



école polytechnique de thiès

GM, 0451

## PROJET DE FIN D'ETUDES

TITRE: Dispositif de signalisation  
à un passage à niveau

Auteur Alassane SY  
Génie Mécanique  
Date Juin - 78

# REMERCIEMENTS

Je remercie très chaleureusement mon Directeur de Projet M<sup>r</sup> Roger MARTIN pour son entière disponibilité, pour la confiance qu'il a eu envers nous, et pour le travail très important qu'il a fourni durant tout le projet.

Mes remerciements vont vers M<sup>r</sup> SIMON pour sa contribution positive, vers M<sup>r</sup> VINCHES et M<sup>r</sup> Habib FALL tous deux de la Régie des chemins de fer, et enfin à tous ceux qui ont contribué à ce projet.

## SOMMAIRE

Le dispositif de signalisation a été étudié de deux façons différentes :

1 - La première a été réalisée par des semi-conducteurs avec une alimentation par batterie de 12 V.

2 - La seconde a été une adaptation du premier montage, en circuits logiques. L'alimentation se fera directement au secteur.

Les résultats obtenus avec ce dernier montage sont meilleurs que ceux du premier en sa grande fiabilité et sa grande sensibilité.

# TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
- Introduction	1
- Cahier de charges	2
<u>Première Partie</u>	
Ⅰ. Principe général	4
Ⅱ. Choix du détecteur de trains	6
Ⅲ. Signal avertisseur	7
Ⅳ. Etude des différents circuits	8
1. Détecteur du "début de train"	8
2. Détecteur de "fin de train"	10
3. Circuit bistable	13
4. Circuit des clignotants	17
5. Feux des clignotants	20
Ⅴ. Conclusion	20 bis
<u>Seconde Partie</u>	
- Introduction	22
Ⅰ. Schéma d'ensemble	22
Ⅱ. Etude des différents circuits	23
1. Détecteurs A et B	23

2. Compteurs A et B	26
3. Comparateur	29
4. Feux clignotants	30
IV - Alimentation du montage	31
V - Conclusion	31 bis
VI - Détection des trains sur voie unique	32
- Conclusion	37
- Références	40

# INTRODUCTION

La majeure partie des passages à niveau au Sénégal ne sont pas protégés. Il se trouve que la plupart des accidents se situent à ces niveaux là ; ce qui montre que l'insécurité y règne vraiment. Ces passages à niveau représentent donc un danger public réel, sur lequel on doit se pencher afin de le résoudre d'une façon définitive. Je pense qu'il est temps de le faire avant qu'il ne soit trop tard car nous sommes quand même appelés à nous développer donc à augmenter l'intensité de notre trafic routier et aussi ferroviaire.

C'est cette raison qui m'a poussé à choisir ce sujet. J'espère que ma contribution sera positive.

C'est un problème qui a déjà fait l'objet d'étude car comme vous l'avez constaté, il existe déjà à Dakar un système de signalisation semi automatique utilisant une pédale actionnée par le train.

Notre étude va dans ce sens mais cette fois-ci avec une signalisation automatique que nous décrirons en détail plus loin. Nous

voulons donc profiter du progrès électronique et concevoir quelque chose qui sera moins coûteux que les systèmes existants, qui, d'après les renseignements recueillis au niveau de la régie, coûtent extrêmement chers.

## CAHIER DE CHARGES

La mise en place du système de protection des passages à niveau nous oblige à respecter certaines contraintes :

- La détection du train se fera au plus tard à 25s avant son arrivée au passage à niveau soit sur une distance de l'ordre de 500m du passage, en considérant une vitesse moyenne des trains de 72 km/h.
- Les dignotants se trouvant au passage à niveau doivent s'éteindre aussitôt que le train ait dépassé, car sinon ils risquent de semer la confusion pour les passagers qui viennent un peu plus tard.
- Vu que la plupart des passages à niveau se trouvent en pleine campagne, on a jugé bon d'utiliser des batteries de 12V pour alimenter en courant notre système de détection. Cependant nous mettrons en place un système détecteur qui pourrait se brancher directement au secteur (cette fois-ci sera avec les circuits logiques).



DISPOSITIF  
DE  
SIGNALISATION  
A UN  
PASSAGE A NIVEAU



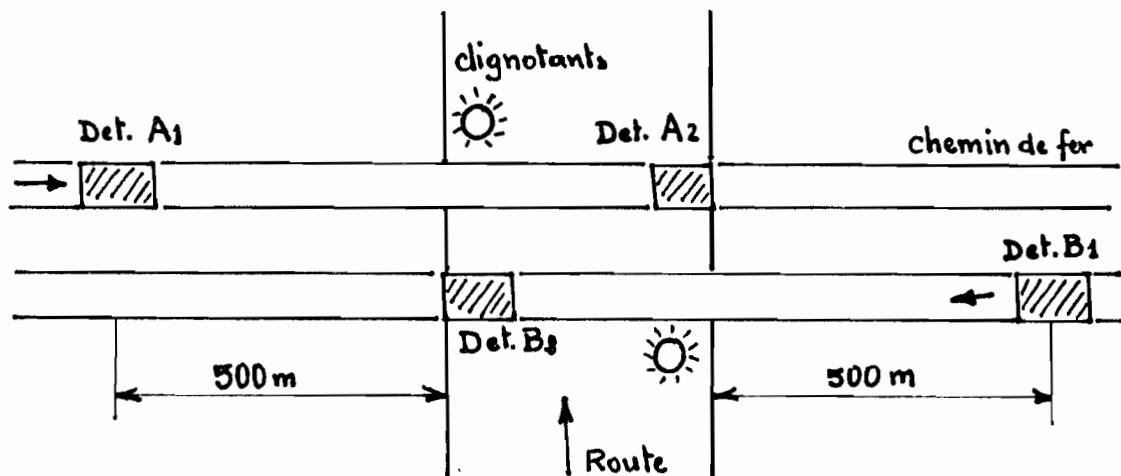
École polytechnique  
1971

PREMIERE PARTIE

Circuit réalisé par des semi-conducteurs

# I. PRINCIPE GENERAL

Le système consiste à avertir les gens que le train est à une certaine distance pas très lointaine et qu'il est prêt à franchir le passage à niveau d'un moment à l'autre. Ceci permettra donc à ces personnes de marquer un arrêt afin de laisser le train passer librement. Pour satisfaire ces conditions, on a adopté les dispositions suivantes :



Considérons que le train roule de la gauche vers la droite. Arrivé à 500m du passage à niveau, le train actionne le détecteur A1; ce dernier actionne à son tour les clignotants se trouvant au passage à niveau. Ils doivent clignoter tant que le train ne dépasse pas totalement le passage à niveau. A la hauteur du passage à niveau, le train actionne à nouveau un détecteur A2 qui, lui, permettra de détecter la fin du train et d'ar-

- riter les feux clignotants.

Le même raisonnement est valable lorsque le train, roule, en sens contraire ; dans ce cas ce sont les détecteurs  $B_1$  et  $B_2$  qui seront actionnés.

## SCHEMA D'ENSEMBLE

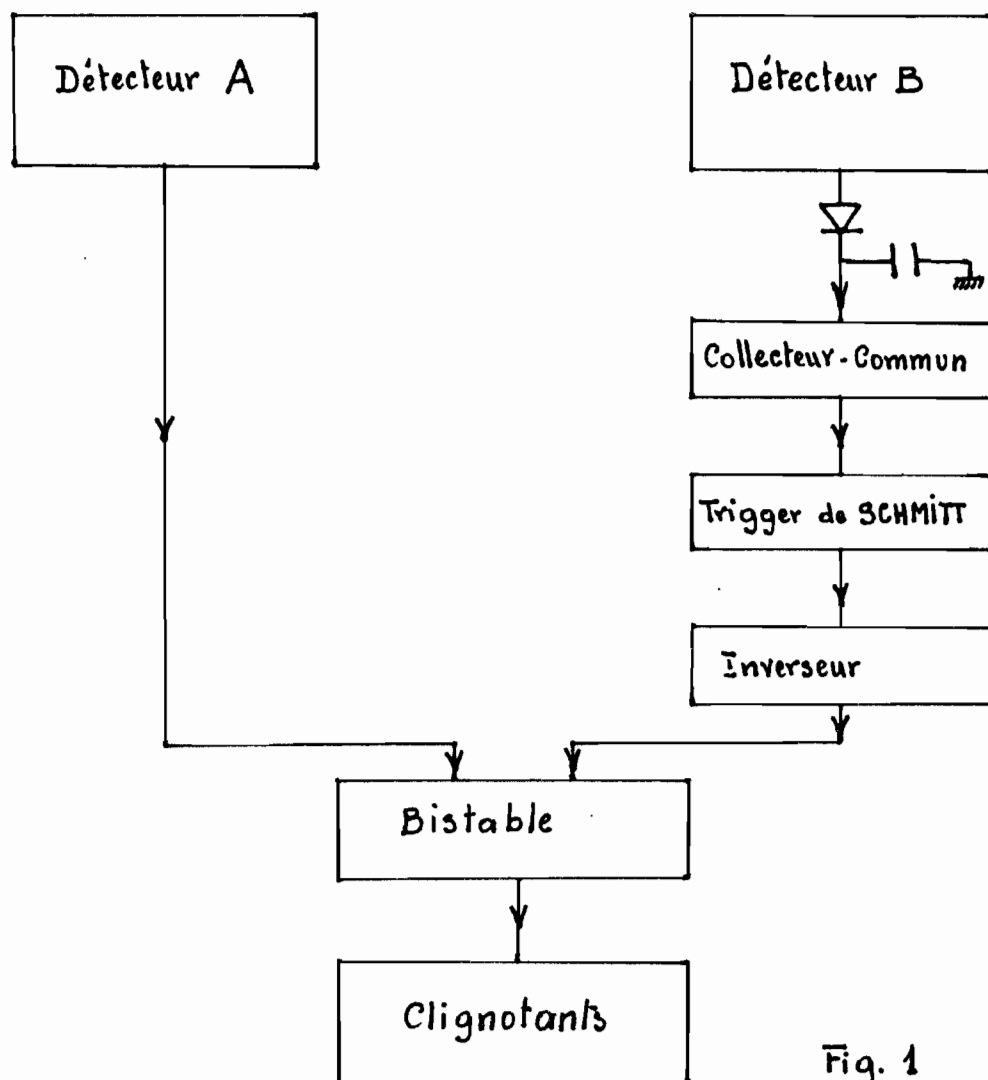


Fig. 1

## II. CHOIX DU DETECTEUR DE TRAINS

La détection se fera à l'aide de rayon lumineux.

### Principe

On éclaire un phototransistor à l'aide d'un rayon lumineux. Ce phototransistor se trouve inséré dans un circuit qu'on décrira plus en détail. Le phototransistor a la propriété de laisser passer le courant lorsqu'il est éclairé et de le bloquer s'il ne l'est plus. Il faut donc faire de sorte que le circuit se bloque lorsque le phototransistor est éclairé et qu'il se débloque si le train coupe le rayon lumineux.

### Caractéristiques du phototransistor

C'est un transistor dont la jonction base, émetteur peut être éclairée. Il se trouve dans une enveloppe qui laisse pénétrer les rayons lumineux de manière à éclairer la jonction B-C.

### Fonctionnement

Le phototransistor réunit, en un seul élément une photo-diode et un transistor. Il doit être placé dans un circuit électrique comme une photo-diode : la base peut être polarisée normalement ou n'être reliée à aucun circuit (base ouverte), et la jonction B-C se trouve sous tension inverse. Dans cette fonction, le courant dépend à la fois du flux lumineux reçu par cette dernière et de l'amplification

en courant  $\beta$  du transistor. Pratiquement le courant qui traverse la diode équivalente à la jonction est multiplié par cette amplification  $\beta$  car le transistor joue le rôle d'un ampli de courant. L'ensemble regroupe donc, sous un faible volume une photodiode et une étage d'amplification.

## III. CHOIX DU SIGNAL AVERTISSEUR

Ce qu'il faut réaliser c'est de montrer aux gens que le train se trouve à une certaine distance et qu'il est sur le point de traverser le passage à niveau. Donc, à ce moment, les passants doivent marquer un arrêt jusqu'au passage du train. Mais comment savent-ils que le train est sur le point d'arriver? Il nous faut pour cela un signal avertisseur.

### Étude du signal avertisseur

Le détecteur de "début de train" est placé à 500 m du passage à niveau. Il comporte un phototransistor qui est éclairé; de ce fait rien ne se passe. Lorsque le train arrive, il coupe le rayon lumineux, ce qui déclenche le circuit; les feux clignotants, se trouvant au passage à niveau, sont donc mis en action. Ceci permettra d'avertir les passants qui sont sur le point de traverser le passage à niveau. On ne considérera pas les barrières ou la complexité du problème et que le temps qui nous im-

- parti n'est pas suffisant pour pouvoir aborder ce problème.

Un autre détecteur de "fin de train" permettra d'éteindre les feux. En plus, on considérera que chaque rail est utilisé pour un sens de parcours unique.

## IV. ETUDE DES DIFFERENTS CIRCUITS

### 1. Détecteur du "début de train"

C'est le détecteur A qui détecte le début de train. Il est réalisé à l'aide d'un trigger de SCHMITT représenté à la Fig. 2.

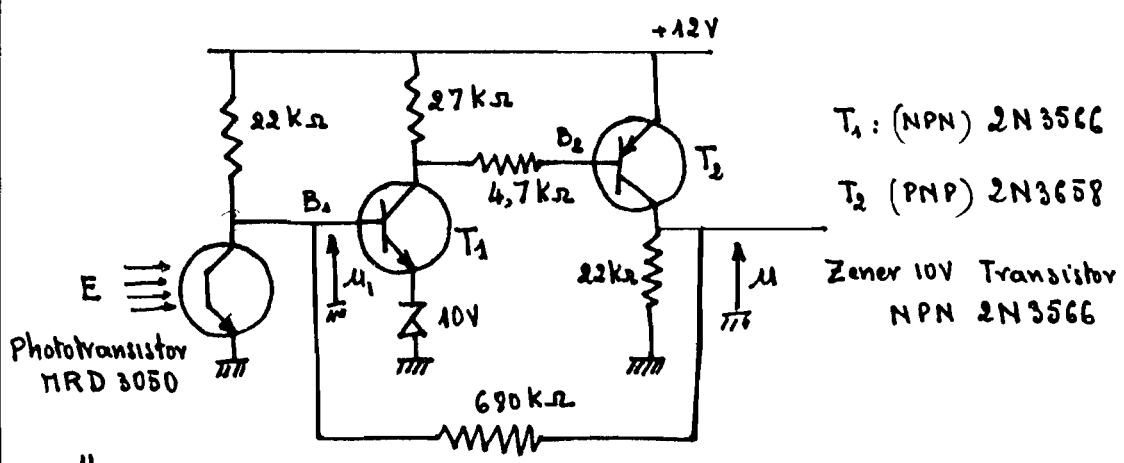
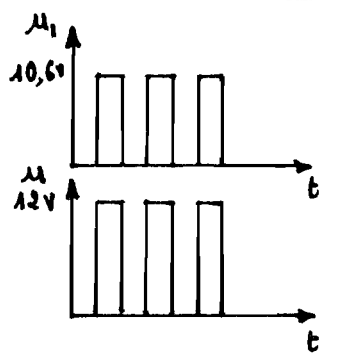


Fig. 2



ⓐ

2 phototransistors, en parallèle, sont utilisés; ils doivent être actionnés en même temps.

Ce montage présente l'intéressante propriété de ne consommer qu'un faible courant à l'état repos, c'est à dire, le train ne passe pas. Ce courant est celui qui passe dans le phototransistor est est égal à  $\frac{12}{22 \cdot 10^3} \approx 0,5 \text{ mA}$ .

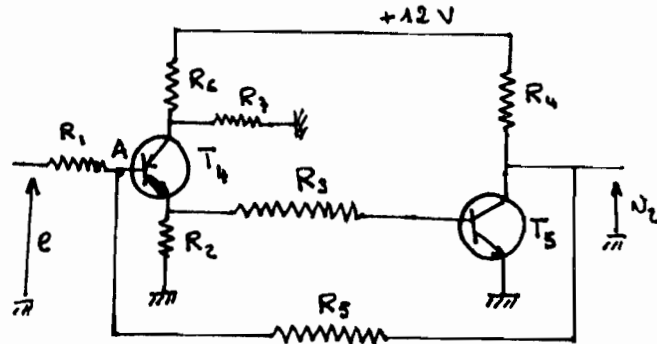
En effet au repos les deux transistors  $T_1$  et  $T_2$  sont bloqués : la tension  $V_{B_1}$  est nulle, due au fait que tout le courant qui arrive passe à l'intérieur du phototransistor car celui-ci est éclairé (voir caractéristiques du phototransistor) donc le courant  $I_{B_1}$  est aussi nul, d'où  $T_1$  bloqué. Si  $T_1$  est bloqué ceci implique que le courant de son collecteur  $I_{C_1}$  est aussi nul ; ce qui entraîne à nouveau  $I_{B_2}$  nul.

Si le train coupe le rayon, le phototransistor ne conduit plus ; on applique dans ce cas une impulsion positive à la base de  $T_1$  qui devient donc conducteur ; en même temps  $T_2$  conduit car le potentiel de  $B_2$  est au moins égal à 10,5 V. La tension  $u$  est presque égale à 12 V. L'impulsion de synchronisation est alors amplifiée, et réappliquée en phase à travers la résistance de 680 k $\Omega$  sur la base de  $T_1$ , il y a réaction et les deux transistors sont très vite amenés à la saturation. Il y a donc un effet cumulatif qui permet d'obtenir à la limite une tension de sortie  $u = 12 \text{ V}$ .

Si on éclaire à nouveau le phototransistor, la tension  $u$  revient à 0 V (Fig. 2-@).



## Calculs théoriques d'un trigger



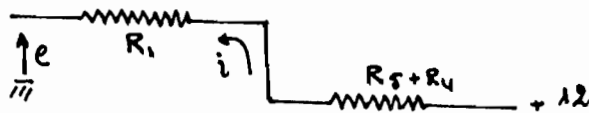
17 Si  $e$  est faible  $\Rightarrow T_1 = 1 \Rightarrow T_2 = 1$

$$U_{E4} = \frac{R_6 // R_7}{R_6 + R_2 // R_7} \times 12 \quad \text{avec } R_3 \text{ élevée}$$

$T_4$  se bloquera si  $V_A > U_{E1}$ , et  $V_A = \frac{R_5}{R_1 + R_5} e$

$$e_1 = \left(1 + \frac{R_1}{R_5}\right) \frac{R_6 // R_7}{R_6 + R_2 // R_7} \times 12$$

27  $T_4$  bloqué  $\Rightarrow U_{E1} = \frac{R_7}{R_6 + R_7} \times 12$  et  $T_4$  conduira si  $V_A < U_{E1}$



$$i = \frac{12 - V_A}{R_4 + R_5} = \frac{V_A - 0}{R_1}$$

$$e = V_A - \frac{R_1}{R_4 + R_5} (12 - V_A) = V_A \left(1 + \frac{R_1}{R_4 + R_5}\right) - \frac{R_1}{R_4 + R_5} \times 12$$

$$e_2 = 12 \left[ \frac{R_7}{R_6 + R_7} \left( 1 + \frac{R_1}{R_4 + R_5} \right) - \frac{R_1}{R_5 + R_4} \right]$$

En choisissant comme résistances de départ :

$$R_6 = 3,3 \text{ k}\Omega$$

$$R_7 = 2,7 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 6,8 \text{ k}\Omega$$

$$R_4 = 10 \text{ k}\Omega$$

et comme seuils  $e_1 = 8 \text{ V}$  et  $e_2 = 3 \text{ V}$  on obtient :

$$8 = \left( 1 + \frac{R_1}{R_5} \right) \times \frac{1,93}{5,25} \times 12 \Rightarrow 1 + \frac{R_1}{R_5} = 1,8 \Rightarrow R_1 = 0,8 R_5$$

$$3 = 12 \left[ \frac{2,7}{6} \left( 1 + \frac{R_1}{10 + R_5} \right) - \frac{R_1}{10 + R_5} \right] \Rightarrow 0,55 \frac{R_1}{10 + R_5} = 0,20$$

$$R_1 = (10 + R_5) \times 0,36 \Rightarrow 0,55 R_1 = 3,6$$

$$R_1 = 6,5 \text{ k}\Omega$$

$$R_5 = 8,1 \text{ k}\Omega$$

$R_3$  étant élevée on choisit une valeur de  $120 \text{ k}\Omega$ .

<u>Valeurs théoriques</u>		<u>Valeurs réelles</u>	
$R_1 = 6,5 \text{ k}\Omega$		$R_1 = 6,8 \text{ k}\Omega$	
$R_2 = 6,8 \text{ k}\Omega$		$R_2 = 6,8 \text{ k}\Omega$	
$R_3 = 120 \text{ k}\Omega$	$e_1 = 8 \text{ V}$	$R_3 = 120 \text{ k}\Omega$	$e_1 = 8 \text{ V}$
$R_4 = 10 \text{ k}\Omega$	$e_2 = 3 \text{ V}$	$R_4 = 10 \text{ k}\Omega$	$e_2 = 5 \text{ V}$
$R_5 = 8,1 \text{ k}\Omega$		$R_5 = 5,6 \text{ k}\Omega$	
$R_6 = 3,3 \text{ k}\Omega$		$R_6 = 3,3 \text{ k}\Omega$	
$R_7 = 2,7 \text{ k}\Omega$		$R_7 = 2,7 \text{ k}\Omega$	

## 2. Détecteur de "fin de train"

Le détecteur de "fin de train" est composé d'un détecteur B, identique au détecteur A, d'un collecteur - commun, d'un trigger de SCHMITT et d'un inverseur (Fig. 4)

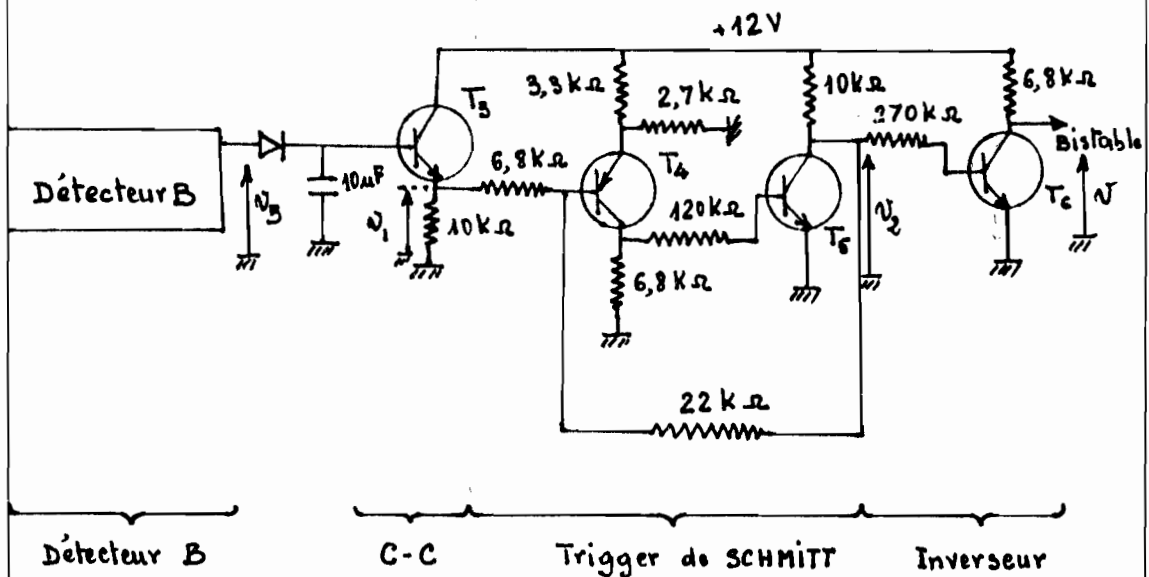


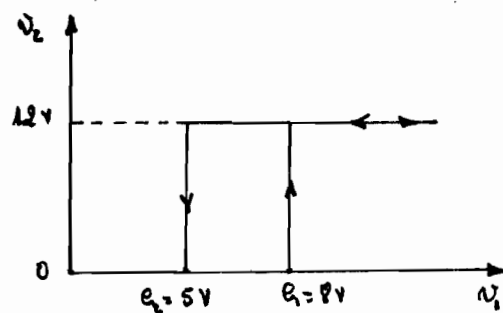
Fig. 4

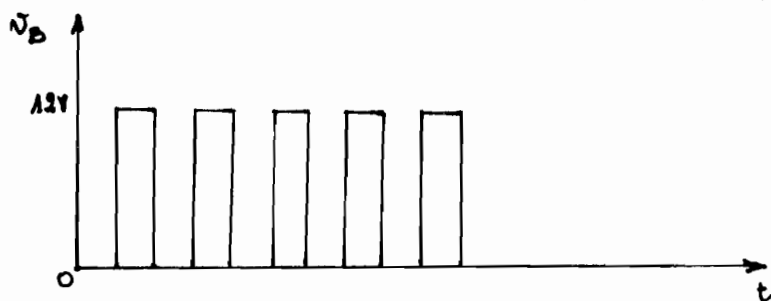
$T_3, T_5, T_6$  : (NPN) 2N 3566

$T_4$  : (PNP) 2N 3658

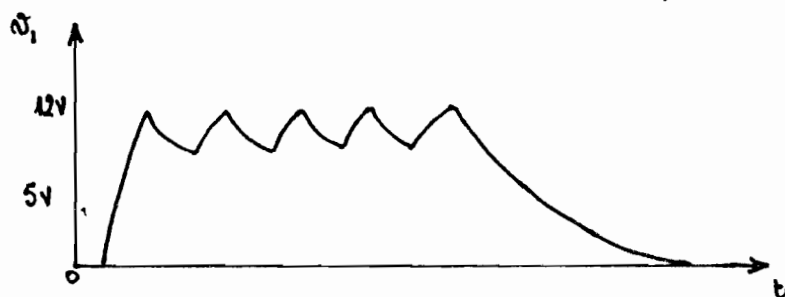
Lorsque le train passe devant le détecteur B, les roues coupent le rayon lumineux de façon interrompue; les formes d'ondes de  $N_0$  à la sortie du détecteur B sont illustrés à la Fig. 5. Cette tension  $N_0$  permet de charger le condensateur de  $10 \mu F$  qui est suivi d'un collecteur-commun (le C-C a la particularité d'avoir une impédance d'entrée très grande). A cause de la diode reliée au condensateur, ce dernier ne pourra se décharger que dans l'impédance d'entrée du collecteur-commun. La constante de temps de décharge du condensateur est donc très grande; ce qui explique la presque constance de la tension de sortie  $N_1$  du collecteur-commun (voir la forme de  $N_1$  à la Fig. 5; le condensateur n'aura pas le temps de se décharger complètement durant le temps  $t_1$ ).

Les signaux obtenus à la sortie du collecteur-commun permettent de commander le trigger de SCHMITT. Ce dernier fonctionnera entre deux seuils  $e_1$  et  $e_2$ . Si on atteint le seuil  $e_1$  qui est égal à  $8V$ , le trigger nous fournit à la sortie une tension de  $12V$ ; si par contre on atteint le seuil  $e_2$  égal à  $5V$ , on aura  $0V$  à la sortie du trigger. Ces deux seuils nous seront fournis par la charge et la décharge du condensateur.

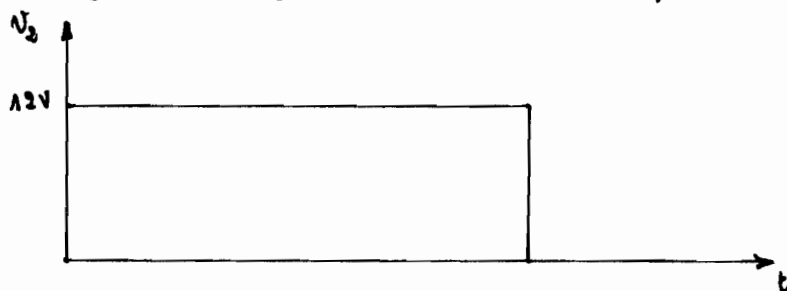




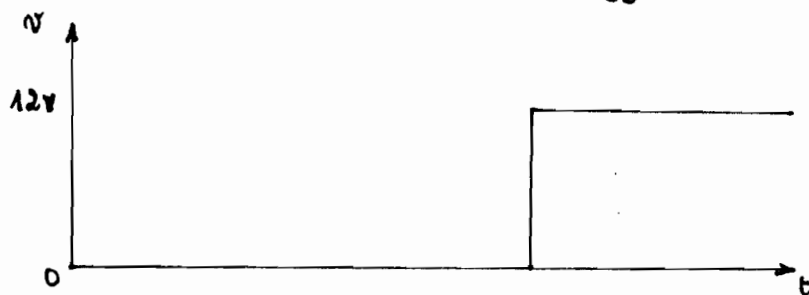
Formes d'ondes de  $V_B$  lorsque le train passe devant le détecteur B



Charge et décharge du Condensateur au passage du train



Formes d'ondes de  $V_2$  à la sortie du trigger de SCHMITT



Formes d'ondes de  $V$  lors du passage du train

Fig. 5

En faisant une récapitulation, nous voyons que lorsque le train passe devant le détecteur B, nous obtenons à la sortie du trigger une tension de 12V. Or d'après le schéma général, les clignotants doivent rester allumés tant que le train ne dépasse pas complètement le détecteur B. Pour cela cette impulsion de 12V ne doit pas être appliquée aussitôt au bistable; on doit avoir en ce moment une tension  $v$  nulle. Pour l'obtenir on utilisera un inverseur qui a la propriété de sortir 0V si sa tension d'entrée est supérieure à 0,5V et de fournir 12V si sa tension d'entrée est de 0V.

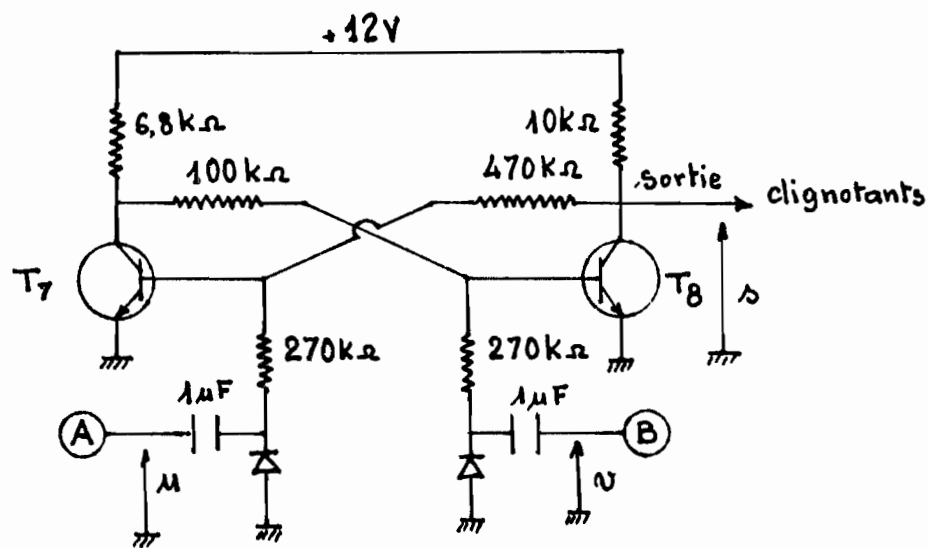
La forme de la tension  $v$  est illustrée à la Fig. 5.

### 3. Circuit bistable

Le bistable est caractérisé par son aptitude à se maintenir dans l'un ou l'autre des deux états possibles c'est à dire l'état 0 et l'état 1.

Nous convenons de dire qu'un bistable est dans l'état 0, quand le potentiel du collecteur de son transistor  $T_7$  (Fig. 6), sur lequel on recueillera le signal de sortie, est à 0V c'est à dire quand ce transistor est conducteur. Réciproquement l'état 1 d'un bistable sera celui pour lequel le transistor  $T_8$  est conducteur, le potentiel de son collecteur étant à zéro:  $T_7$  est bloqué et un potentiel de 12V appa-

- raie sur le collecteur de ce dernier transistor



T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub>: NPN 2N3566

Fig. 6. Circuit bistable

Fonctionnement

À la mise sous tension du montage, l'un des transistors prendra le premier car les éléments des deux circuits ne sont pas symétriques. La sortie de l'étage conducteur sera au potentiel 0, maintenant ainsi l'autre étage à l'état bloqué. La sortie de l'étage de ce dernier sera au potentiel 12 V.

Supposons par exemple le transistor T<sub>7</sub> bloqué; en appliquant une impulsion u à l'entrée A, ce transistor se met à conduire et le potentiel de son collecteur tend vers zéro, entraînant une diminution du

courant de base du transistor  $T_8$ , qui, à son tour, va devenir moins conducteur : le potentiel de son collecteur tend vers 12 V, ce qui a pour effet de faire augmenter le courant de base de  $T_7$ .

Il y a donc un effet cumulatif grâce auquel le montage bascule très rapidement d'un état dans l'autre :  $T_7$  devient saturé et  $T_8$  bloqué.

Le bistable ne peut prendre donc que les deux états suivants

$T_7$  conduit  $\longleftrightarrow$   $T_8$  bloqué ①

$T_7$  bloqué  $\longleftrightarrow$   $T_8$  conduit ②

- Le passage de l'état ① à l'état ② se fait par une impulsion positive en  $v$ .

- le passage de l'état ② à l'état ① se fait par une impulsion positive en  $u$ .

Les impulsions négatives n'ont aucun effet ni cause des diodes.

Avec notre exemple, le transistor  $T_7$  saturé devient insensible aux impulsions positives appliquées en A et le montage restera dans cet état aussi longtemps qu'une impulsion positive ne sera pas appliquée à l'entrée B : il y a donc un phénomène de mémoire qui se manifeste.

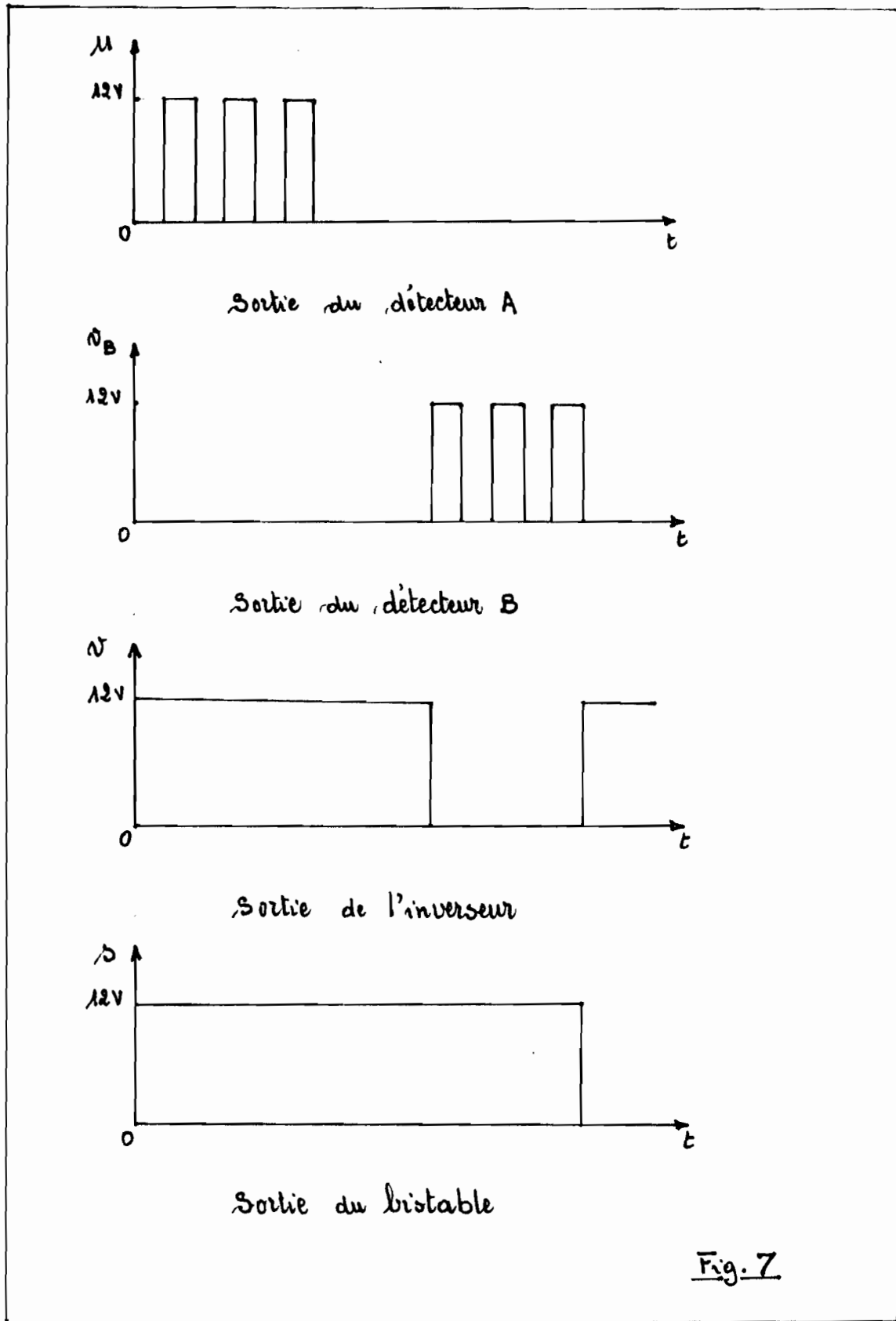


Supposons que le train roule de la gauche vers la droite:

- arrivé en  $A_1$ ,  $A_{np}$  est actionné et le compteur 1 enregistre le signal et l'envoie au comparateur. Ce même signal amplifié est transmis et traité à la boîte de contrôle qui commande la signalisation.
- arrivé en  $B$ ,  $L$  est actionné et le compteur 2 enregistre le signal et l'envoie au comparateur lequel compare le compteur 1 et le compteur 2. S'il y a égalité, la signalisation s'arrête.
- arrivé en  $A_2$ ,  $A_{n1}$  est actionné le compteur 3 enregistre le signal et l'envoie au comparateur qui fait encore une fois la comparaison. S'il y a égalité, le système est réinitialisé et ainsi de suite.

Nous avons là résumé le fonctionnement qualitatif de notre système qui sera divisé en sous-systèmes pour les besoins de l'analyse:

- I L'Alimentation
- II La Détection
- III La Boîte de contrôle
- IV Feux clignotants et la sonnerie.



#### 4. Circuit des clignotants

Le circuit des clignotants est composé d'un multivibrateur astable qui commande par des impulsions les clignotants proprement dits.

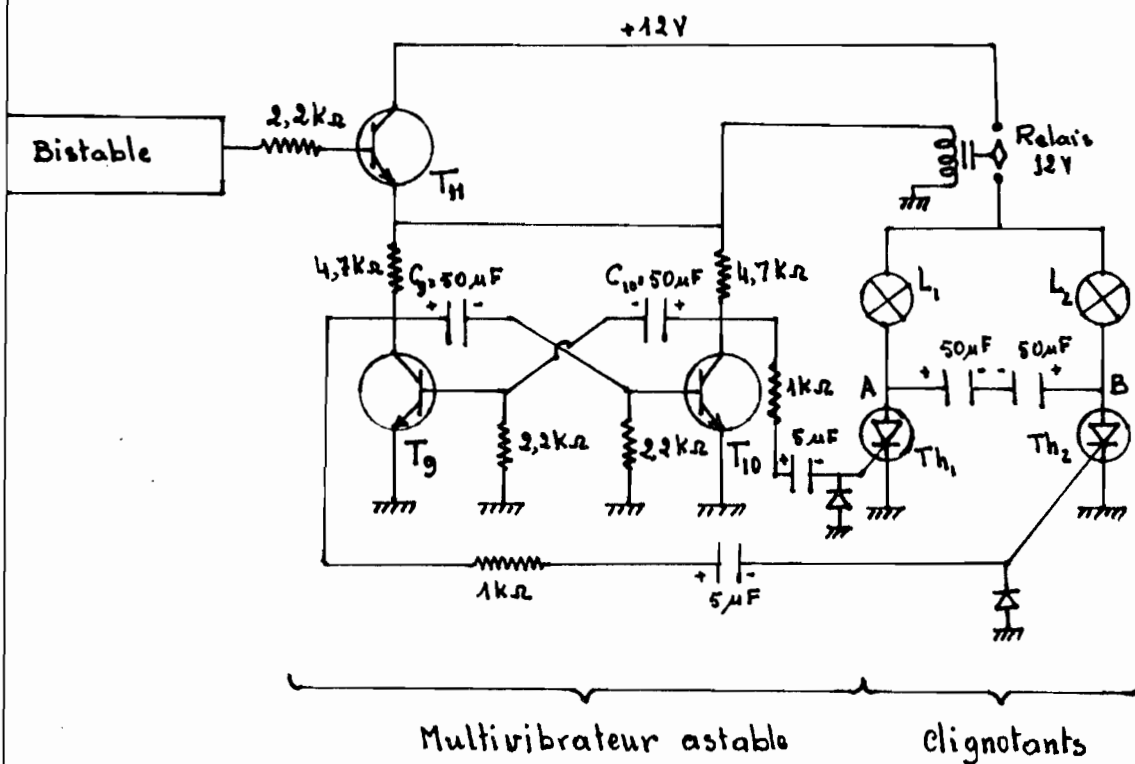


Fig. 8 - Circuit des clignotants

- $T_9, T_{10}, T_{11}$  : NPN 2N 3566
- $Th_1, Th_2$  : MCR-106-5
- $L_1, L_2$  : Lampes 12V

Le transistor  $T_{11}$  permet de fournir un courant assez suffisant pour actionner le relais et en même temps alimenter le multivibrateur.

Fonctionnement du multivibrateur astable

Le multivibrateur astable à deux transistors est constitué par deux étages dont l'entrée de chacun est reliée à la sortie de l'autre. Son fonctionnement repose sur le fait que l'un des transistors est saturé lorsque l'autre est bloqué.

Lors de la mise sous tension, comme il est pratiquement impossible que les deux étages soient exactement symétriques, l'un des transistors sera plus rapidement amené à la conduction que l'autre. Un état où les deux éléments conduiraient est en effet instable : par exemple toute diminution accidentelle du courant  $I_{c1}$  du collecteur de  $T_9$  entraîne une augmentation du potentiel de ce collecteur. Transmise par  $C_9$  à la base de  $T_{10}$ , cette augmentation accroît la conduction de  $T_{10}$ , d'où abaissement du potentiel de son collecteur. Il en résulte alors par  $C_{10}$  une diminution du potentiel de base de  $T_9$  qui entraîne une diminution de  $I_{c1}$ , et ceci va continuer jusqu'à ce que  $T_9$  soit bloqué et  $T_{10}$  saturé ; et le cycle va recommencer d'où production de tension en créneaux sur les collecteurs.

Oscillogramme (obtenu avec le nouveau circuit que l'on verra plus loin) avec une alimentation de 4V.

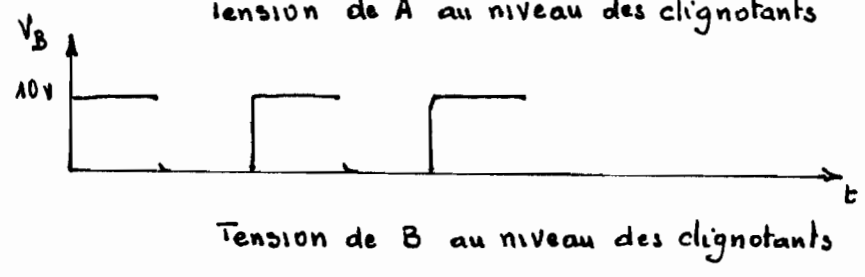
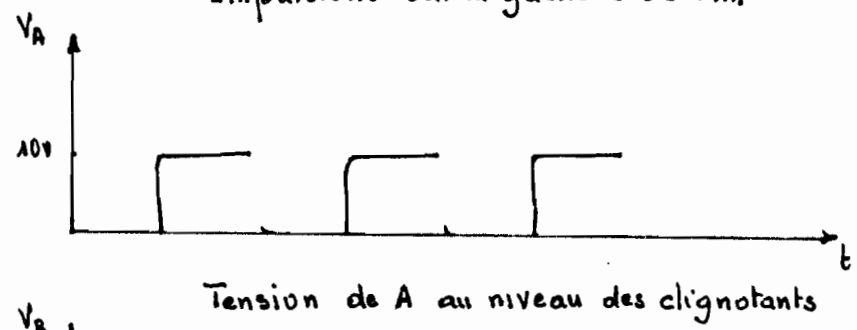
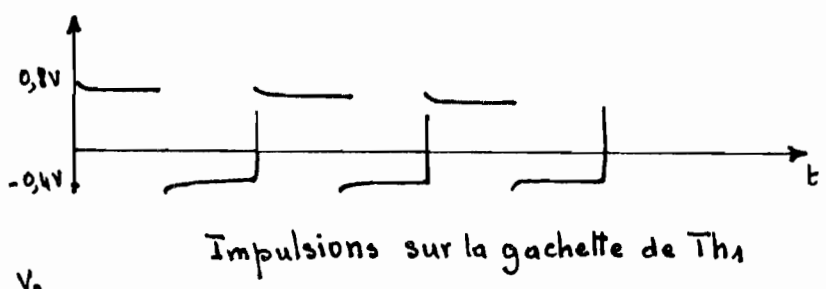
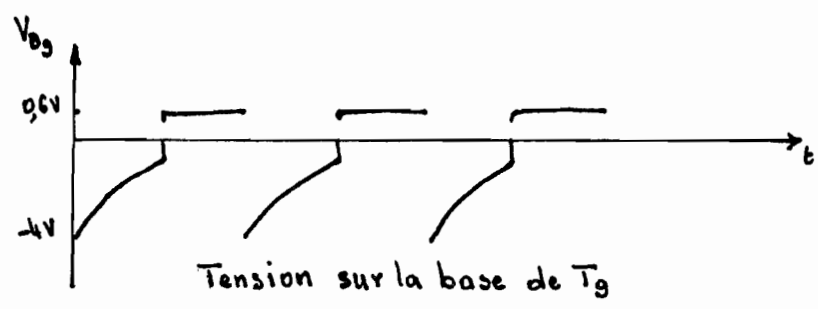
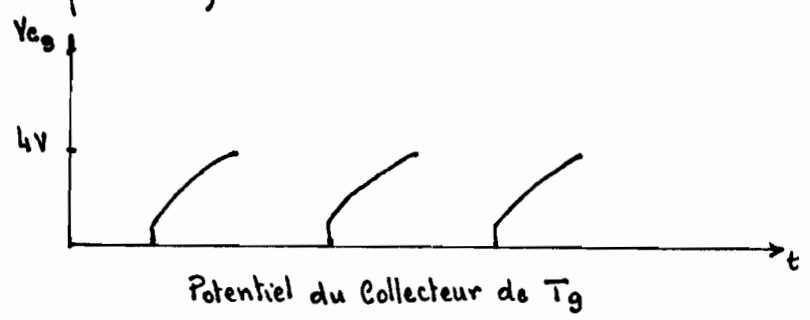


Fig. 9

## 5. Feux clignotants

### Principe de fonctionnement des thyristors

Le thyristor a la propriété de ne laisser passer le courant, que lorsqu'on applique une impulsion suffisante pour l'amorcer. Pour être sûr de l'amorçage, il ne faudrait pas que cet amorçage soit actionné par une impulsion trop brève.

Une autre particularité c'est qu'une fois le thyristor amorcé, la gâchette ne joue plus aucun rôle ; c'est à la fin de l'alternance positive que le courant sera interrompu d'où nécessité d'appliquer une autre impulsion pour remettre le courant ; l'application aussi d'une tension inverse en continue interrompt le courant.

### Fonctionnement des feux clignotants

Lorsque le train coupe le rayon lumineux du détecteur A, le bistable bascule et actionne aussitôt le multivibrateur et les relais qui ferme le circuit - le multivibrateur fournit les impulsions nécessaires à l'amorçage des thyristors. Ces impulsions arrivent de façon alternative car un des transistors est chaque fois bloqué quand l'autre est passant.

## ̄. Conclusion

Le fonctionnement de ce premier circuit vérifié au laboratoire, a été correct. Seulement on a constaté un gros inconvénient dû au fait que ce montage ne fonctionne correctement que si le train roule à une vitesse minimum pour que le condensateur de  $10 \mu F$  (Fig. 4) n'ait pas le temps de se décharger au moment du passage du train. Ceci laisse sous-entendre que le train ne devrait pas s'arrêter lorsque la première roue coupe le rayon lumineux du détecteur B car sinon il y aurait décharge du Condensateur et arrêt ; ce qui ne serait pas souhaitable.

SECONDE PARTIE

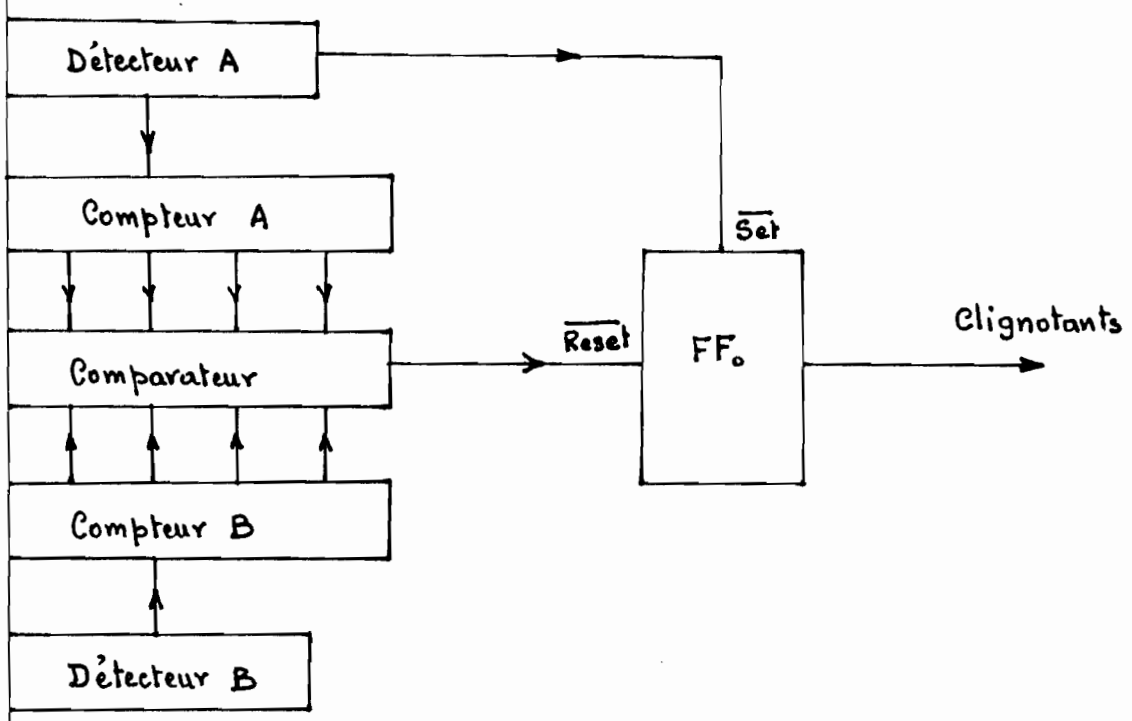
Adaptation du circuit précédent en  
circuits de logique



# INTRODUCTION

Nous avons réadopté le circuit précédent en circuits logiques pour pouvoir l'alimenter directement par le secteur (d'ailleurs c'est qui est souhaité par les responsables de la région). En dehors de cela, le nouveau circuit apportera beaucoup d'améliorations par rapport au circuit précédent.

## I. SCHEMA D'ENSEMBLE



## Principe de fonctionnement

Lorsque le train arrive au niveau du détecteur A (détecteur du "début de train"), le rayon lumineux est coupé et un signal est aussitôt envoyé au FF<sub>0</sub> (Flip-Flop) qui à son tour, actionne les clignotants; en même temps des impulsions produites par les roues sont envoyées au compteur A qui en détermine le nombre. Arrivé au détecteur B, là aussi le nombre d'impulsions produites par les roues est déterminé par le compteur B. Les deux compteurs sont reliés à un comparateur qui, comme son nom l'indique compare leurs deux enregistrements. Si le nombre d'impulsions du compteur B est inférieur à celui du compteur A (cela veut dire que la totalité du train n'a pas encore dépassé le détecteur B), le comparateur ordonne aux feux de continuer à clignoter. Si par contre les deux enregistrements sont identiques, le comparateur envoie une impulsion au FF<sub>0</sub> qui permettra d'arrêter les feux.

## II. ETUDE DES DIFFERENTS CIRCUITS

### 1. Détecteurs A et B

Rappelons que le détecteur A s'occupe du début de train, tandis que le détecteur B s'occupe de la fin du train.

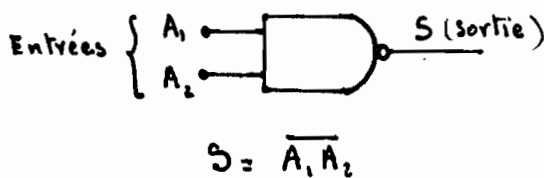
Les détecteurs A et B sont réalisés à l'aide d'une base de

SCHMITT composée de deux circuits NAND  $N_1$  et  $N_2$ , d'une résistance de  $150 \Omega$  et d'une résistance de  $1 K\Omega$ .

Avant d'étudier ce circuit, voyons ce qu'est un circuit NAND.

Dans tous les circuits logiques, chaque tension d'entrée ou de sortie ne peut prendre que deux valeurs correspondant à deux états conventionnellement baptisés 0 et 1. Nous noterons 0 l'état correspondant à l'absence de tension (avec les tolérances cet état 0 est garanti si le potentiel d'entrée est compris entre 0 et  $0,8V$ ) et l'état 1 pour lequel une tension existe (il est garanti si le potentiel d'entrée dépasse  $2V$ )

### Représentation schématique



$A_1$	$A_2$	$S$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Table de Vérité

Revenons à notre trigger de SCHMITT (Fig. 10). Il s'agit d'un circuit bistable dont la sortie ne peut prendre que deux états que nous appellerons 0 et 1. La sortie du trigger dépend de deux seuils d'entrée  $e_1$  et  $e_2$ . Si le signal d'entrée franchit en croissant le seuil supérieur  $e_1$ , la sortie du trigger bascule très rapidement, de l'état 0 à l'état 1. Le basculement inverse se fera à la descente du signal mais si une valeur  $e_2$  inférieure à  $e_1$ . En conclusion, une bascule de SCHMITT transforme un

signal de forme quelconque en réseaux à faibles temps de montée et de descente, à la seule condition que la tension d'entrée franchisse les seuils  $e_1$  et  $e_2$ .

Pour notre trigger, en question, les entrées  $A_1$  de chaque circuit NAND non connectés (ou reliés à  $+5V$  à travers une résistance) se trouvent à l'état 1. On applique le signal de commande à travers la résistance de  $150\Omega$ . La sortie du NAND  $N_2$  étant en phase avec l'entrée, la résistance de  $1k\Omega$  introduit une réaction positive. L'alimentation des circuits logiques est de  $+5V$ .

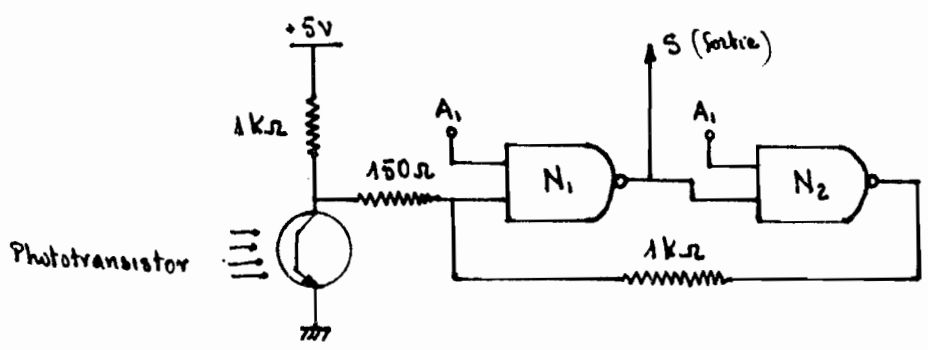
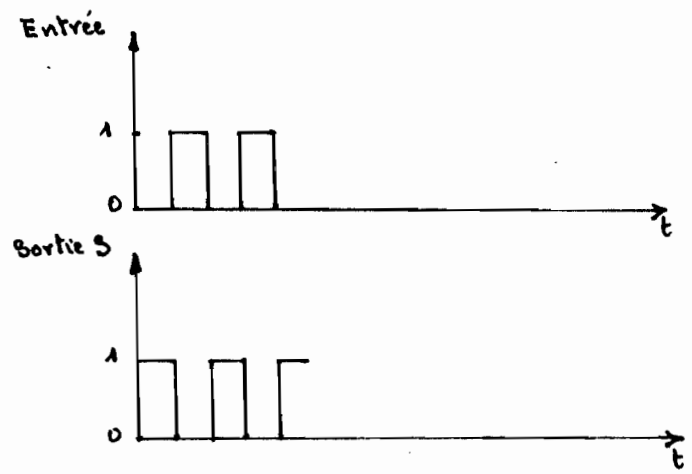


Fig. 10 - Détecteurs A et B

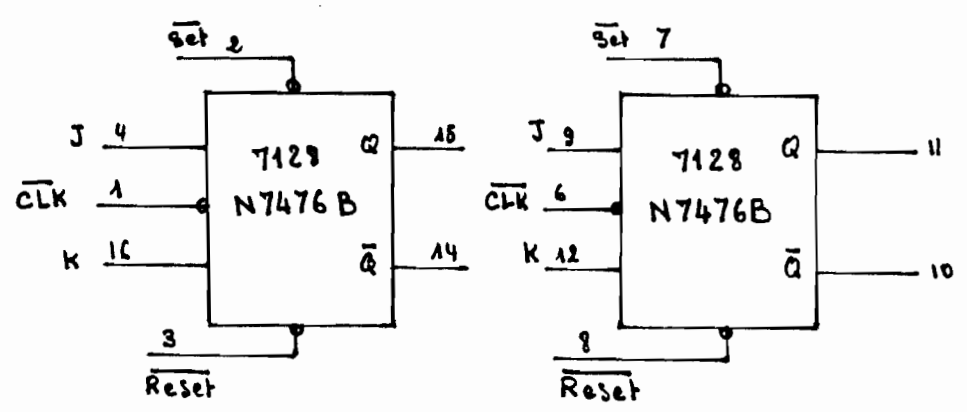


Pour les circuits NAND, on utilise un boîtier N7400A contenant 4 NAND à deux entrées.

## 2. Compteurs A et B

Pour notre expérience on se limitera à un comptage de 16 impulsions. Les compteurs sont composés chacun de 4 bistables FF (Flip-Flop) montés en cascade.

### Schéma et désignation des bistables

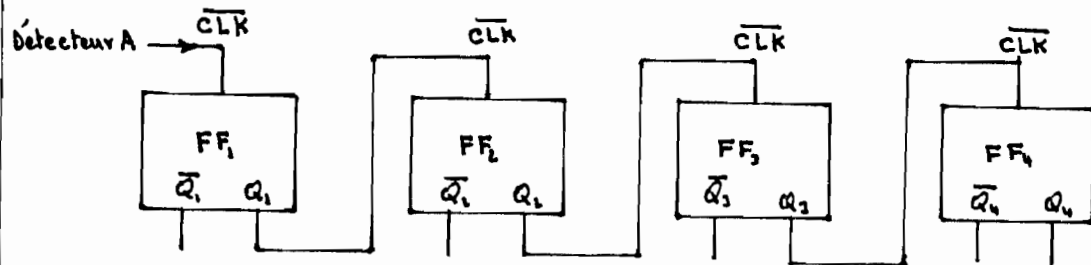


Avec le même boîtier, on peut obtenir deux bistables illustrés sur le schéma.

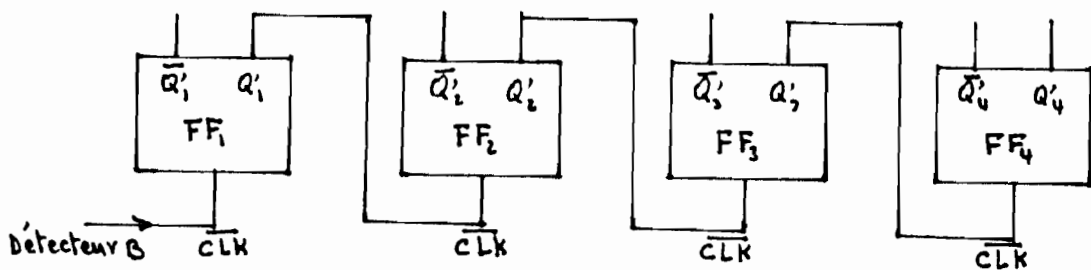
La particularité de ces bistables c'est d'avoir une fonction mémoire. Lorsque on applique une impulsion qui passe de l'état 1 à l'état 0 sur l'entrée  $\overline{Set}$ , le bistable bascule, de ce fait on obtient à la sortie Q l'état 1. Cet état 1 sera conservé tant qu'une impulsion qui passe de l'état 1 à l'état 0 ne serait pas appliquée au  $\overline{Reset}$ . Par contre l'entrée

par  $\overline{\text{CLK}}$  fait basculer le bistable à chaque passage de l'état 1 à l'état 0.

### Schéma des Compteurs



Compteur A



Compteur B

Fig. 11

Si nous appliquons à l'entrée du compteur A une série de signaux carrés, au bout de deux fronts positifs, le premier bistable reviendra à l'état initial. Ce n'est qu'au bout de 4 fronts appliqués à l'entrée qu'un nouveau front positif apparaîtra à l'entrée de  $\text{FF}_2$  pour le ramener à son état primitif. Une impulsion positive sera alors appliquée à l'entrée de  $\text{FF}_3$ , qui à son tour, basculera dans l'état 1, pour ne revenir à son état primitif qu'après que huit fronts positifs auront

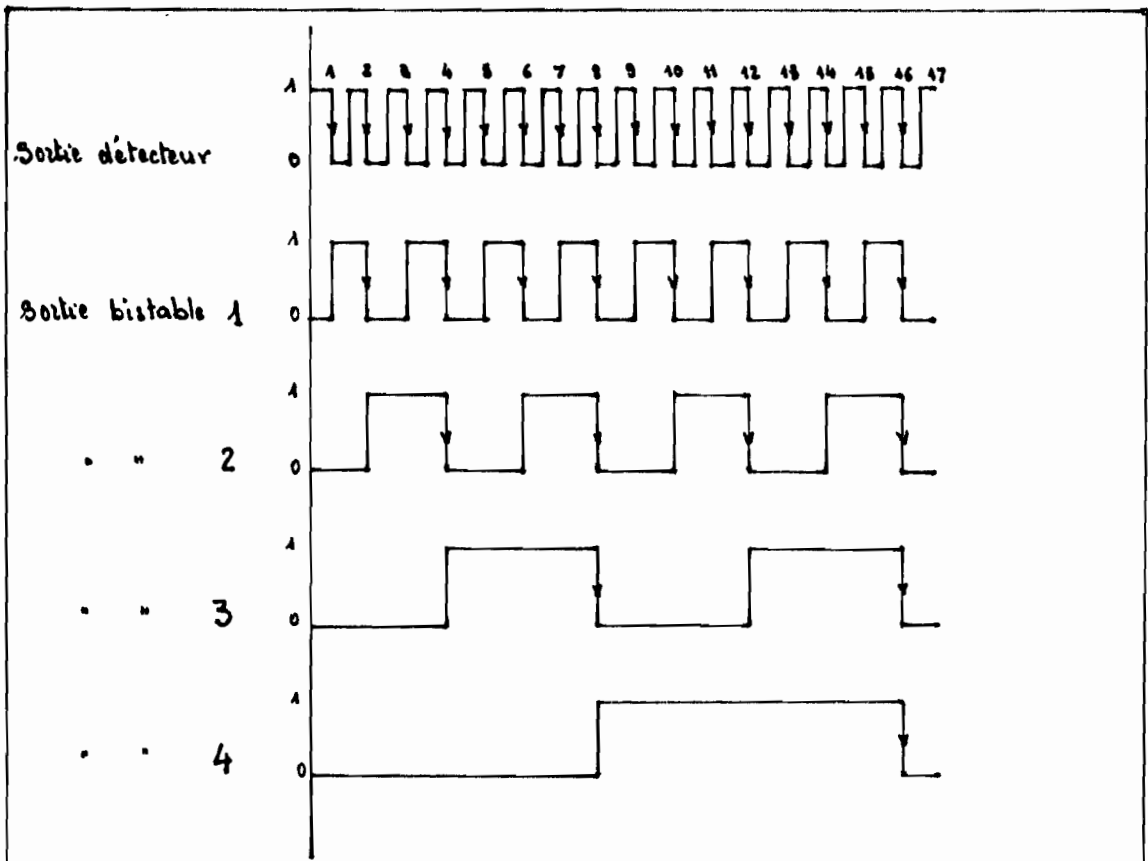


Fig. 12 - Sortie des bistables

Nombre d'impulsions	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Sortie bistable 1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
Sortie bistable 2	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
Sortie bistable 3	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0
Sortie bistable 4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Nbre décimal équiv.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	0

Tableau récapitulatif

'été' appliqués, à l'entrée. Nous voyons que chaque bistable de la cascade passe à l'état 0 quand on éte' appliqué à l'entrée un nombre d'impulsions correspondant à la puissance de deux de son rang de la cascade.

La remise à zéro des compteurs se fait, à l'aide d'un bouton poussoir ou manuellement. On le fait une seule fois. Pour cela, on réunit tous les reset des bistables pour les joindre à la masse et, ensuite, il faudra les retirer pour les remettre, en l'air.

(Voir Fig. 12 pour la sortie de bistables)

### 3. Comparateur (Fig. 13)

Les sorties des bistables représentent les entrées du Comparateur.

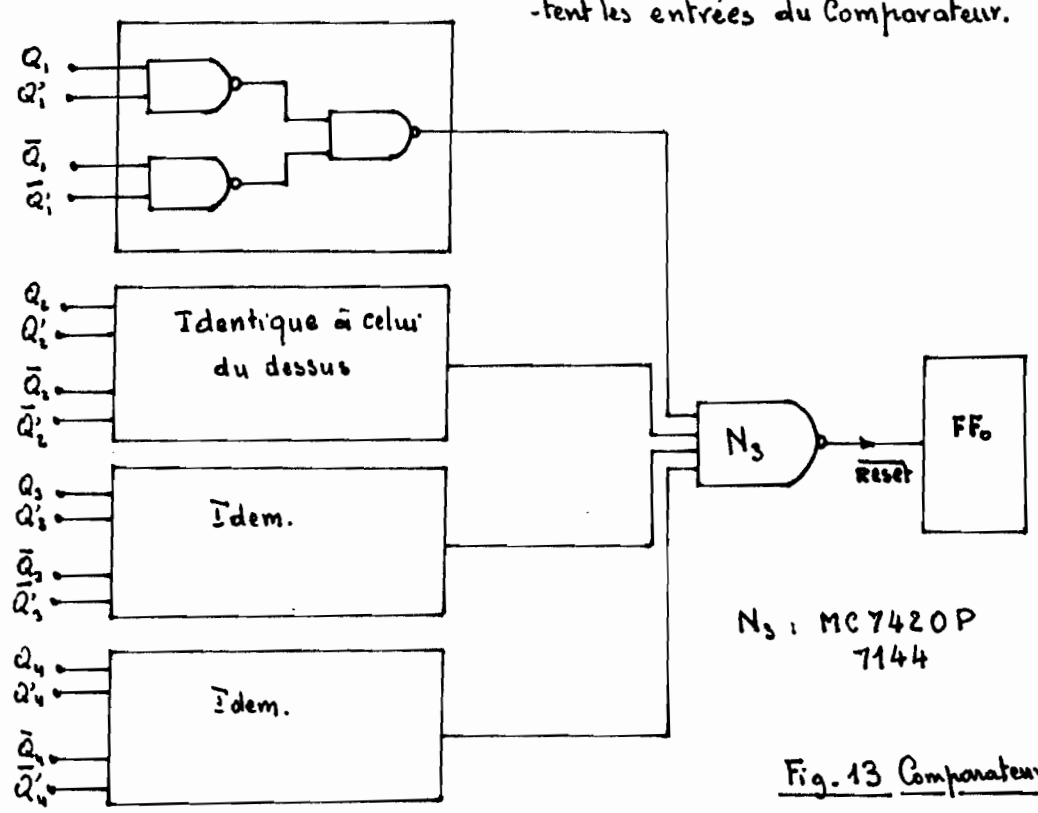


Fig. 13 Comparateur



On début les deux compteurs sont à zéro ; ce qui veut dire que tous les  $Q$  et  $\bar{Q}$  sont respectivement, à l'état 0 et 1 ; de ce fait on voit aisément sur le schéma du Comparateur que la sortie S, est nécessairement à l'état 0.

Lorsque les deux compteurs n'enregistrent pas le même nombre d'impulsions, la sortie S du Comparateur passe de l'état 0 à l'état 1 ; et c'est lorsque les deux enregistrements sont identiques qu'elle passe de l'état 1 à l'état 0 et puisque cette sortie est reliée au Reset du FF<sub>0</sub> (Voir schéma d'ensemble) le signal qu'on a donc envoyé fait basculer ce bitable ; ce qui permet d'arrêter les feux.

#### 4. Feux clignotants

On utilise les mêmes circuits que précédemment à part un petit changement dû au fait que les 3 volts sortis par le comparateur ne suffisent pas à faire marcher le multivibrateur et à fermer le relais d'où le schéma suivant

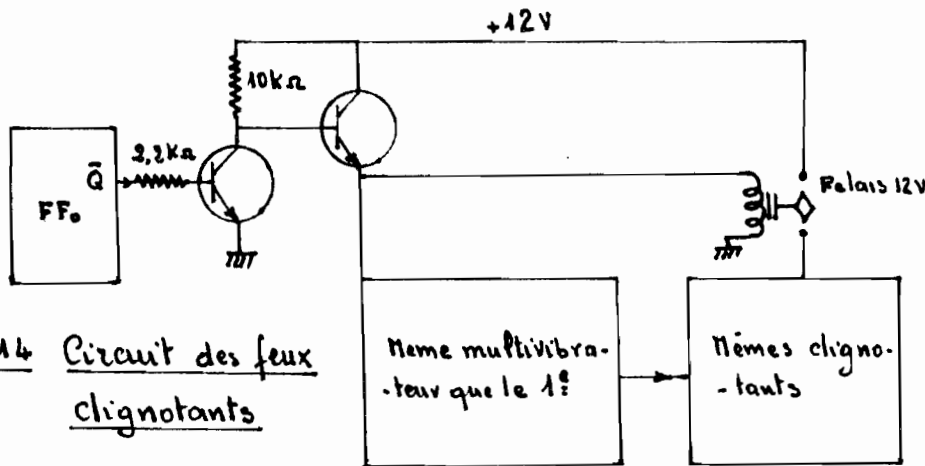


Fig. 14 Circuit des feux clignotants

## II. ALIMENTATION DU MONTAGE

L'alimentation du montage se fera à l'aide d'une batterie de 12V; mais, celle-ci est, toujours chargée, automatiquement par le recteur. L'alimentation des circuits logiques se fera par abaissement de cette tension de +12V à +5V. Nous avons, cru que ce serait plus sécuritaire de l'alimenter de cette façon, car il pourrait, qu'il y ait coupure de courant; de ce fait la batterie serait capable d'entretenir le circuit durant cet instant.

Pour cela nous avons adopté le chargeur de batterie automatique (Fig. 15) dont le schéma est tiré d'un livre "Les thyristors et les triacs" de R. RENUCCI 3<sup>e</sup> édition - Page 93.

Remarque: Un condensateur de 100  $\mu$ F, est mis, en parallèle avec les alimentations de 12V et 5V, pour éliminer les parasites, qui pourraient déranger le fonctionnement des compteurs et des clignotants.

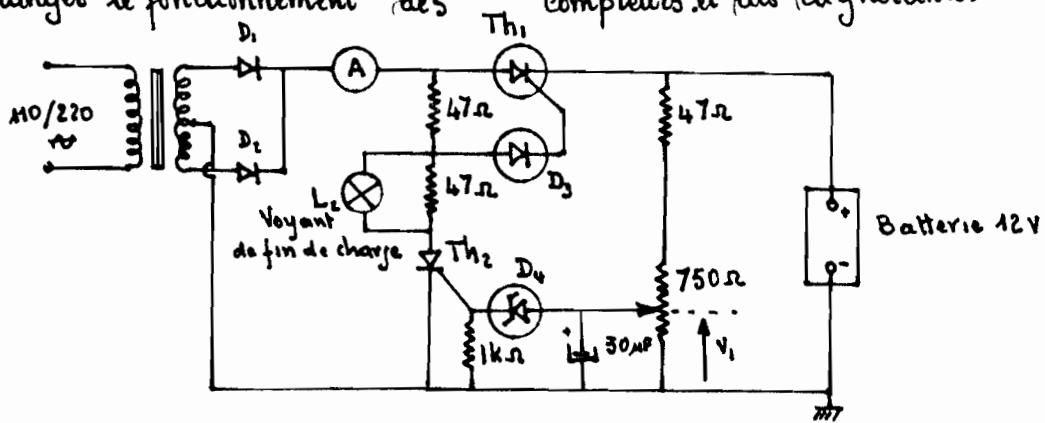
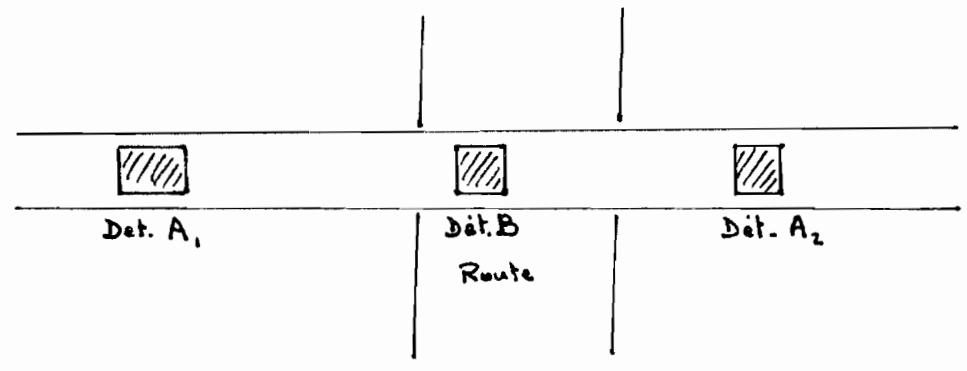


Fig. 15 - Chargeur de batterie à arrêt automatique en fin de charge

#### IV. Conclusion

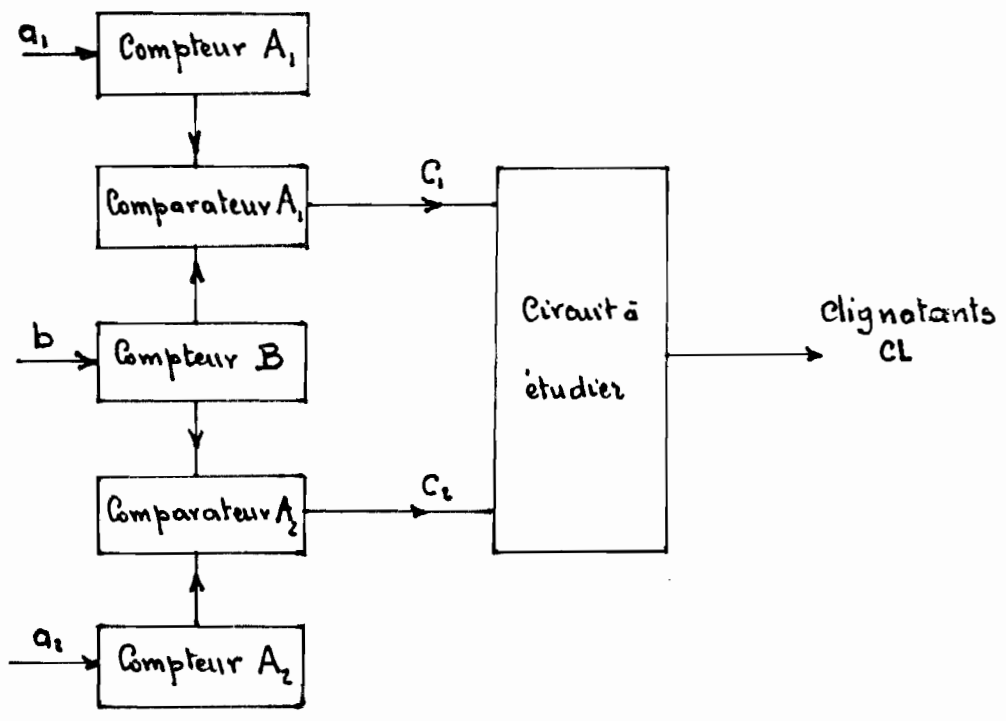
Nous constatons que le passage à la logique permet de simplifier de beaucoup les circuits trop complexes réalisés en semi-conducteurs - leur manipulation est plus facile - Les compteurs et Comparateurs ajoutés au circuit permettent d'éliminer le défaut du montage précédent; mais toujours est-il qu'un inconvénient demeure : le train peut s'arrêter mais pas reculer - C'est un problème que nous devrions résoudre mais le temps ne nous l'a pas permis.

# DETECTION DES TRAINS SUR VOIE UNIQUE



## Principe

### Etude théorique



Supposons que le train roule de la gauche vers la droite.

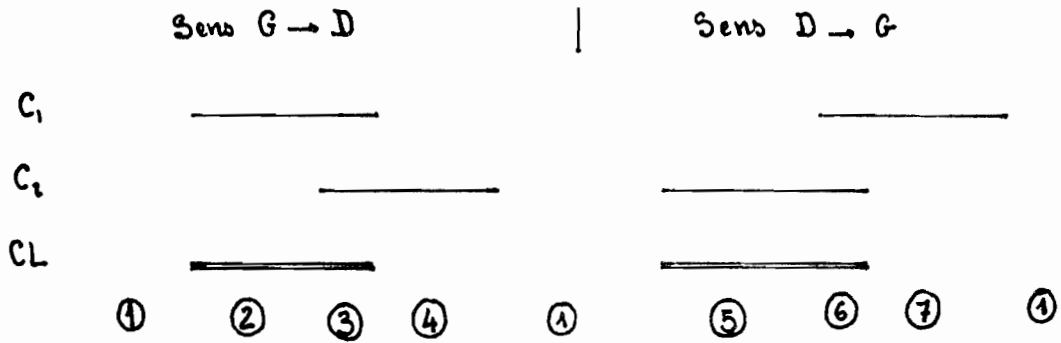
- Arrivé au détecteur  $A_1$ ; le compteur  $A_1$  enregistre le nombre d'impulsions et l'envoie au comparateur  $A_1$ ; aussitôt  $C_1$  bascule et les feux clignotent.

- Arrivé au détecteur  $B$ ; le compteur  $B$  enregistre le nombre d'impulsions et l'envoie aux comparateurs  $A_2$  et  $B$  et  $C_2$  bascule. Le comparateur  $A_2$  fait donc la comparaison; si l'égalité n'y a  $C_1$  revient à sa position initiale et les feux s'arrêtent.

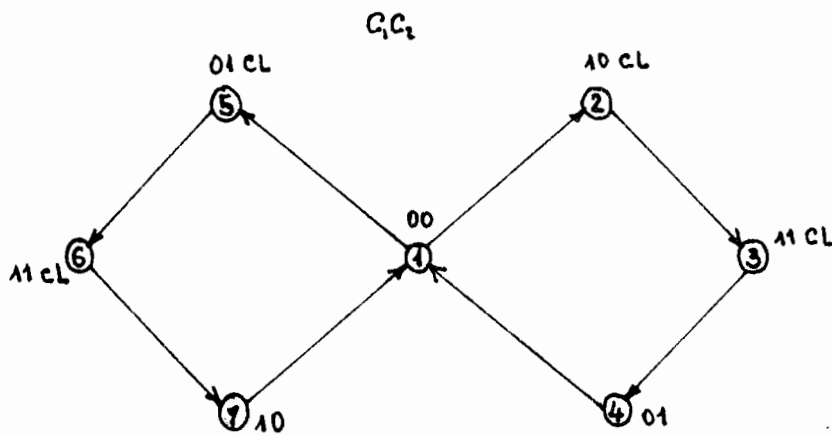
- Arrivé au détecteur  $A_2$ ; le compteur  $A_2$  enregistre le nombre d'impulsions et l'envoie au comparateur  $B$ ; ce dernier fait la comparaison; si l'égalité n'y a  $C_2$  revient à sa position initiale.

Si le train roule de la droite vers la gauche, le même raisonnement est valable; il suffit simplement d'inverser les indices 1 et 2.

1. Tableau des phases



2. Diagramme des transitions



3. Matrice primitive des états

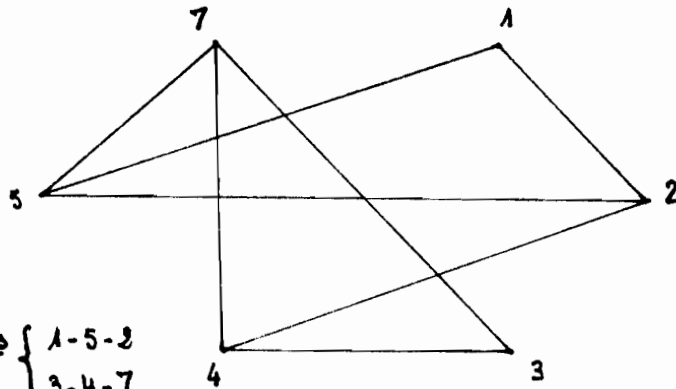
	$C_1$	$C_2$	$CL$			
			_____	_____	_____	_____
	①	5		2		0
			3	②		1
		4	③			1
1	④					0
	⑤	6				1
		⑥	7			1
1			⑦			0

On remarque les états ③ et ⑥ sont équivalents

Nouvelle matrice des états

	$C_1$	$C_2$	→			CL
	①	5		2		0
			3	②		1
		4	③	7		1
1	④					0
	⑤	3				1
1				⑦		0

4. Polygone des états



Groupements  $\begin{cases} 1-5-2 \\ 3-4-7 \end{cases}$

5. Matrice Contractée

	$C_1$	$C_2$	→			
	①	⑤	3	②		
1	④	③	⑦			

1 seule variable supplémentaire est nécessaire

6. Equations des Variables

Pour X

$\begin{matrix} c_1, c_2 \\ x \end{matrix}$	_____			

$$X = c_1 c_2 + x c_1 + x c_2$$

$$X = \overline{c_1 c_2} + \overline{x(c_1 + c_2)}$$

Pour CL

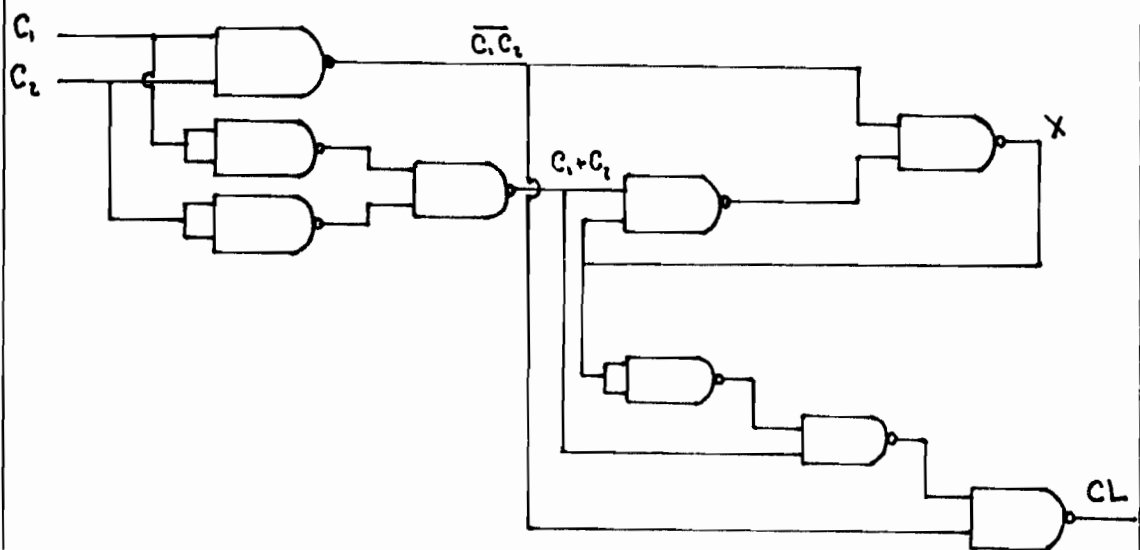
$\begin{matrix} c_1, c_2 \\ x \end{matrix}$	_____			

$$CL = c_1 c_2 + \bar{x} c_1 + \bar{x} c_2$$

$$CL = \overline{c_1 c_2} + \overline{\bar{x}(c_1 + c_2)}$$



### 7. Circuit obtenu



# CONCLUSION

## - Etape restante

Le montage effectué au laboratoire fonctionne d'une façon correcte. L'étape suivante consisterait à le soumettre, aux mêmes conditions, qu'il devrait subir après l'installation pour voir d'une façon exacte comment les semi-conducteurs ou circuits logiques se comporteront face à la chaleur solaire qu'ils pourraient subir pendant un bon moment, à une étude concernant les chutes de tension dans les fils de connexion qui pourront être longs ou les distances qui séparent les détecteurs et les feux clignotants (500m). L'installation du dispositif de signalisation serait l'étape finale.

## - Difficultés rencontrées et suggestions

1. Difficulté pour ce qui est de la consommation d'énergie nécessaire à l'éclairage des phototransistors ; éclairage qui doit se maintenir 24h/jour. L'expérience a été faite par les petites lampes torche. L'utilisation d'une lentille pour faire converger les rayons lumineux permettrait d'employer des piles de faibles puissances. Cependant on a remarqué une très grande sensibilité du phototransistor ; donc en combinant l'utilisation

de la luminosité solaire qui permettrait de couper la consommation de la pile et celle de la lentille, nous pourrions arriver à une consommation très faible. De toutes les façons, cela mérite une expérimentation.

2. Difficulté pour ce qui est de la protection des phototransistors contre les manœuvres non prévues qui pourraient couper le rayon lumineux et mettre les feux en marche; ce qui peut créer de la confusion chez les passagers. Nous avons quand même diminué la probabilité que cela arrive avec l'emploi de deux phototransistors en parallèle de sorte qu'il y aura déclenchement du circuit que si les deux rayons lumineux sont coupés, en même temps. D'ailleurs pour contourner cette difficulté nous avons eu bon d'essayer les relais magnétiques (relais reed) mais enfin de compte les essais n'ont pas donné des résultats convaincants. Une autre étude sur le bruit du moteur pourrait être envisagée.

En comparant les deux circuits étudiés en détail, on remarque que celui traité avec les circuits intégrés offre de meilleurs résultats; il a une plus grande fiabilité, un meilleur temps de réponse et une plus grande sensibilité. Ses éléments se manipulent mieux que les semi-conducteurs; c'est ce qui nous a permis d'apporter des améliorations.

Le projet a été plutôt expérimental que théorique. Les valeurs des éléments des circuits dont le fonctionnement ne présentait aucune difficulté ont été trouvés d'une façon très simple expérimentalement grâce aux instruments électroniques à notre disposition après une étude minutieuse du fonctionnement. D'ailleurs nous avons constaté que cette méthode expérimentale était aussi efficace que la méthode théorique.

Le projet a été très intéressant et très concret, je déplore seulement la contrainte temps qui nous a empêché de le terminer de façon définitive.

J'invite aussi les responsables de la régie des chemins de fer de favoriser des études de ce genre en apportant une aide matérielle pour que ces projets soient mieux réussis.

Je souhaite enfin de compte que ce projet soit reconduit l'année prochaine afin de finir les étapes restantes.

## REFERENCES

### Volumes

- R. DAMAYE - "Circuits de Logique" - Editions Radio  
4<sup>e</sup> Edition - 1976

Pages : 61 - 90 - 110 - 271

- R. RENUCCI - "Les Thyristors et les triacs" - Editions Techni-  
ques et Scientifiques Françaises - 3<sup>e</sup> Edition - 1975

Pages : 90 - 93

### REVUES

- ELECTRONIQUE APPLICATIONS

N°2 - Eté 1977 - Page 19

ENCYCLOPEDIE DES SCIENCES INDUSTRIELLES

QUILLET

Electricité - Electronique

Généralités

1973

Page : 493