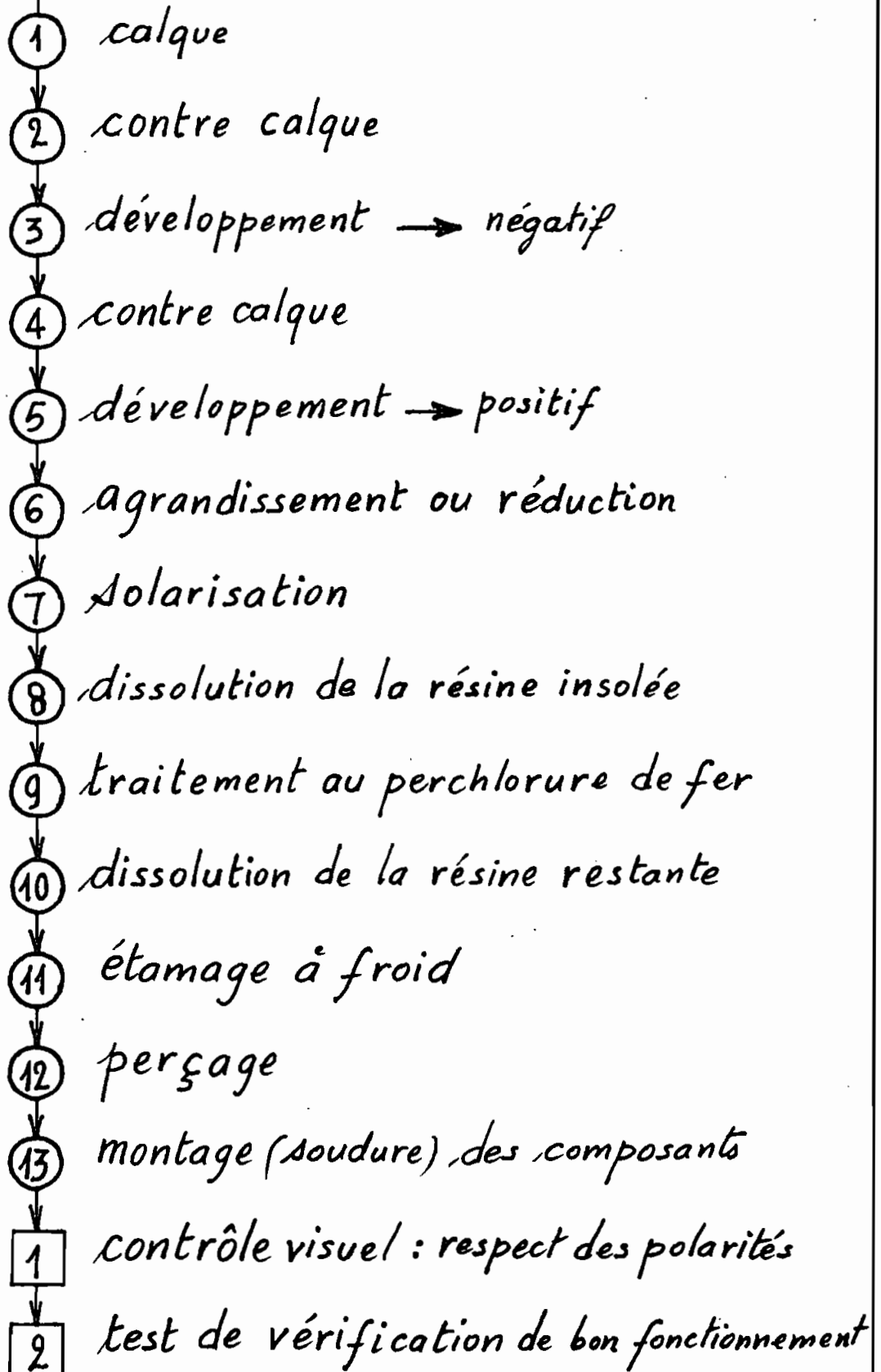
La matrice obtenue par contretypage d'un calque est plaquée contre la résine de la plaque époxy. Auparavant on enlève évidemment la pellicule protectrice après avoir éteint la lumière pour éviter tout rayon ultra-violet qui détruirait la résine. Le tout est alors insolé par une source de rayons U.V. Après cette solarisation la plaque époxy est plongée dans une solution alcaline qui va dissoudre uniquement la résine ayant reçu les rayons U.V., mettant ainsi une partie du cuivre à nu. Une attaque au perchlorure de fer va dissoudre le cuivre à nu, laissant intacte la résine non insolée qui résiste à ce traitement.

Cette ^{résine} restante est enlevée avec du coton imbibé d'acétone, ce qui met à nu sur la plaque les traits cuivre qui représentent le circuit imprimé. Il ne reste alors qu'à étamer les traits du circuit et à percer les trous qui serviront au montage (soudure) des composants électroniques.

Nous donnons en annexe ^{A2} le guide de fabrication des C.I avec une description détaillée des principales étapes qui sont données dans le diagramme d'acheminement suivant.

diagramme d'acheminement

Schéma C.I



Dosage des réactifs chimiques

Pour assurer une bonne qualité des C.I il est essentiel de bien doser les solutions chimiques qui seront utilisées pour leur fabrication.

Pour le procédé de fabrication utilisé les dosages suivants sont indiqués :

- Le révélateur « Ilford P-Q » sera dilué dans les proportions : 1+9 soit un volume de concentré + 9 volumes d'eau
- Le fixateur « Ilford Ipam » sera quant à lui dilué dans les proportions : 1+4 soit 1 volume de concentré + 4 volumes d'eau.
- La solution alcaline sera une solution de soude caustique de 10 g/l, soit 10 grammes de soluté (soude caustique) pour 1 litre de solvant (eau)

Chassis de solarisation

Le chassis est composé de: - 4 étriers en bois de 10 mm d'épaisseur
 - une planchette de contre plaqué: 260 x 200 x 10 mm
 - une vitre ordinaire de 260 x 200 x 2 mm
 - une feuille de mousse de polyuréthane de 260 x 200 x 10 mm (ou toute matière équivalente pouvant se comprimer)

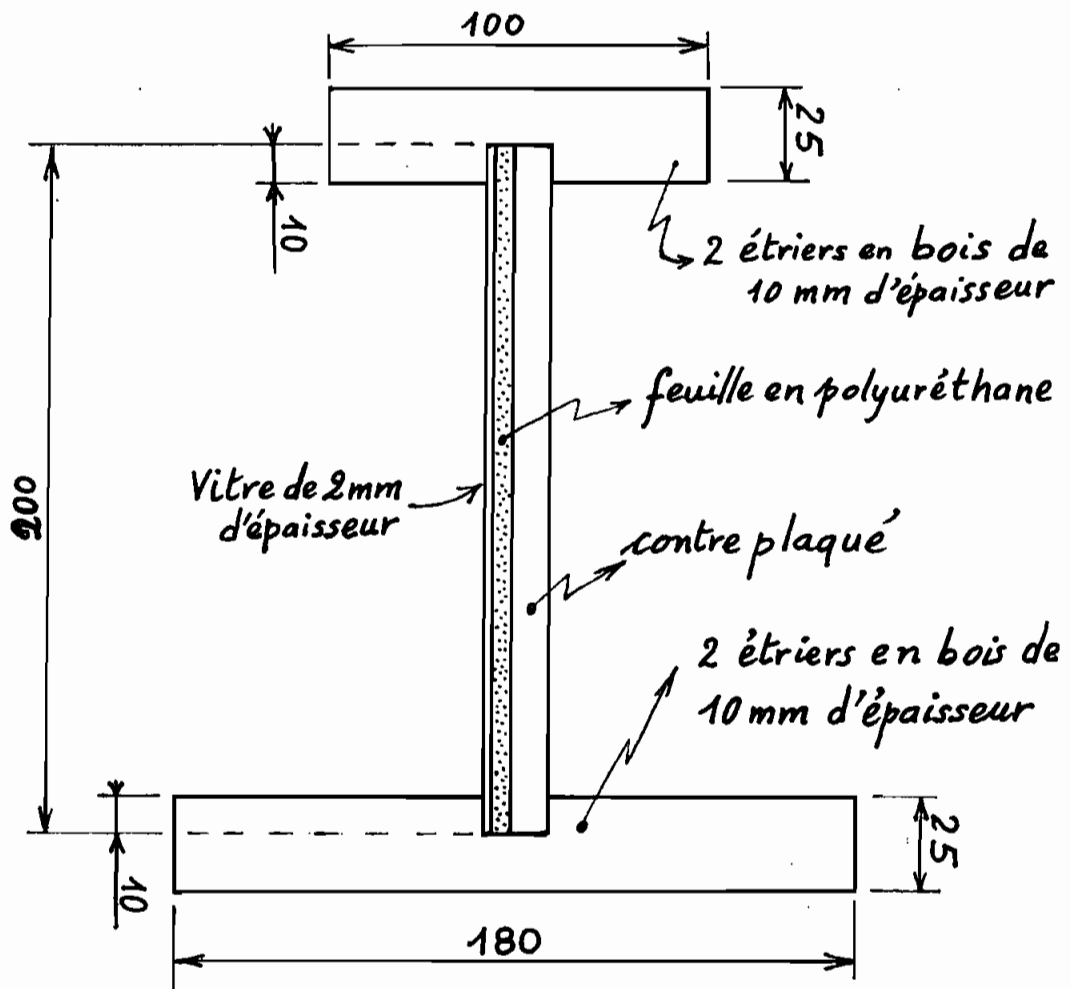


fig. chassis de solarisation échelle 1/2

CHAP. VI - INSTALLATION

Nous donnons en annexe A7 le schéma d'implantation avec les distances prescrites par la réglementation en vigueur sur la disposition des appareils par rapport aux voies (fermée et routière).

On distingue pour la pose 2 principales étapes :

- les travaux de génie civil
- le câblage et le montage des appareils

VI-1) Travaux de génie civil

* Guérite

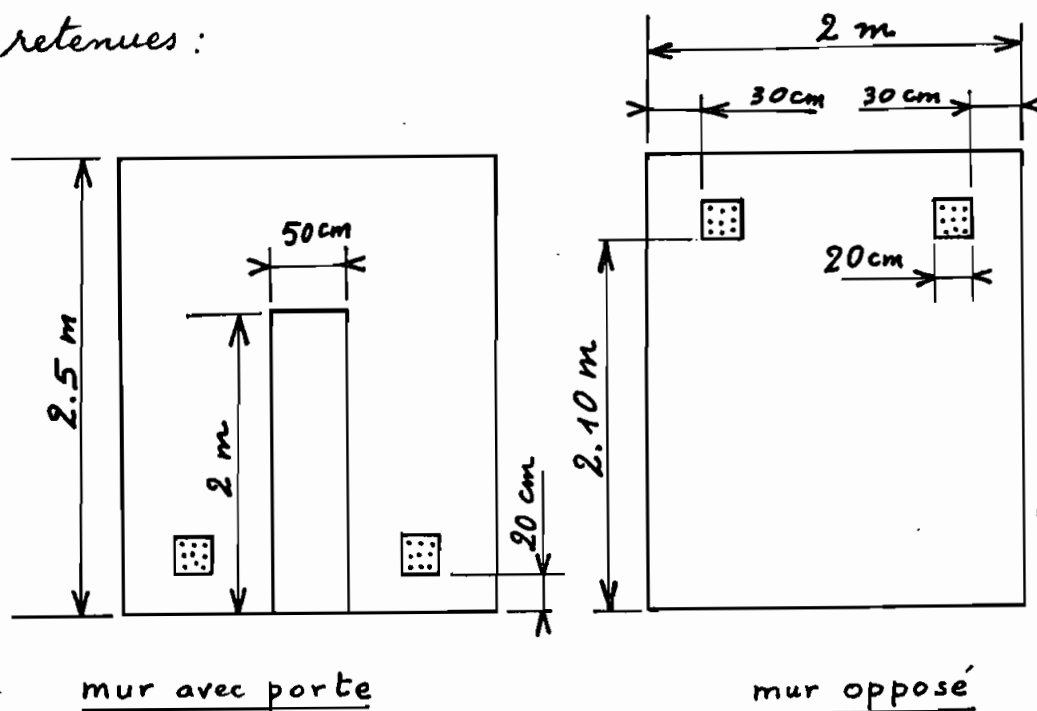
Elle va contenir le coffret d'appareillage.

Pour assurer la protection du coffret de commande la guérite sera un petit bâtiment de dimensions : 2 m x 2 m et 2.5 m de haut. Elle comportera une porte et 4 fenêtres d'aération pour éviter l'échauffement excessif des composants du coffret de commande.

Ces fenêtres d'aération seront faites avec des grillages. Leur disposition devra permettre une bonne circulation de l'air dans la guérite. C'est ainsi que les 2 premières seront placées plus bas, de part et

d'autre de la porte tandis que les 2 autres seront placées sur le mur opposé mais plus haut.

Les dispositions du schéma suivant peuvent être retenues :



Le toit de la quèrite sera utilisé pour abriter le panneau solaire. Cette solution présente l'avantage d'être moins onéreuse par rapport à celle du mât solaire basculant (qui a été proposé à la R.C.F.S) tout en assurant l'inaccessibilité du panneau. L'équipe d'entretien se servira d'une échelle pour accéder au toit et nettoyer le panneau.

Ce panneau devra avoir une orientation adéquate pour permettre une captation optimale du rayonnement solaire. Le CERER (Centre d'études et de

recherches sur les énergies renouvelables) recommande une inclinaison de 15° par rapport à l'horizontal à Dakar. Cette inclinaison pourra être retenue pour l'ensemble du pays, la variation dans les autres régions étant sûrement faible.

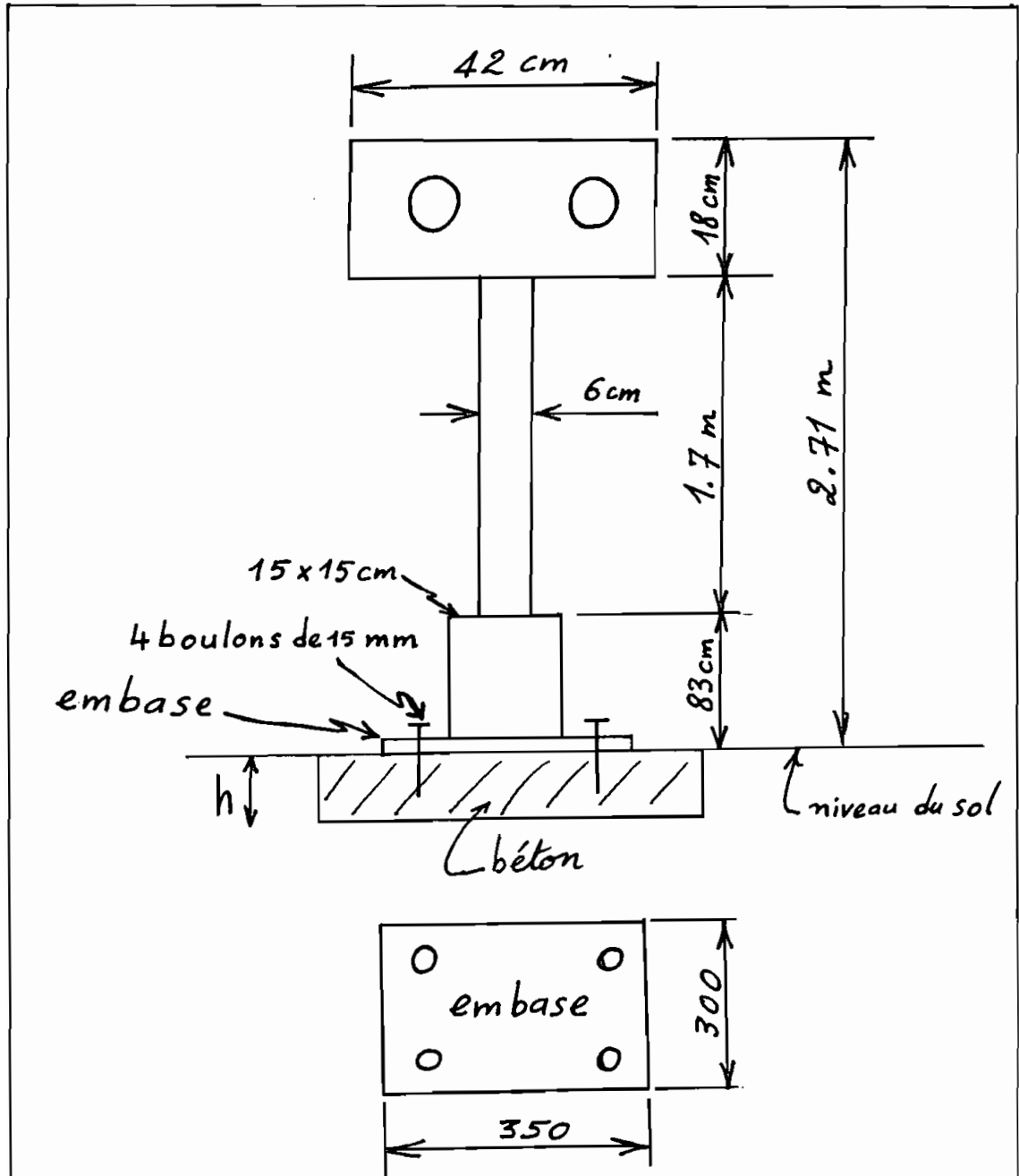
* Artères-câbles et chambres de tirage

La traversée des voies (fermée et routière) par les câbles sera souterraine. Des artères de 30 cm environ de largeur et 80 cm de profondeur seront creusées. Des chambres de tirage en béton, de 80 cm x 80 cm et 1 m de profondeur seront placées aux intersections des artères (voir annexe A8)

* Massif en béton pour support unités lumineuses

Les dimensions de ce support sont données dans le schéma de la page suivante. Nous allons déterminer les dimensions de la semelle en béton par un petit calcul de dimensionnement.
Nous considérerons une vitesse de vent de 100 km/h.

$$\text{Poids du support : } P = 500 \text{ N}$$



Surface de l'embase : $S_e = 300 \times 350 = 105\,000 \text{ mm}^2$

Contrainte sur le béton : $\sigma = \frac{P}{S_e} = \frac{500}{105\,000}$

$\rightarrow \sigma = 5 \cdot 10^{-3} \text{ MPa} \ll f_c' \text{ béton}$

Ainsi le poinçonnement sur le béton n'est pas à craindre, la contrainte de compression étant négligeable devant la résistance du béton.

Surface en contact avec le vent : S_v

$$S_v = 0.42 \times 0.18 + 0.06 \times 1.7 + 0.45 \times 0.83 = 0.30 \text{ m}^2$$

La pression exercée par le vent sur le poteau est donnée par la formule : $q = 50 \cdot 10^{-6} V_m^2$, avec :
 q en kN/m^2 et V_m : vitesse du vent en km/h

La pression à considérer dans les calculs selon le code canadien C.N.B.C est donné par la formule

$$P = C_e C_g C_p q$$

où : C_e = coefficient d'exposition qui dépend de la hauteur de la structure

C_g = coefficient de rafale (gust factor)

C_p = coefficient de pression

Le tableau 4.1.8. A du supplément n°4 du CNBC donne pour ce poteau les valeurs suivantes :

$$C_e = 1, \quad C_g = 2, \quad C_p = 1$$

$$\text{Ainsi } p = 1 \times 2 \times 1 \times q = 2q = 2 \times 50 \cdot 10^{-6} V_m^2$$

Nous en déduisons la force exercée par le vent :

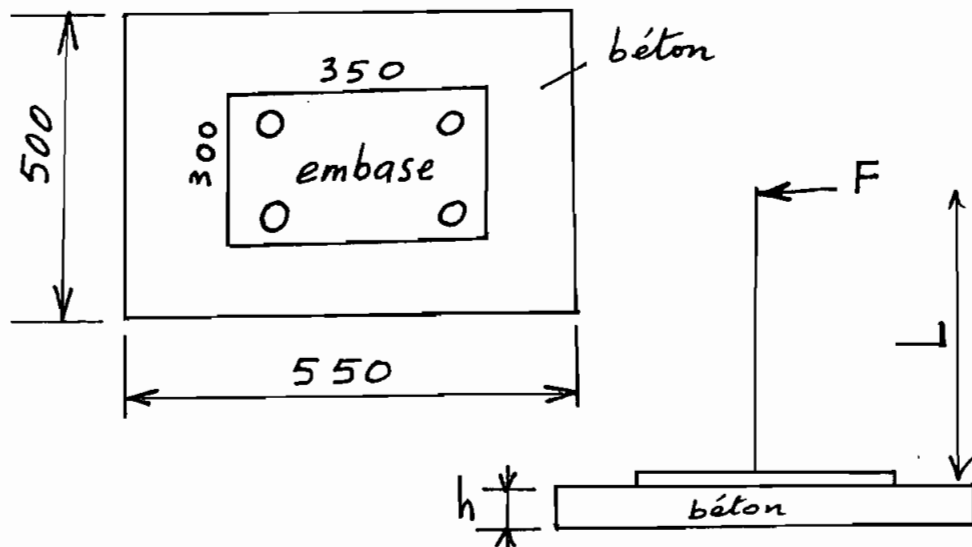
$$\begin{aligned} F &= p \times S_v = 100 \cdot 10^{-6} V_m^2 \times S_v \\ &= 100 \cdot 10^{-6} \times (100)^2 \times 0.3 = 0.3 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{section d'un boulon : } \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \times (15 \text{ mm})^2}{4} = 177 \text{ mm}^2$$

$$\text{Cisaillement au niveau d'un boulon} = \frac{F}{S_{\text{boulon}}} = \frac{0.3}{177}$$

$$\frac{F}{S_{\text{boulon}}} = \frac{0.3}{177} = 1.7 \cdot 10^{-3} \text{ MPa} \ll R_{\text{boulon}} = 830 \text{ MPa}$$

Le cisaillement des boulons n'est pas à craindre.



Nous considérons que la force exercée par le vent s'applique à L (cela pour être sécuritaire dans nos calculs). Ainsi le moment exercé par le vent à la base du poteau est: $M_v = F \times L$

$$M_v = 300 \text{ N} \times 2710 \text{ mm} = 813\,000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Prenons comme section de la semelle: 500 x 550 mm

Le moment résistant est alors: $M_r = P \times \frac{500}{2}$

Nous avons considéré la section la plus éloignée.

$$\text{Ainsi } M_r = 500 \text{ N} \times \frac{500}{2} = 125\,000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Le moment à compenser par le béton pour avoir le poteau en équilibre vaut:

$$M_c = M_v - M_r$$

$$M_c = 813\,000 - 125\,000 = 688\,000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

Nous en déduisons le poids du béton nécessaire pour avoir l'équilibre : $M_c = P_b \times \frac{500}{2}$

P_b = poids du béton

$$P_b = M_c / \frac{500}{2} = 688\,000 / \frac{500}{2} = 2752 \text{ N}$$

or $P_b = \rho_b \times V_b$, ρ_b = poids volumique du béton
et V_b son volume

$V_b = h \times 500 \times 550$, h = épaisseur du béton

Considérons un béton de $\rho = 2 \times 10^5 \text{ N/mm}^3$

$$P_b = \rho_b V_b = \rho_b \times h \times 500 \times 550$$

$$\text{d'où } h = \frac{P_b}{\rho_b \times 550 \times 500} = \frac{2752}{2 \times 10^5 \times 550 \times 500}$$

$$\longrightarrow h = 500 \text{ mm}$$

Ainsi une épaisseur de 50 cm de béton suffira pour maintenir le poteau en équilibre sous l'action d'un vent de 100 km/h !

Vérification du tassement du sol

Le poids total du poteau et du béton exerce sur le sol une pression $p = \frac{500 + 2752}{500 \times 550} = 0.01 \text{ MPa}$

$$\underline{p = 0.01 \text{ MPa}}$$

La capacité portante d'un sol moyen étant de 1 bar soit 0.1 MPa, le tassement du sol sous le poids total du poteau et du béton n'est pas, à craindre.

Selon le code français C.C.B.A (Conception et Calcul en béton armé), un dosage en ciment de 250 kg/m^3 permet d'obtenir un béton de résistance nominale de 18 MPa, ce qui est de loin supérieur à la contrainte de compression exercé sur le béton (nous avons en effet trouvé plus haut $\sigma_c = 5 \cdot 10^{-3} \text{ MPa}$
béton

Ainsi le massif en béton des supports unités lumineuses devra avoir les dimensions suivantes : section : $500 \times 550 \text{ mm}$
épaisseur : $h = 50 \text{ cm}$

Un dosage en ciment de 250 kg/m^3 suffira pour assurer une bonne résistance.

VI - 2) Câblage et montage des appareils

Il s'agit de la pose du câble paire 5/1. Dans les artères, les câbles seront protégés par des tuyaux en PVC de 100 mm de diamètre. En surface, les poteaux télégraphiques seront utilisés comme support câble. Les connexions sur le câble pair 5/1 devront être bien protégés par du caoutchouc en pâte adhésive en guise d'isolant. En effet ces jonctions ont été à l'origine de court-circuit sur l'installation expérimentale.

L'annexe Ag donne le schéma unifilaire des installations pour une voie unique.

Après la pose des câbles on procède au montage des unités lumineuses, des détecteurs et du panneau polaire éventuellement. Les supports détecteurs devront être à la cote 1 mm en dessous du plan de roulement et la face sensible des détecteurs à 1 mm en dessous de la face supérieure des supports soit à 2 mm en dessous du plan de roulement; cela pour rester dans les limites imposées par la portée utile des détecteurs Balogh utilisés, qui est de 5 mm.

Pour protéger les supports détecteurs contre la corrosion,

ils seront peints.

Après la pose, pour s'assurer du bon fonctionnement, il faudra procéder à un essai en marche manuelle et contrôler également avec le passage d'un train.

Les détecteurs seront placés à des distances bien définies de façon que la signalisation soit présentée aux usagers de la route à temps avant l'arrivée du train sur le P.N. Dans le cahier des charges on demande que la signalisation (feux et sonnerie) soit déclenchée au moins 30 secondes avant l'arrivée du train au P.N.

Ainsi les détecteurs seront à une distance D du P.N. donnée par la relation : $D = V_m \times t$ (en supposant que le train roule à une vitesse uniforme)

$t = 30 \text{ s}$; $V_m =$ vitesse maximale des trains qui n'excède pas 95 km/h au Sénégal, soit 26.4 m/s.

Ainsi $D = 26.4 \times 30 = 792 \text{ m}$.

En pratique on prendra $D = 800 \text{ m}$.

L'annexe A7 donne l'emplacement des détecteurs

CHAP. VII MAINTENANCE ou ENTRETIEN DES INSTALLATIONS

Après avoir fabriqué et installé le système, le plus important reste à lui apporter le suivi nécessaire à son bon fonctionnement, c'est à dire sa maintenance.

VII - 1) Formation de l'équipe d'entretien

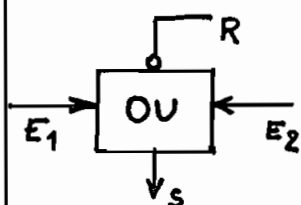
Comme nous l'indiquions plus haut, il sera nécessaire de détacher 2 à 3 agents qui ne s'occuperont exclusivement que de la fabrication, de l'installation et surtout de la maintenance des installations. Il serait opportun de les choisir parmi ceux qui sont déjà impliqués dans cette signalisation, en raison de l'expérience dont ils bénéficient. (Nous citerons l'exemple d'un parmi eux qui avait dépanné l'installation expérimentale à la suite d'un défaut de libération. Il avait lui-même détecté la panne : un transistor grillé, et l'avait remplacé). Ils devront subir une formation leur permettant d'être à la hauteur de leurs tâches. C'est ainsi que nous proposons que les cours de formation et de perfectionnement en électronique qui leur sont donnés au service Télécommunication et Signalisation soient beaucoup

plus axés sur cette signalisation automatique. Ces cours devront se faire de façon régulière et porteront sur la fabrication des circuits imprimés et surtout sur le fonctionnement et l'entretien des installations. Pour faciliter cet entretien, il sera nécessaire de rédiger un manuel d'entretien qui servira de guide à l'équipe de maintenance. Ce manuel devra être un recueil technique donnant les instructions de mise en route du système, ses principaux défauts de fonctionnement et les différents réglages et réparations à faire selon les pannes.

VII - 2) Fonctionnement du système

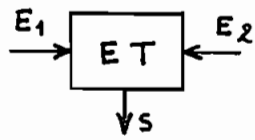
Le diagramme fonctionnel en annexe A5 schématise bien le fonctionnement du système sur une installation en voie unique.

- symboles utilisés

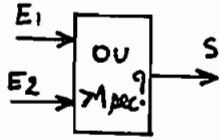


OU : la sortie S est active si E_1 ou E_2 l'est (ou les deux)

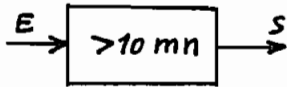
Une entrée R active, désactive la sortie quelles que soient les valeurs de E_1 ou E_2



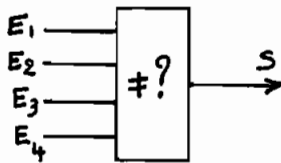
ET: la sortie S n'est active que si E_1 et E_2 le sont simultanément



OU > 1 sec: la sortie S est active si l'une des entrées E_1 ou E_2 reste active plus de 1 seconde



La sortie S ne devient active que si l'entrée le reste sans interruptions plus de 10 minutes.



Circuit à coïncidence: la sortie S devient active si une des quatre entrées est différente des autres

○ feu de signalisation

🔊 sonnerie

⌚ led s'allumant (et le restant en permanence tant qu'une RAZ générale n'est pas faite) dès que le fil sur lequel elle est connectée devient actif.

Les cartes détecteurs

Deux cartes identiques auxquelles sont raccordées les 6 détecteurs, fournissent les signaux suivants:

- $A_n P_1, A_n I_1, A_n P_2, A_n I_2$: impulsion ne restant active que pendant le temps pendant lequel la roue du train ferme le détecteur.
- \bar{D}_1, \bar{D}_2 : signal devenant actif si un défaut (rupture ou court-circuit) est détecté sur un des câbles alimentant un des 6 détecteurs.
- $A P_1, A P_2$: signal actif durant toute la durée normale d'une annonce paire.
- $A I_1, A I_2$: signal actif durant toute la durée normale d'une annonce impaire.
- RAZ_1, RAZ_2 : signal permettant de remettre à zéro les 3 compteurs que comporte chacune des cartes détecteurs. Cette RAZ désactive les signaux d'annonce.

Fonctionnement normal du système

a) Remise à zéro

Un appui manuel sur le bouton RAZ active les lignes RAZ_1 et RAZ_2 et éteint les led de la carte de contrôle n°1 (ces led ne sont pas représentés sur le diagramme fonctionnel). En particulier les signaux $COUP_1, COUP_2$ et INH sont à 0 (non activés)

Supposons alors qu'un train arrive dans le sens pair.

Les signaux AP_1 et AP_2 passent à 1 (sont activés) pendant la durée requise

b) Allumage des feux rouges L_1, L_2, L_3 et L_4

AP_1 étant à 1, la sortie de la porte 12 passe à 1, de même que la sortie de la porte 14: les feux rouges L_1 et L_2 clignotent.

De même AP_2 commande le clignotement de L_3 et L_4 par l'intermédiaire des portes 13 et 15.

c) Allumage du feu blanc pair: B.P

Le feu blanc pair est doublement commandé par AP_1 et AP_2 grâce à la porte 10

d) Sonnerie

Les portes 14 et 15 qui commandent les feux étant actives, la sonnerie est doublement commandée grâce à la porte 16.

Analyse des défauts

a) défaut sur un câble d'alimentation d'un détecteur

Admettons par exemple que \bar{D}_1 devienne actif: la porte 2 devient active, le signal $COUP_1$ passe

à 1, ce qui applique une remise à zéro sur la carte détecteurs n° 1 (RAZ 1 passe à 1). Cette carte est donc bloquée, les signaux AP_1 et AI_1 resteront à 0, les feux rouges L_1 et L_2 ne pourront plus s'allumer. Le système fonctionnera sur le canal 2 seulement. Le passage à 1 de coup 1 allume également une diode led (ce qui aidera au dépannage) et actionne la porte 5 : le signal INH passe à 1, ce qui bloque les deux portes 10 et 11 et ce d'une façon définitive (seule une RAZ manuelle pourra ramener INH à 0). Ainsi les feux blancs ne pourront plus s'allumer, signalant donc le défaut au mécanicien du train.

Lors du passage du train, les feux L_3 et L_4 fonctionneront, la sonnerie également. Si un double défaut se produit (\bar{D}_1 et \bar{D}_2 actifs), les deux cartes détecteurs sont bloquées (RAZ₁ et RAZ₂ sont à 1), mais la porte 8 sort alors un 1 qui active les portes 14 et 15 : les feux rouges clignotent, la sonnerie tinte.

b) défaut détecteur : détecteur fermé

Si un objet métallique est déposé sur un des détecteurs, la porte 1 (ou la porte 3) le détectera, ce qui provoquera au bout d'une seconde, la coupure du canal incriminé en envoyant une RAZ sur la carte.

La disparition de ce défaut remettra le système en son état original, sauf que le défaut reste enregistré (leds allumés, feux blancs éteints).

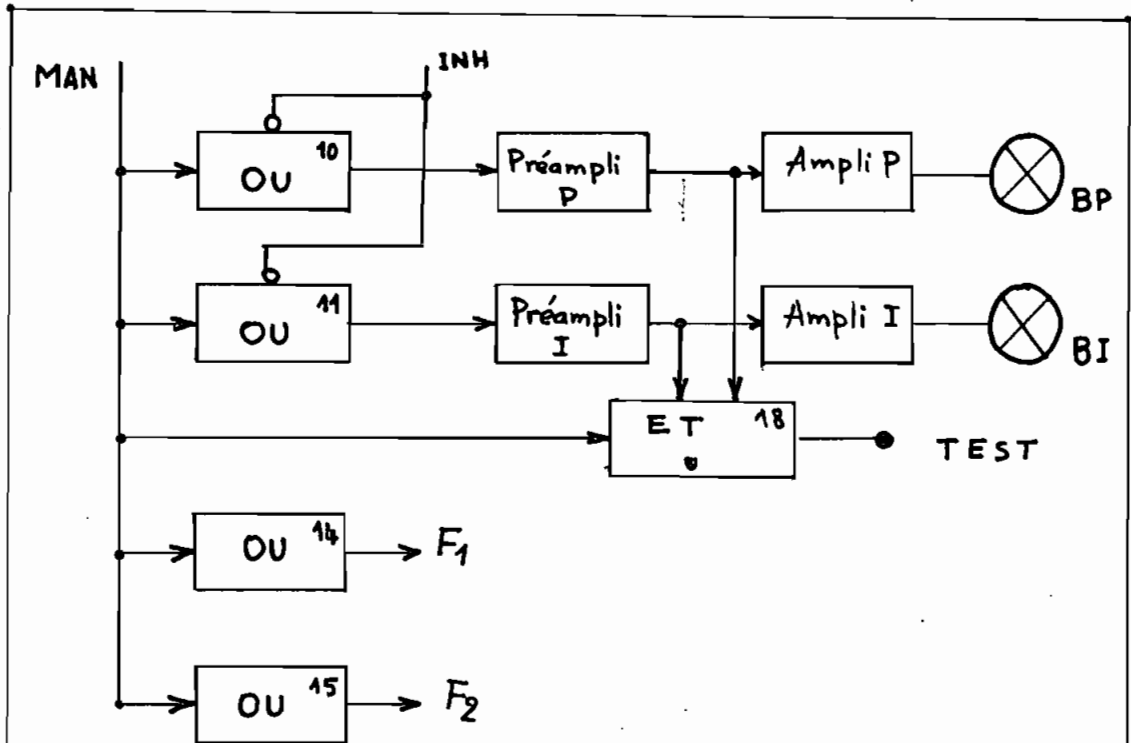
Seuls les détecteurs d'annonce sont ainsi contrôlés.

c) Autres défauts

Tout défaut ne se produisant que sur un seul des deux canaux (circuit intégré brûlé, défaut de contact sur une carte, ampoule brûlée ---) produira une discordance (ou anti-coïncidence) de fonctionnement sur un des feux rouges. Les 4 feux rouges sont contrôlés grâce aux fils V1, V2, V3, V4 et la porte 6 (temporisée à 1 seconde) sort un 1 dès qu'un des 4 signaux diffère des 3 autres. La seule action prise dans ce cas est l'extinction des feux blancs.

Le bon fonctionnement des feux blancs n'est pas contrôlé, puisqu'un non-clignotement ou un allumage continu doit être signalé par le mécanicien.

Par contre, le fonctionnement du contrôle d'extinction de ces feux blancs est contrôlé ou disons vérifié périodiquement par l'équipe d'entretien, grâce au bouton AUTO/MANUEL/TEST, non représenté sur le diagramme fonctionnel :



Quand l'opérateur passe en position MAN, la porte 18 est activée, les feux rouges clignotent (portes 14 et 15) et les feux blancs aussi (portes 10 et 11).

Alors la led "TEST" clignote.

En position TEST, la ligne de vérification V1 est interrompue : au bout d'une seconde, la porte 6 sort un 1, de même que la porte 5 : INH passe à 1, les feux blancs sont éteints et la led TEST reste allumée en permanence.

d) Défaut de libération

Si la sonnerie tinte au bout de 10 minutes, la porte 17 va l'éteindre (confort des riverains) et

le signal DEF. 5 va bloquer les feux blancs par l'intermédiaire de la porte 5 et de sa sortie INH.
Les feux rouges quant à eux continueront à clignoter.

VII-37 Fiabilité du système

L'objectif visé est d'accroître la sécurité sur les passages à niveau. Le système devant fonctionner de façon automatique et autonome, devra être très fiable. La fiabilité est le degré de confiance accordé au bon fonctionnement du système. C'est donc simplement une notion de probabilité. Ainsi nous considérerons que le système est fiable si la probabilité pour qu'il tombe en panne (ou plus précisément pour qu'il ne présente pas la signalisation au passage d'un train) est très faible.

Pour évaluer la fiabilité du système proposé, nous le comparerons à celui de l'installation expérimentale qui s'est montrée très fiable. En effet depuis ^{que} ses supports détecteurs ont été modifiés, cette installation a toujours bien fonctionné. Le système proposé sera sûrement plus fiable puisqu'il comporte deux canaux identiques ;

alors, que le système de l'installation expérimentale n'en compte qu'un.

Nous avons vu dans le fonctionnement que si l'un des deux canaux a un défaut, il est isolé par le circuit de contrôle et le système fonctionne grâce au canal restant en bon état. La probabilité d'avoir simultanément des défauts sur les deux canaux est évidemment très faible, quand bien même le système fonctionnerait dans un tel cas en marche forcée grâce au circuit de contrôle.

En plus ce circuit électronique de contrôle surveille l'état de la batterie (du moins la tension, à ses bornes) et déclenche l'alarme (feux blancs éteints) dès que cette tension atteint une certaine valeur minimale. Le système est donc auto-détecteur de défauts. Tout défaut: court-circuit, coupure ou mauvais contact, défaut de discordance et même un défaut d'alimentation (faible tension) est détecté par le circuit de contrôle.

Les défauts sont signalés au mécanicien du train par le non allumage des feux blancs, ce qui permet d'alerter rapidement (à la gare suivante) l'équipe d'entretien qui intervient alors

pour dépanner. Ainsi, aucune installation (même en brousse) ne peut tomber en panne sans, qu'on le sache.

Nous pouvons considérer en définitive que le système qui est si bien amélioré par rapport à celui de l'installation expérimentale sera très fiable en attendant une confirmation sur le terrain.

Signalons qu'un montage sur plaquettes de ce système a été réalisé avec des contacts simulant les détecteurs. On a pu ainsi tester de façon satisfaisante tous les différents aspects de son fonctionnement.

VII-4) Entretien préventif

L'entretien préventif permet la détection d'amorce de pannes et de se prévenir contre des pannes éventuelles avant aggravation et détérioration importante. Il nécessite des visites périodiques des installations et une inspection d'un certain nombre de points critiques pour le bon fonctionnement des systèmes. La périodicité de cet entretien préventif doit être basée sur les services indispensables à rendre au système et la durée de vie des pièces.

Cette périodicité pourra être de une fois par mois dans un premier temps. Elle pourra être augmentée ou réduite par la suite si cela s'avère nécessaire. Pour une bonne organisation de l'entretien, nous proposons l'utilisation de fiches d'entretien. Ces fiches permettront de connaître les pannes les plus fréquentes et pourraient aider ainsi à des modifications judicieuses dans le design du système. Elles permettront surtout d'établir une liste exhaustive des pièces de rechange à avoir absolument en stock sur la base des avaries courantes qui auront été constatées.

Nous donnons en annexe A6 le format que nous proposons pour ces fiches d'entretien.

Les points suivants devront être examinés au cours des visites d'entretien préventif :

- Vérifier les cotes des détecteurs
- Vérifier le système de fixation (boulons) des supports
- Contrôler l'état de dégradation des silencieux
- Contrôler l'état de corrosion de la pédale : repeindre au besoin
- Dépoussiérer la quèrite (le coffret de commande)
- Contrôler le circuit d'alimentation et l'état des batteries
- Faire un essai en fonctionnement "MANUEL" et en

fonctionnement "TEST" et vérifier alors le bon fonctionnement du système (feux et sonnerie)

- Ramener le bouton AUTO-MANUEL-TEST à la position AUTO et faire une remise à zéro générale.

D'autres points pour lesquels on noterait des pannes fréquentes pourront s'ajouter à cette liste, c'est l'utilité des fiches historiques d'entretien.

Les périodes de grand vent de sable devront être suivies de visite pour nettoyer principalement les capteurs solaires qui verront du fait de la poussière déposée sur les surfaces de captation leurs performances réduites.

VII - 5^e Entretien correctif

Il s'agit des réparations à faire lors d'une panne et qui permettent de remettre les installations en bon état de fonctionnement. C'est un entretien curatif, palliatif. A chaque fois qu'un défaut sera signalé à une gare par le mécanicien de train, l'équipe d'entretien sera avisée et se rendra dans les plus brefs délais sur les lieux.

VII - 5^e - 1 Partie mécanique

On a constaté avec l'installation expérimentale,

que la principale source de panne de la partie mécanique est le support détecteur. Nous avons montré dans l'installation que le détecteur et le support devront être aux cotes de 2 mm et de 1 mm respectivement en dessous du plan de roulement. Ces cotes pourront être contrôlées par un réglé pour le support et par une jauge de profondeur pour le détecteur.

On place des rondelles entre la plaque principale et les silenblocs (voir montage support détecteur) de façon à avoir la plaque principale à 1 mm en dessous du plan de roulement.

Une autre source de panne pourrait être les silenblocs non pas à cause de l'utilisation qu'on en fait (ils sont conçus pour travailler en cisaillement, donc bien utilisés dans le montage), mais à cause de leur nature. « Ils sont en caoutchouc sensible à l'action d'huile ou d'essence qui accélère sa désagrégation. Après une longue période d'utilisation les silenblocs durcissent et s'effritent. Ils doivent être remplacés périodiquement⁽¹⁾ ».

(1) : tiré de Le Véhicule p 237 par H.M Chollet

VII - 5-2⁹ Partie électronique

Sur les cartes de contrôle, des diodes luminescentes permettent de déterminer en cas de panne le canal incriminé. Une bonne identification de ces diodes sur les cartes de contrôle permettra de déterminer les cartes - détecteurs, qui ont des défauts. Il suffira, alors de les remplacer. Si après un essai en fonctionnement MANUEL, le défaut reste signalé, il faudra alors examiner le câble d'alimentation du détecteur concerné où il pourrait y avoir un court-circuit ou une coupure. Notons que le détecteur lui-même peut tomber en panne. Les cartes, qui ont des défauts sont ramenées, au laboratoire de fabrication, des C.I où elles seront réparées. Il suffira de remplacer les composants électroniques qui auront des avaries. Tout défaut de discordance est également signalé sur les cartes de contrôle par une diode luminescente bien déterminée. Il suffira alors de contrôler les filaments des lampes (feux) et les fusibles. Si aucun défaut n'est trouvé, examiner les cartes détecteurs et les détecteurs.

Toutes les réparations effectuées en entretien correctif

seront également mentionnées dans les fiches d'entretien.

On profitera des réparations pour faire un entretien préventif.

VII-6) Entretien correctionnel ou feed-back sur le design du système.

Toujours dans le cadre du suivi à accorder au système et pour une amélioration de sa fiabilité, il sera nécessaire de remettre en cause certaines parties de sa conception sur la base des avaries constatées et tenter de trouver des modifications judicieuses. Les pannes fréquentes qui seront signalées sur les fiches d'entretien permettront de se poser des questions et d'aider à trouver des solutions appropriées.

CHAP VIII ETUDE DES COUTS

Devis PN (voie unique) : coût du matériel

Matériel	Qté	coût unitaire (F. CFA)	coût total (F. CFA)
Circuits imprimés + composants électroniques			100 000
détecteur -----	6	12 500	75 000
support détecteur -----	6	10 000	60 000
câble paire 5/1 -----	3.2km	90 F/m	288 000
filerie -----	100 m	50 F/m	5 000
feu rouge -----	4	54 460	217 840
feu blanc -----	2	54 460	108 920
guérite -----	1	80 000	80 000
chambre de tirage -----	4	10 000	40 000
tuyaux PVC + 4 poteaux (pour feux)			80 000
Alimentation :			
- secteur : transfo + batterie + chargeur	1	150 000	150 000
- solaire : capteur + batterie + chargeur	1	400 500	400 500
Total 1 (avec alimentation sur secteur)			1 204 760
Total 2 (avec alimentation solaire)			1 455 260

Devis PN (voie double) : coût du matériel

Matériel	Qté	coût unitaire (F. CFA)	coût total (F. CFA)
Circuits imprimés + composants électroniques			100 000
détecteur - - - - -	8	12 500	100 000
support détecteur - - - - -	8	10 000	80 000
câble paire 5/1 - - - - -	3.5 km	90 F/m	315 000
filerie - - - - -	100 m	50 F/m	5 000
feu rouge - - - - -	4	54 460	217 840
feu blanc - - - - -	2	54 460	108 920
guérite - - - - -	1	80 000	80 000
chambre de tirage - - - - -	4	10 000	40 000
tuyaux PVC + 4 poteaux (pour feux)			80 000
<i>Alimentation:</i>			
- secteur: transfo + batterie + chargeur	1	150 000	150 000
- solaire: capteur + batteur + chargeur	1	400 500	400 500
Total 1 (avec alimentation sur secteur)			1 276 760
Total 2 (avec alimentation solaire)			1 527 260

Devis PN : (voie unique ou double)Coût de la main-d'œuvre

En moyenne à la RCFS, un agent perçoit 100 000 FCFA (tous les avantages sociaux compris) pour 160 h de travail (40 h x 4 semaines), soit $\approx 700 \text{ F/h}$.

Travaux en laboratoire

fabrication des C.I	} 2 agents pour 3 jours soit un coût de:
montage des composants électroniques	
câblage du coffret de commande	
	$2 \times 3 \times 8 \text{ h} \times 700 \text{ F/h}$
	<u><u>$= 33\,600 \text{ FCFA}$</u></u>

Travaux au PN

construction de la guérite	} 3 agents pour 4 jours soit un coût de:
confection massif support feux	
confection artère-câble et	
chambres de tirage	
	$3 \times 4 \times 8 \text{ h} \times 700 \text{ F/h}$
	<u><u>$= 67\,200 \text{ FCFA}$</u></u>

pose de l'alimentation	} 3 agents pour 5 jours soit un coût de:
pose des câbles paire 5/1	
pose du coffret de commande	
pose des détecteurs	
raccordement de tous les	
appareils et de l'alimentation	
	$3 \times 5 \times 8 \text{ h} \times 700 \text{ F/h}$
	<u><u>$= 84\,000 \text{ FCFA}$</u></u>

coût main-d'œuvre : 184 800 FCFA

Le coût total de la main-d'œuvre (voie unique ou double) s'élève à : $33\,600^F + 67\,200^F + 84\,000^F$,
soit : 184 800 F CFA

Devis PN : tableau des coûts totaux

Type de Voie	Voie unique	Voie double
Coût de la Main-d'œuvre	184 800	184 800
Coût du Matériel		
total 1	1 204 760	1 276 760
total 2	1 455 260	1 527 260
Coûts (alimentation secteur)	1 389 560	1 461 560
Coûts totaux (F.CFA) (alimentation solaire)	1 640 060	1 712 060

Nous retenons en définitive les coûts suivants

- PN voie unique avec alimentation secteur : $1\,400\,000^F$
- PN voie unique avec alimentation solaire : $1\,700\,000^F$
- PN Voie double avec alimentation secteur : $1\,500\,000^F$
- PN Voie double avec alimentation solaire : $1\,750\,000^F$

Etude de faisabilité

Après avoir établi le processus opératoire de la fabrication, l'installation du système et son mode d'entretien, il importe de s'assurer que tout cela est bien réalisable, c'est à dire faisable, au niveau de la R.C.F.S

Nous avons déjà montré que la fabrication des supports - détecteur était entièrement réalisable au niveau de l'atelier de mécanique générale, qui possède toute la machinerie requise. Plus de 10 pédales ont d'ailleurs déjà été confectionnées par cet atelier.

Les agents qui devront s'occuper de la fabrication des C.I possèdent déjà une bonne expérience acquise au cours de séances de travaux pratiques. Il suffira d'organiser d'autres séances pour les amener à réaliser eux-mêmes les C.I du système. Le guide de fabrication en annexe A2 aidera bien à cela. La pose des installations est sans doute la partie la plus aisée à réaliser. Les travaux de génie civil : quèrite, semelle en béton des potaux, chambre de tirage, seront effectués par un maçon qui devra

simplement ^{respecter} les dimensions de ces ouvrages et les dosages adéquats.

Le câblage sera effectué en suivant le schéma uni-filaire des installations. Le montage de la pédale est devenu une routine pour les agents.

La maintenance des installations est peut être la partie la plus difficile. Cependant, après la formation dont l'équipe d'entretien fera l'objet, tout défaut de fonctionnement pourra être cerné et réparé par les agents. Le manuel d'entretien qui devra être confectionné à cet effet sera d'une grande aide pour l'équipe d'entretien.

Il ressort donc que la réalisation pratique sur le plan technique de cette chaîne de production ne pose aucun problème. Il existe en effet, à la R.C.F.S, tout l'équipement et le personnel compétant pour mener à bien sa mise sur pied.

Sur le plan financier, le coût d'une installation (moins de 2 millions) est très abordable comparativement au coût de 10 millions (sur le marché international). Comme on peut le constater à travers ces lignes, la mise sur pied de cette chaîne est, aussi bien sur le plan technique que financier, à la portée de la R.C.F.S

CONCLUSION

Dans le souci d'améliorer le système et d'accroître la sécurité sur les PN, nous recommandons les solutions suivantes :

- adjoindre à la signalisation lumineuse et sonore proposée des demi-barrières.

Ces demi-barrières en matières plastiques, seraient actionnées par des moteurs électriques commandés par le circuit électronique de contrôle.

Cette solution pourra être retenue seulement pour les PN des grandes agglomérations à forte densité de circulation routière et ferroviaire en raison des coûts supplémentaires qu'elle engendre.

- une remise à neuf de la signalisation routière (peinture de la croix de St André) permet de mieux alerter les usagers de la route de la présence des P.N

- Sur les routes peu fréquentées, il suffira d'installer des dos d'âne (qui seront pré-signalés avant le PN) et qui obligeront les automobilistes téméraires à ralentir.

Nous retiendrons, au terme de cette étude que toutes les conditions nécessaires à la réalisation de cette chaîne de production sont remplies à la R.C.F.S.

Par ailleurs l'opportunité d'équiper les P.N d'un système de signalisation automatique n'est plus à démontrer. En effet, le système étant fiable, la sécurité sur les P.N sera renforcée. Ainsi pourront être évités certains accidents désastreux dont les dégâts matériels dépassent le coût de plus d'une installation, sans compter les pertes en vies humaines. La collision qui s'est produite le 28 janvier 1984 à l'entrée Tivaouane entre un train de Taïba et un camion chargé de riz est à méditer. Par ailleurs l'équipement des lignes en signalisation automatique permettra d'accroître sensiblement la vitesse des trains notamment à la traversée des P.N où ils ralentissent en général. L'augmentation du trafic sur la ligne Dakar - Tivaouane (avec les trains des I.C.S) et sur la ligne Dakar - Tambacounda (avec les trains du projet MIFERSO) justifie davantage cet équipement.

Ce système électronique permettrait ainsi à la R.C.F.S d'être au diapason des techniques modernes de signalisation automatique aux passages à niveau.

ANNEXES

Tableau de disponibilité à la R.C.F.S
du matériel composant le support détecteur

MATERIEL	DISPONIBILITE
fer plat de 12 mm d'épaisseur largeur : 60 ou 80 mm	moyenne ⁽¹⁾
profilé en L 50 x 50 x 5 mm	moyenne ⁽¹⁾
tôle mince 2 x 1 m	moyenne ⁽¹⁾
patin (rail usagé)	en quantité suffisante
boulons ($\phi 15$ mm) + rondelles	en quantité suffisante
crapaud	en quantité suffisante
silencieux de moteur R_4 ref: n° 4034	nulle (à acheter)
plaque de néoprène isolante	en grande quantité'

(1) Vu les faibles quantités requises pour les besoins de la chaîne
l'approvisionnement habituel de ces matériels augmentera peu.

Guide de fabrication des C.I

Le circuit à reproduire est d'abord transcrit sur un papier calque. De ce calque impropre aux U.V on va faire une matrice par un procédé photographique sans utiliser un appareil photo.

Le contre calque se fait sur un plan film «Ilford-Ilfolith» Il faut d'abord abaisser les rideaux noirs (portes et fenêtres) et utiliser comme éclairage l'ampoule spéciale "jaune-vert". Dans la pénombre de l'ampoule «jaune-vert» ouvrir la boîte IC4, y prélever un plan film qu'on peut découper avec une paire de ciseaux si son format est beaucoup plus grand que celui du circuit à reproduire. Cependant il faut prévoir une marge de 1 cm pour l'inscription d'orientation : "côté cuivre».

Placer le plan-film sur une surface bien plane (la table) côté gélatine (face claire) au-dessus. On peut alors lui superposer le calque côté dessiné contre la gélatine. On lit alors l'inscription «côté cuivre» à l'envers. Recouvrir l'ensemble avec une plaque de verre de 260 mm x 200 mm x 4 mm. S'assurer que la boîte d'IC4 est bien refermée. On peut alors exposer à la lumière blanche d'une ampoule de 25 watts disposée à 1 m pendant 5 s.

Retirer le plan-film et le développer dans le révélateur pendant 3 minutes en agitant. On peut alors le plonger dans le fixateur pendant 3 minutes. Eclairer la salle (lumière ordinaire) et laver pendant une minute le plan-film et le sécher ensuite. On remarque alors que les traits noirs de ce négatif représentant le circuit ne sont pas profonds, c'est voulu ainsi. Recommencer les mêmes opérations avec un autre plan-film mais cette fois-ci en remplaçant le calque par le négatif qu'on vient d'obtenir. On lira toujours « côté cuivre » à l'envers. Cependant le temps d'exposition à la lumière blanche de l'ampoule de 25 watts passe à 10s (secondes).

Après développement, on obtient un positif transparent : c'est la matrice.

5 secondes d'exposition pour le calque et 10 secondes pour le négatif qui est transparent : c'est une astuce photographique destinée à supprimer les effets de la mauvaise opacité des traits dessinés sur le calque en rendant ceux-ci d'un noir sans équivoque sur la matrice positive.

Si le circuit définitif à transcrire sur la plaque est plus grand ou plus petit que celui obtenu sur

A2 (suite)

la matrice positive, on procède à une réduction ou un agrandissement pour avoir les dimensions appropriées. La matrice positive avec les dimensions du circuit est alors utilisée pour l'exposition aux U.V. Superposer dans l'ordre dans la pénombre de l'ampoule «jaune-vert» : le dos presseur (planchette de contre-plaqué de $260 \times 200 \times 10$ mm), une feuille de polyuréthane de 1 cm d'épaisseur au-dessus, la plaque époxy côté résine au-dessus (détacher auparavant la pellicule protectrice de la résine), la matrice orientée de façon qu'on lise enfin « côté cuivre » à l'endroit, et la vitre mince de $260 \times 200 \times 2$ mm.

Faisir l'ensemble à deux mains et l'engager dans les étriers longs disposés sur la table. Placer les 2 étriers supérieurs. La sur-épaisseur apportée par la plaque époxy assure la pression nécessaire pour que la matrice ne glisse pas.

Disposer la lampe solaire à 50 cm du châssis et solariser pendant 15 minutes. Quitter la salle pendant la solarisation pour éviter l'ophtalmie et les « coups de soleil ».

Après solarisation, la plaque époxy doit être plongée dans la solution alcaline. La résine insolée est

dissoute par la solution de soude, laissant le cuivre à nu; la résine non insolée restant intacte du fait de la protection par les traits noirs de la matrice que les U.V n'ont pu traverser. Porter des lunettes et des gants en plastique en manipulant la soude (une goutte de soude dans l'œil peut rendre aveugle !)

Le cuivre à nu est dissout par attaque au perchlore de fer.

Enlever avec du coton imbibé d'acétone la résine restée intacte. Le cuivre mis à nu représente les traits du circuit. Procéder à l'étamage à froid. Percer à l'aide de la microperceuse les différents trous pour le montage des composants. Le montage des composants (soudure) doit être fait en respectant les polarités. Faire un contrôle visuel : respect des polarités, bonne prise des soudures.

Faire le test de vérification de bon fonctionnement : un montage approprié devra être conçu à cet effet.

Matériels utilisés dans la fabrication des C.I

1 machine à graver
1 lampe à rayons u.v
1 ampoule de laboratoire «jaune-vert»
1 ampoule ordinaire de 25 Watts
1 microperceuse
1 fer à souder + soudure étain
1 chassis de Solarisation
Transfert Mécanorma
plaque époxy
plan-film «ilford ifolith»
révélateur «ilford PQ»
fixateur «ilford hypam»
solution de soude caustique
perchlorure de fer
acétone

Composants électroniques :

résistances

condensateurs

diodes

transistors

Circuits intégrés

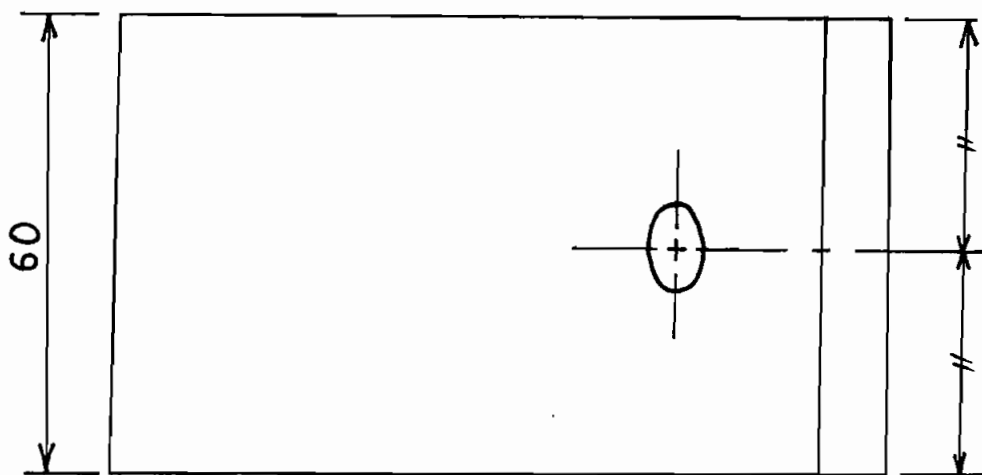
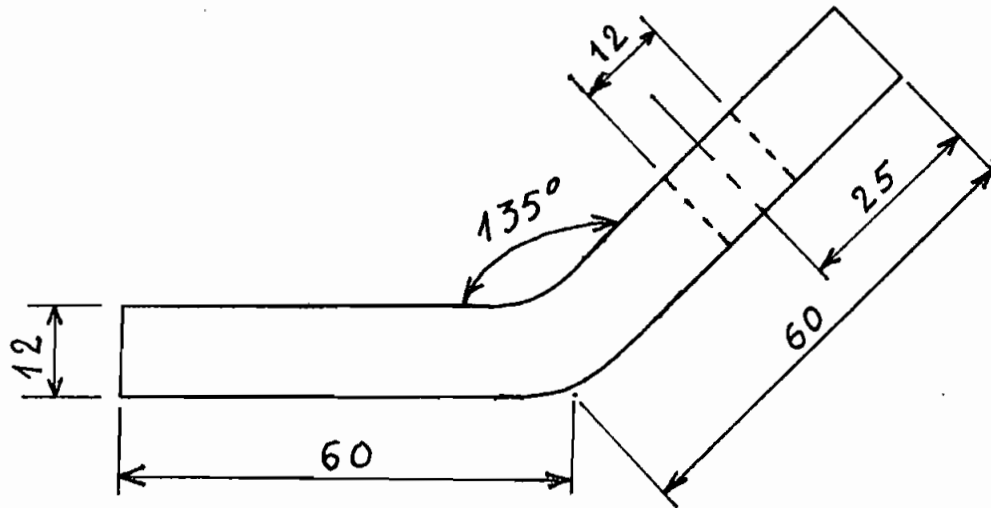
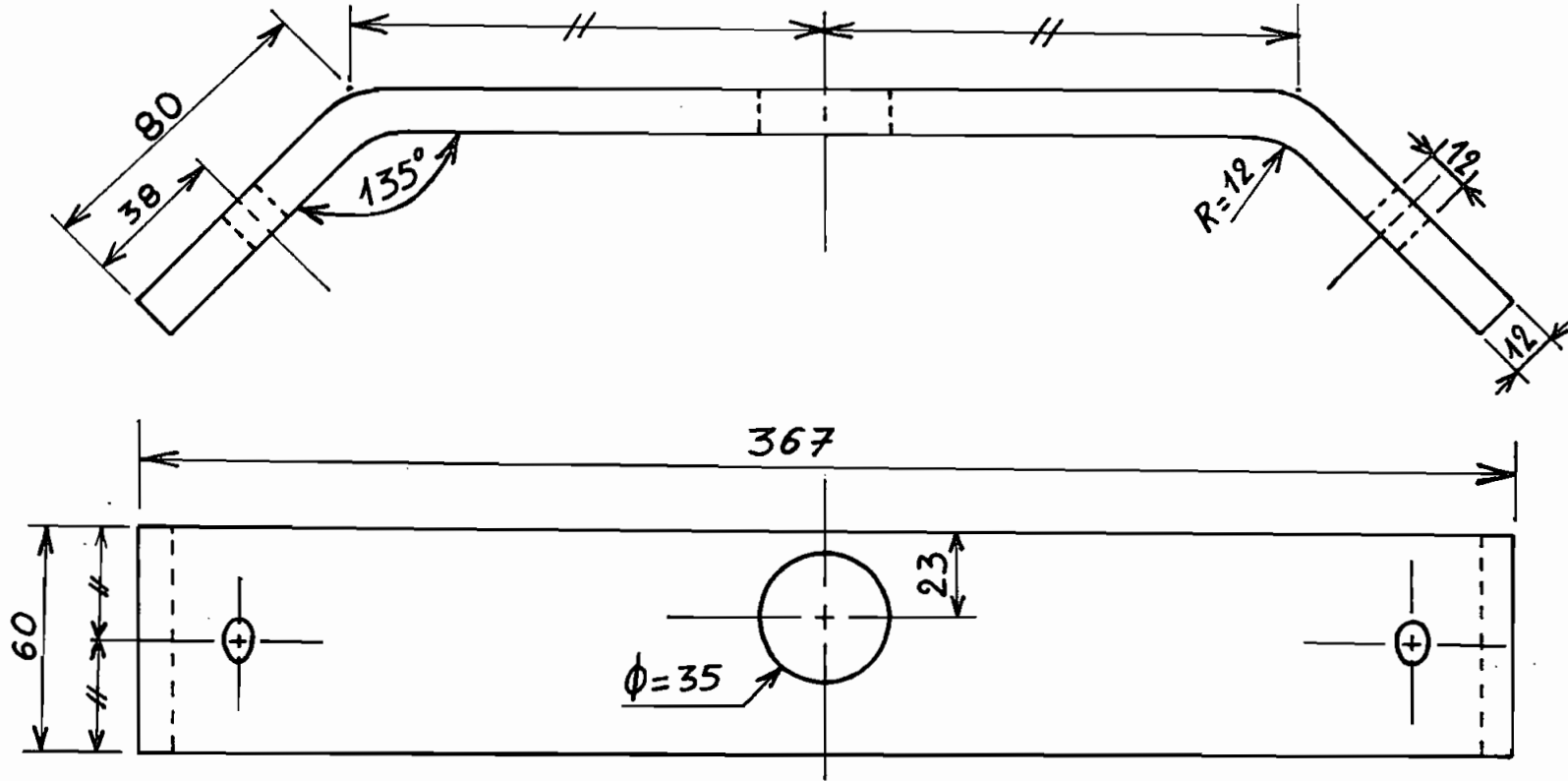
A₄

fig 1 : plaque secondaire

échelle : 1

A4 (suite)

fig. 2 plaque principaleéchelle: 1/2

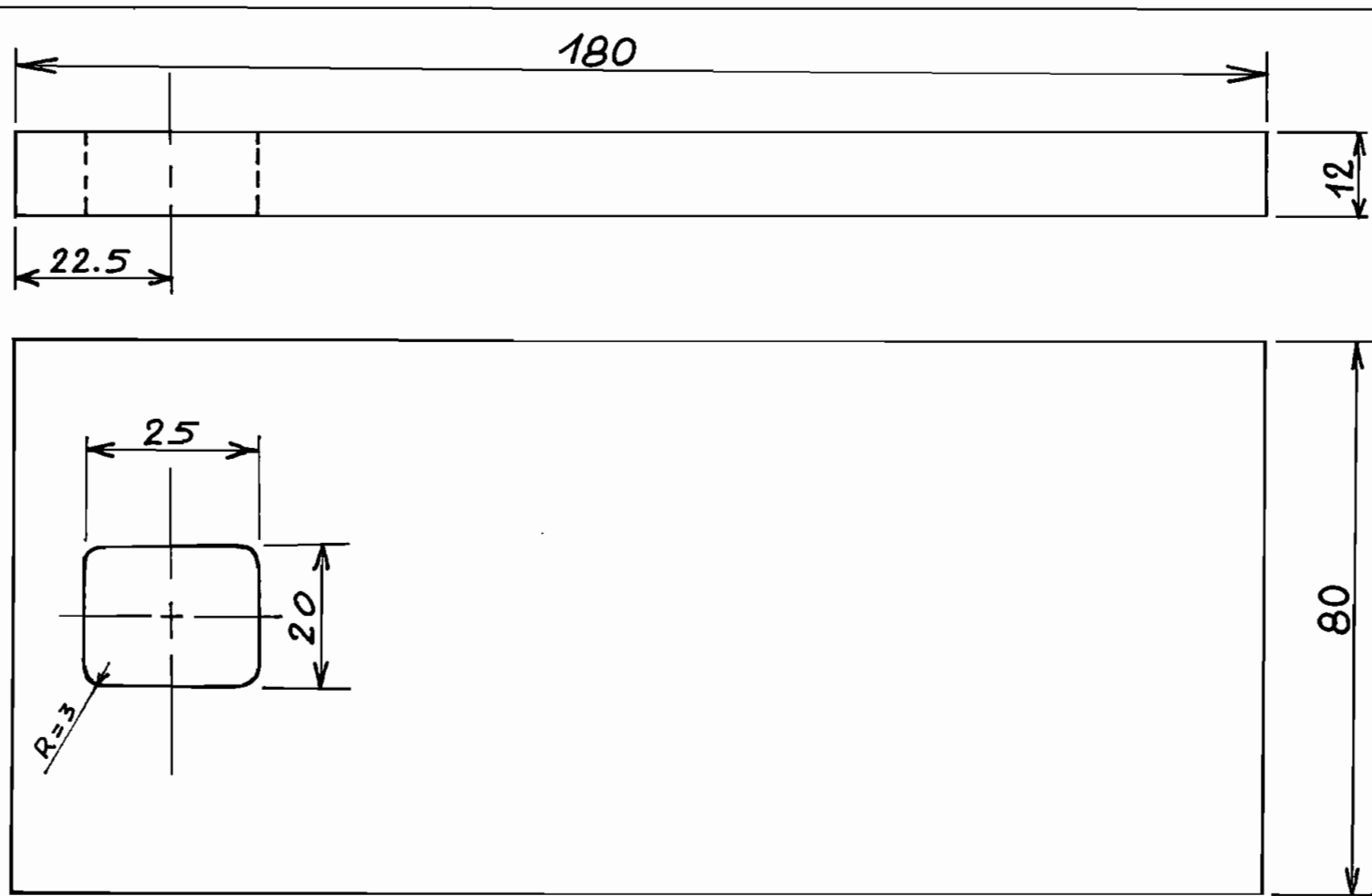


fig 3 embase échelle 1

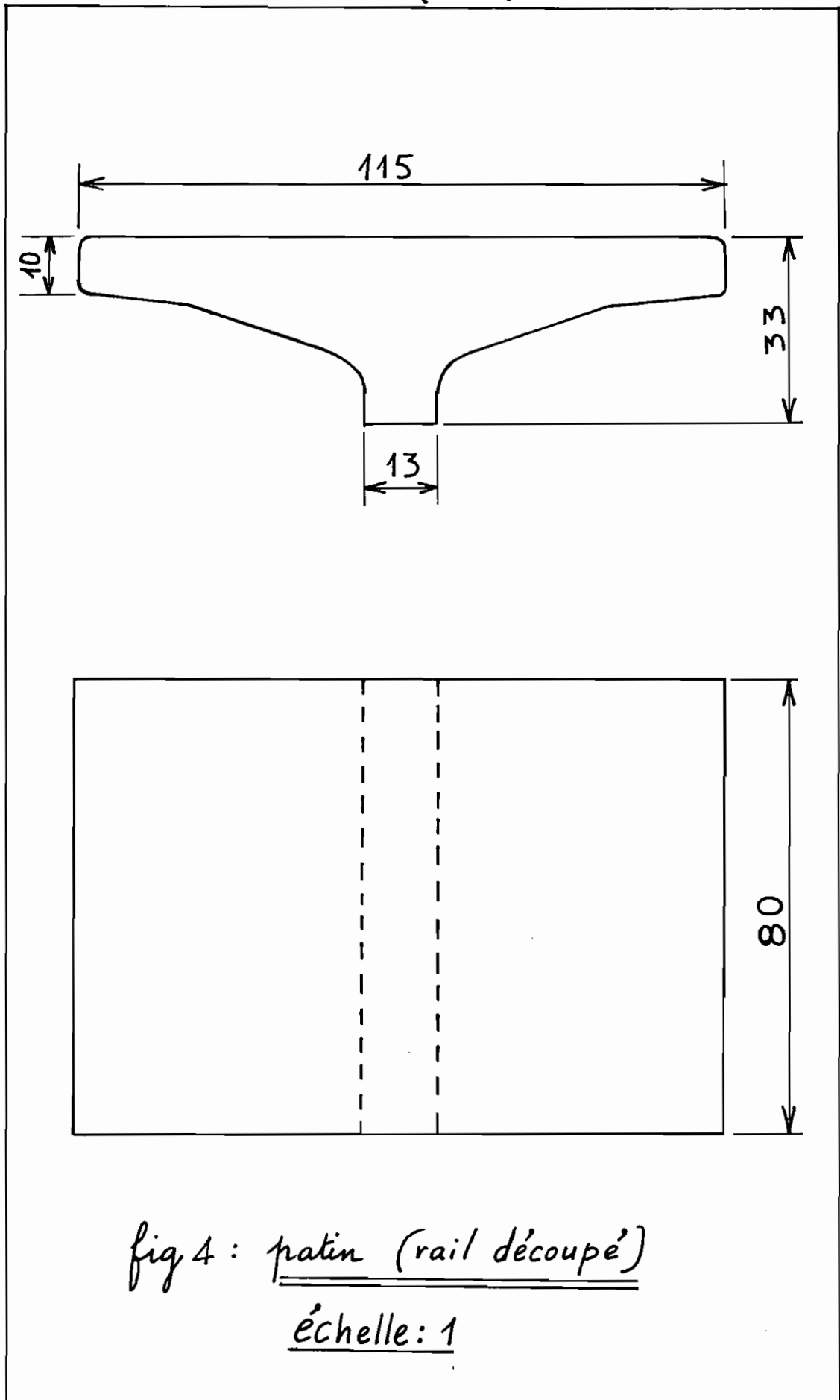


fig 4 : patin (rail découpé)

échelle: 1

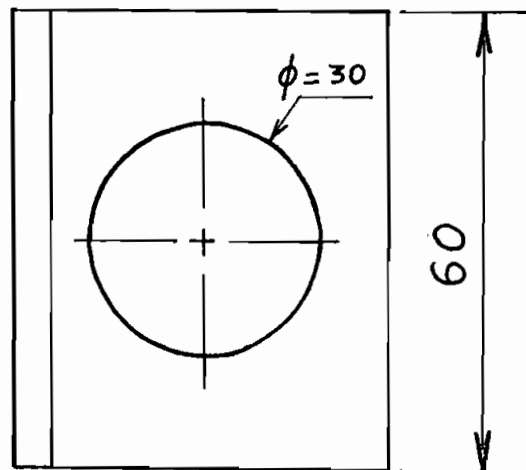
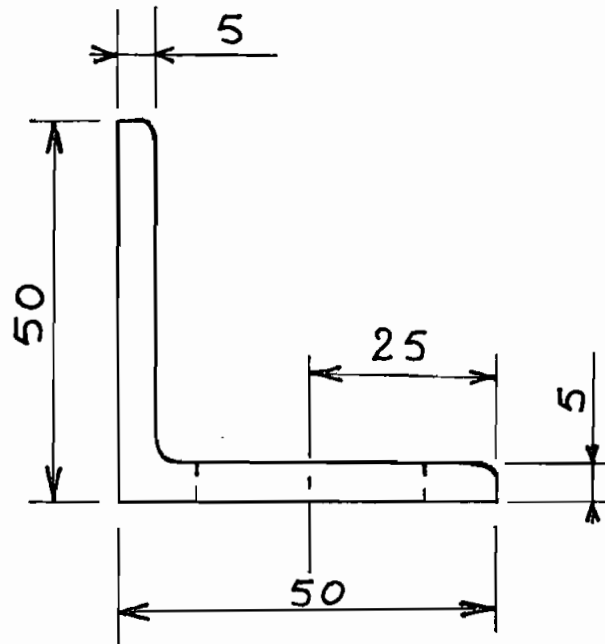
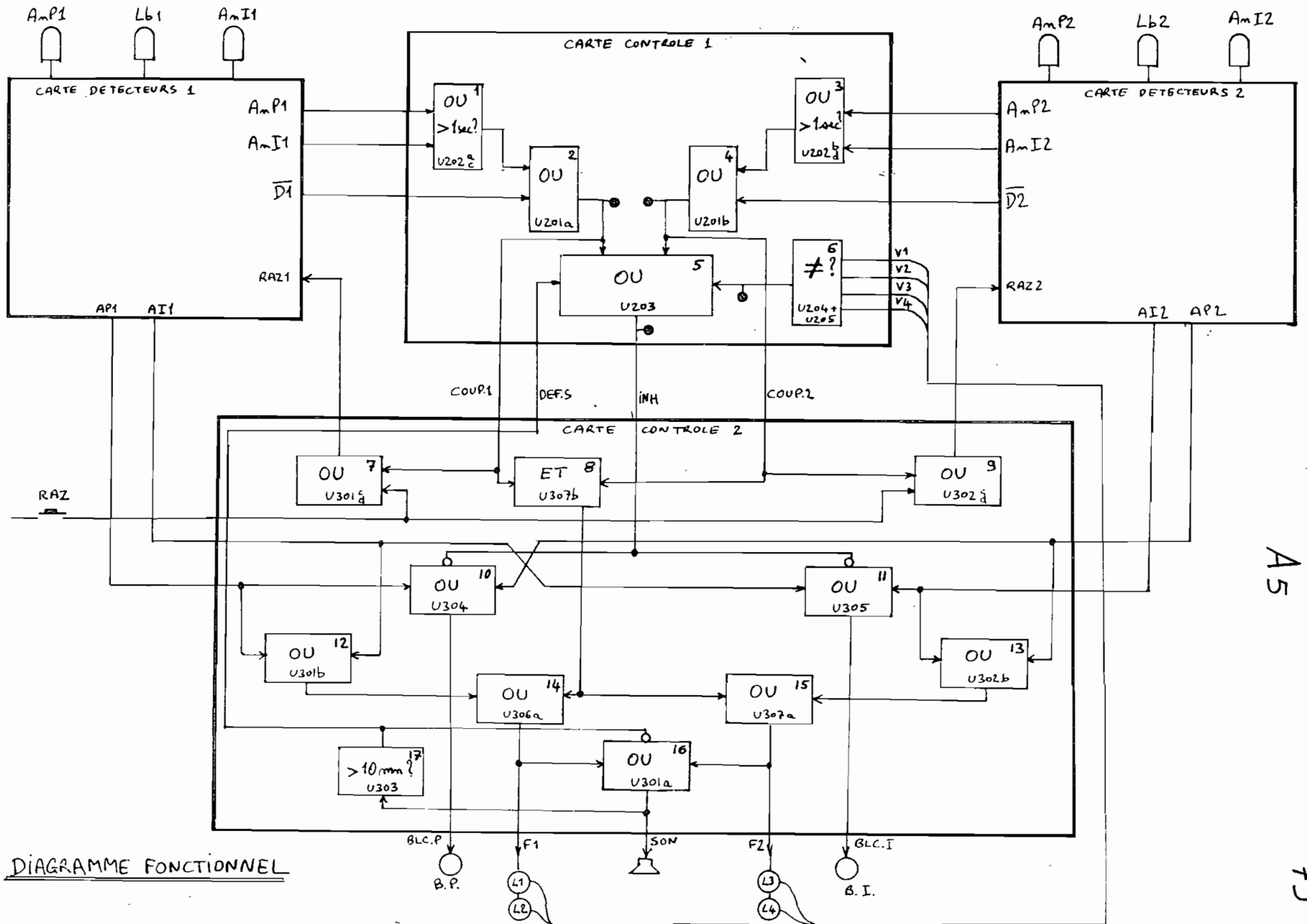


fig. 5 profilé en L échelle: 1



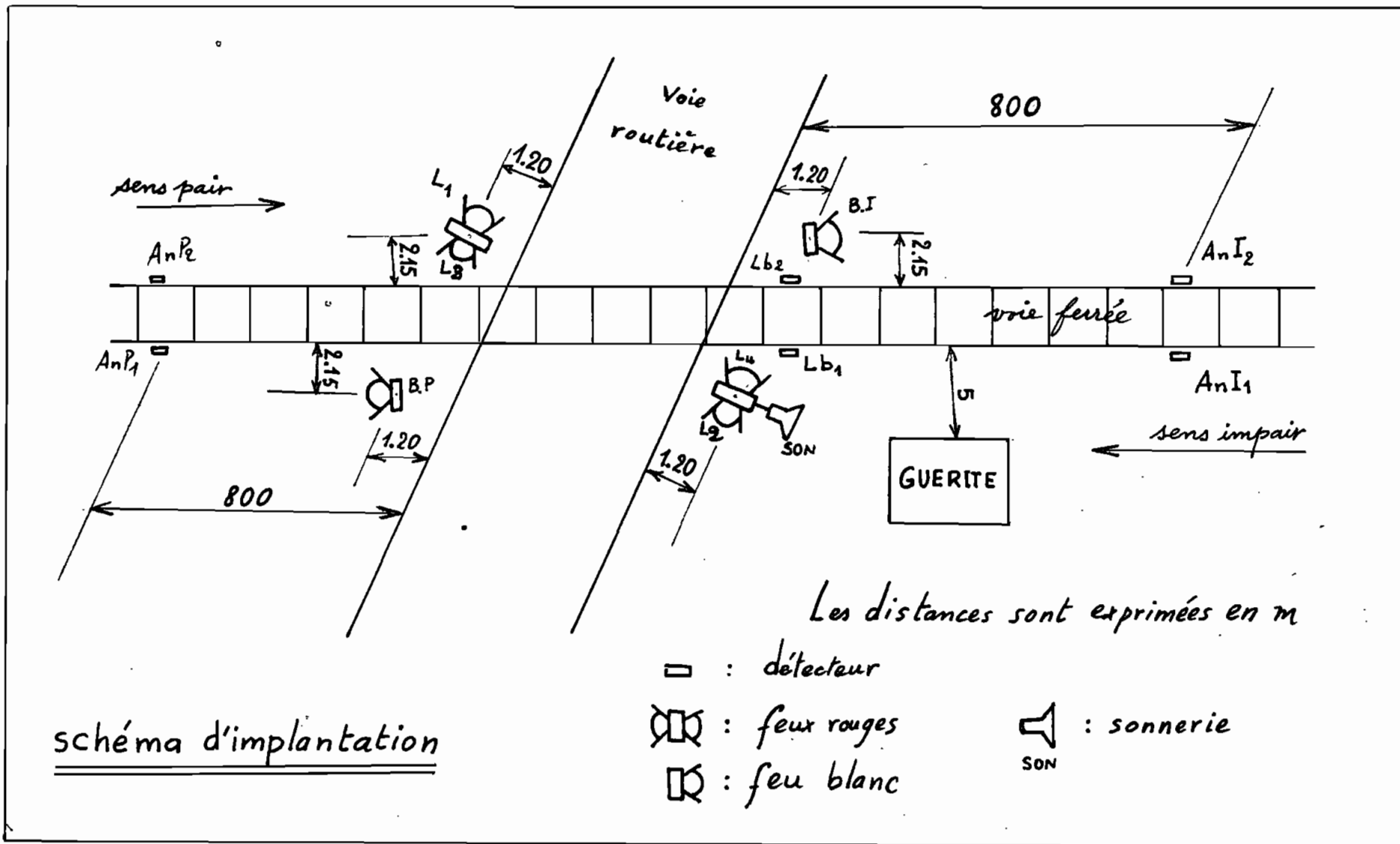
A5

R.C.F.S

FICHE D'ENTRETIEN

P.N: - - - - -

DATE	AGENT	CONSTATATIONS	PIECES CHANGEES



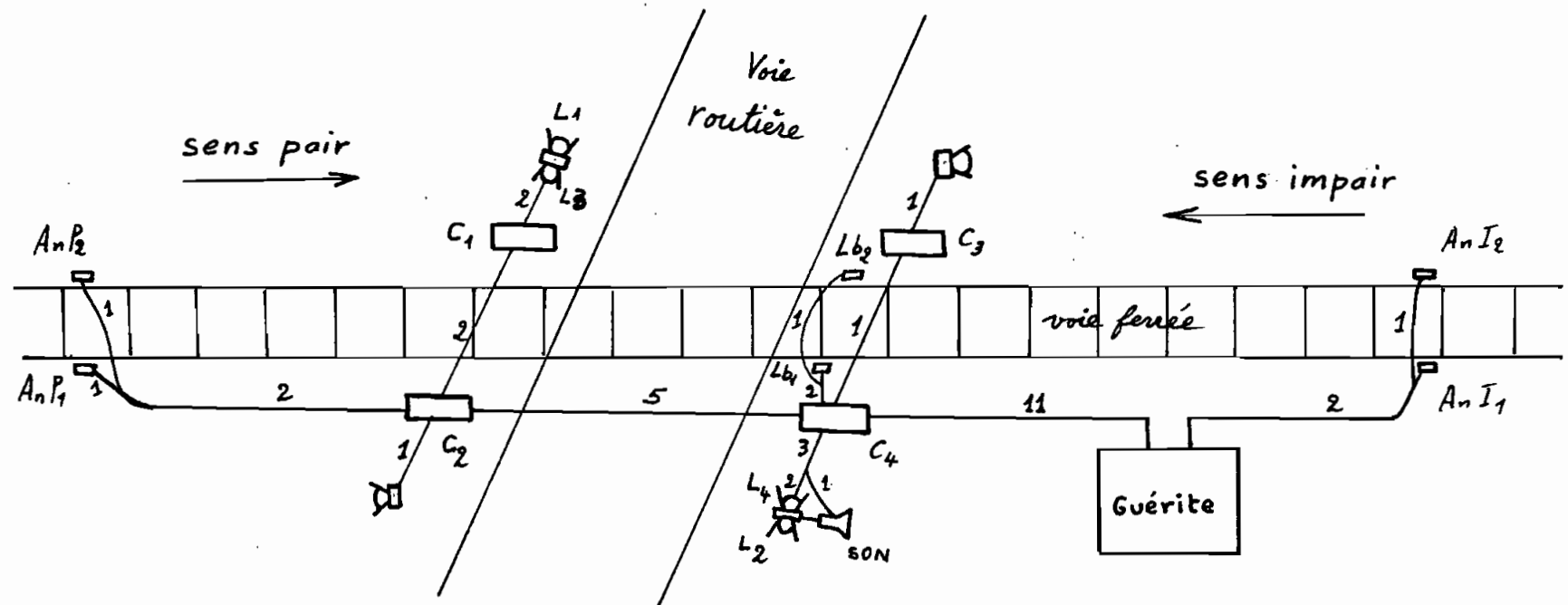


Schéma unifilaire : Voie unique

- : détecteur
- ▭ : chambre de tirage
- ☐ : feu blanc
- ☐☐ : feux rouges
- ☐ SON : sonnerie

BIBLIOGRAPHIE

Electronique Pratique N° 3

(p 103 → p 109)

Les équipements de PN Dakar-Thies-Tivaoune

par F. Dupré LaTour nov.1982

Noise and Vibration Control, Mc Graw Hill

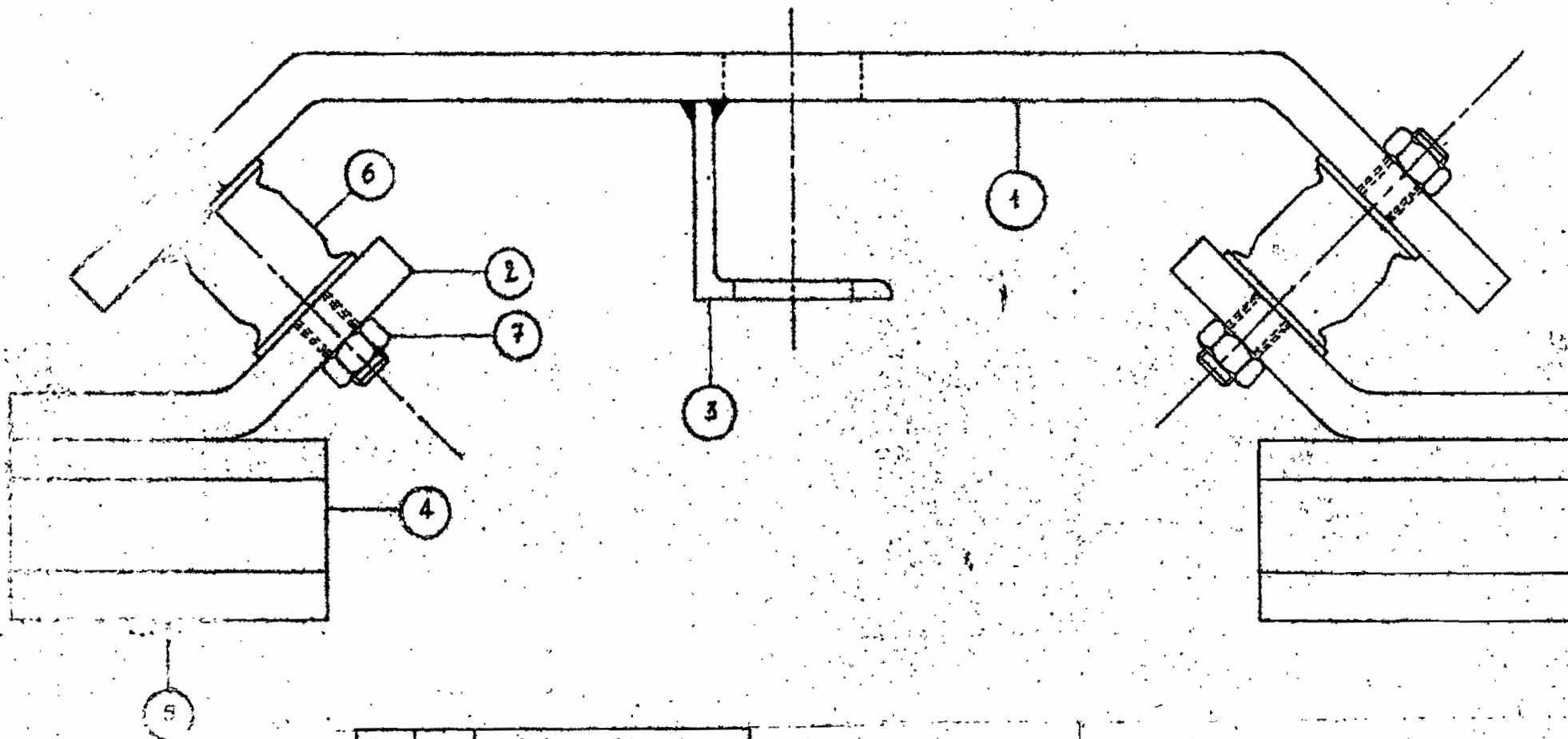
(p 427-428) par Beranek

Le Véhicule

(p 237) par H.M Chollet

Le service entretien: méthodes actuelles
de gestion. E.M.EConception d'une signalisation automatiqueà un P.N : projet de fin d'études de
Mr Amadou A. Pouye 1982-83Structure I: notes de cours E.P.M

par Pierre SIBILLE



Ref	Nbre	Désignation
1	1	plaque principale
2	2	plaque secondaire
3	1	profilé en L 50x50x5 mm
4	2	potin : rail découpé
5	2	embase
6	2	silencibloc de moteur R ₄
7	4	écrou de ϕ 11 mm

SUPPORT DETECTEUR

échelle : 1 Matière : Acier Adx
 date : 10-05-88 dessiné par Guedj Sène

PROJET DE FIN D'ETUDES