

école polytechnique de thiés

PROJET DE FIN D'ETUDES

TITRE : SYSTEME ELECTROMECHANIQUE
DE DETERMINATION DU SENS
DE ROTATION D'UN ARBRE DE
MOTEUR.

Auteur Bocar SY

Génie Mécanique

Date MAI 80

Remerciements.

Je tiens à adresser mes sincères remerciements au professeur André Wolski, dont la constante disponibilité tout au long du projet a grandement aidé à mener à bien la présente étude.

J'associe également à ces remerciements les personnes dont les noms suivent :

- Monsieur Mario Davignon, qui n'a ménagé aucun effort pour le bon déroulement des expérimentations faites au labo d'électrotechnique
- Monsieur Bétrand pour la réalisation du disque avec deux fentes.

SOMMAIRE

L'étude qui sera faite dans ce projet, consiste à trouver un système électromécanique capable de déterminer le sens de rotation d'un arbre de moteur. C'est un projet qui s'adresse à un étudiant du génie mécanique.

Ainsi une fois que la solution sera vue dans toutes ces implications, une partie intitulée : étude mécanique nous permettra d'aborder l'étude de la réalisation et de donner un raffinement quand à la forme finale du système.

Par la suite, une partie du corps de l'étude sera relative à la logique séquentielle utilisant les principes de base de l'algèbre de Boole. Dans cette analyse séquentielle, la méthode utilisée est celle de HUFFMAN; elle s'appuie sur la théorie de minimisation des fonctions Booléennes utilisant les tables de KARNAUGH.

Elle nous permettra d'aboutir au schéma logique permettant de détecter le sens de rotation. Les circuits logiques seront exécutés à l'aide des portes logiques du type TTL (Transistor-transistor Logic).

Le choix de ce type de CI (circuits intégrés) est surtout dû au fait qu'il est disponible au laboratoire et pour un souci d'expérimentation de système nous avons préféré le choisir.

D'ailleurs, l'étude du système a abouti à une réalisation pratique conduante.

TABLE des MATIERES

	Pages
I Introduction	1
I.1 Définition du problème.	2
II Génération des solutions	3
2.1 Facteurs de pondération	4
2.2 Présentation des Solutions	5
2.3 Choix de la solution	9
III Etude détaillée de la solution choisie	11
3.1 Partie Mécanique	13
3.1.1 Dimensionnement du disque;	
3.1.2 choix du matériau du disque	13
3.1.3 Centre de gravité et moment d'inertie du disque	15
3.1.4 Résolution du problème de débalancement	16
3.1.5 Fixation du disque sur l'arbre du moteur	17
3.1.6 Réalisation des supports de photocellules	20
3.1.6.1 Conditions de Montage des photocellules	20
3.1.6.2 Présentation du Montage	21
3.1.7 Fixation du système sur le bâtis du moteur	30
3.1.7.1 Réduction des effets de bruits	30
IV Analyse Séquentielle	36
4.1 Séquence d'excitation des capteurs	36
4.2 Matrice Primitive des états	37.
4.2.1 Commentaire et explication de la matrice	37
4.2.2 Insertion des états transitoires	39
4.2.3 Position des cases "Interdites"	39

	Pages
4-2-4 Analyse des cases restantes	40
4.3 Recherche des superpositions de lignes	41
4-3-1 Règles pour la superposition	41
4-3-2 Interprétation du polygone de Fusion	42
4.4 Etablissement de la matrice contractée	42
<u>V</u> Dérivation de l'équation logique par les tables de KARNAUGH	
5.1 Organisation des variables secondaires	44
5.2 Matrice des excitations secondaires	45
5.3 Détermination de l'équation de sortie	45
5.4 Fonctions représentatives des variables secondaires X, Y	47
5.4.1 - Fonctions de la variable X	
5.4.2 Fonction de la variable Y	48
<u>VI</u> Réalisation des circuits à l'aide des portes NAND	50
6.1 Circuit de l'équation de sortie (S)	50
6.2 Equation de X	51
6.3 Equation de Y	52
6.4 Types et Numéros de séries des portes utilisées	52
<u>VII</u> Analyse et Normalisation des Signaux à la sortie des Photocellules	54.
7-1 Forme des signaux	
7.2 Trigger de Schmitt.	54.
7.3 Conditions d'opération des trigger	55
7.4 Alimentation des CI	55
7.5 Schéma du trigger	55

	Pages	
7.6	Description du fonctionnement du Trigger	56
7.7	Calcul du trigger	57
7.8	Calcul du diviseur de tension	61
7.9	Circuit d'affichage.	63
<u>VIII</u>	Généralités sur les systèmes séquentiels	65
8.1	Structure des systèmes séquentiels	65
8.2	Définitions des systèmes séquentiels	
8.3	Classification	67
8.4	Nature des chaînes de Réaction	67
<u>IX</u>	Etude des SYSTEMES séquentiels par la Méthode de Huffman.	69
9.1	Principe de la méthode.	69
<u>X</u>	Conclusions et discussions.	72. 74.
	Bibliographie.	

I - INTRODUCTION

Il est nécessaire de situer le contexte dans lequel s'insera la présente étude. À ce niveau la question qui s'impose est de savoir : quelles sont les motivations ou raison d'un tel sujet ? on peut également se demander que pouvons-nous espérer comme résultat ou acquisition ?

Précisons une fois de plus qu'il s'agit d'un sujet proposé pour projet de fin d'études. Ce projet entre ainsi dans le cadre de la formation de l'ingénieur mécanicien.

Rappelons toute fois que dans le processus global de l'évolution des sciences et techniques tout ce qui n'est pas découvert par accident l'est par le design.

Donc, La restriction du problème dans un cadre pédagogique, n'en exclut pas le caractère de sujet de recherche tant soit peu l'usage qu'on escompte en tirer.

À ce niveau, en me référant à la nature des projets de fin d'études, on constate qu'une classification pourrait se faire selon :

- que le projet répond à un besoin purement pédagogique. Ce qui comme déjà précisé n'exclut pas la possibilité d'aboutir à un résultat applicable dans un domaine industriel ou de la vie quotidienne.
- que le projet a été proposé pour satisfaire ou résoudre un problème concret déjà existant.
- Ou encore selon que le projet s'inscrit dans le cadre de pure recherche, se basant sur les éléments d'une théorie embryon

naire.

Ce projet que nous allons aborder l'étude rentre sûrement dans la première catégorie.

1.1 Définition du Problème.

Il s'agit de trouver le montage électromécanique qui permettrait de déterminer le sens de rotation de l'arbre d'un moteur.

1.1.1 Détail du problème

La solution devra comprendre :

- 1° un système mécanique qui relié au dispositif électronique formerait un capteur de sens de rotation
- 2° une logique capable de fournir sur la sortie S_1 un signal 1 et sur la sortie S_2 un signal 0 si l'arbre tourne dans le sens correct; et un(1) sur S_2 et 0 sur S_1 pour la rotation dans le sens opposé
- 3° un circuit d'affichage.

Dés à présent nous allons nous intéresser aux principes de détection du sens de rotation.

II. GENERATION des SOLUTIONS

La seule donnée dont nous disposons est la nature du système que l'on veut réaliser c'est à dire un système électromécanique. Cependant de l'étimologie même de ce mot, il se dégage deux aspects fondamentaux de notre recherche de solution:

- un aspect mécanique
- un aspect électronique.

Nous pouvons dès à présent préciser les fonctions qui sont requises pour réaliser le fonctionnement de notre système.

En effet le sens de rotation d'un quelconque organe de moteur est une convention, constatée visuellement et codée "sens directe" ou "sens indirecte"

Sur le plan de la manifestation physique d'une rotation dans un sens ou dans l'autre, une différentiation pourrait se faire en s'appuyant sur:

- le changement de sens des forces résultantes sur un objet en rotation. Il s'agira alors de constater à tout instant le sens de ces forces en les faisant agir sur un élément mécanique (un contacteur par exemple).
 - sur les propriétés des flux électromagnétiques induits; en effet le flux induit constitue un champ électromagnétique tournant dans un sens ou l'autre selon le sens de rotation des éléments inducteurs.
- Cependant une alternative moins évidente et qui serait

basée sur la génération d'impulsion à partir des capteurs photoélectriques.

L'idée de cette méthode de détection se résume comme suit:

- Les récepteurs physiques de lumière, sont des appareils capables d'indiquer par une manifestation observable qu'ils reçoivent de la lumière ou un rayonnement de même nature que la lumière.

Cette manifestation de la réception d'énergie lumineuse se caractérise par l'apparition d'un courant électrique (faible) au borne du capteur. Ce dernier est généralement un semi-conducteur.

Ainsi en faisant passer répétitivement un objet opaque entre la source lumineuse et le capteur; on génère ainsi une série d'impulsions électriques.

C'est à partir de ces dernières remarques que sera basée la recherche des solutions.

2.1 Facteurs de Ponderation

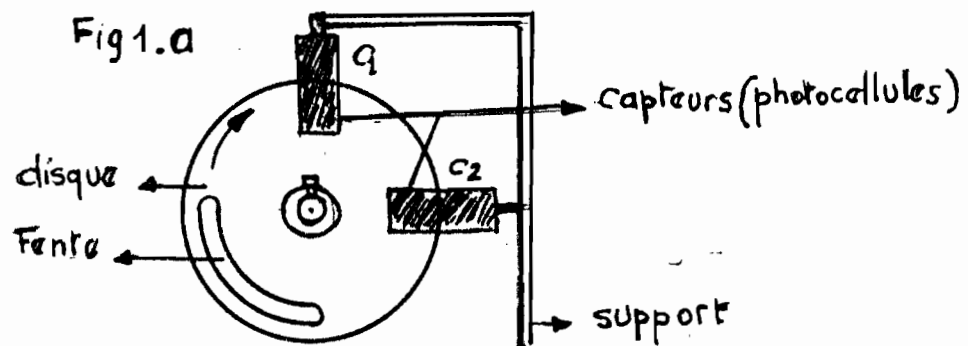
Ces facteurs consistent en des considérations techniques, financières, humaines sur le système que l'on envisage réaliser. Ce sont :

- La sécurité : La mise en opération du système ne doit pas être une source de danger pour l'opérateur.
- L'efficacité : Les délais de temps de réponse doivent être convenables. Ils ne doivent surtout pas altérer des conditions de fonctionnement du moteur lui-même.
- Encombrement : Le système ne doit pas être lourd, doit être portable. Montage et démontage aisés.

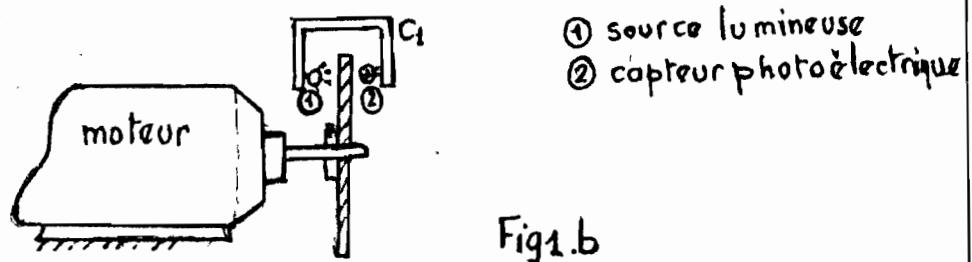
- Versatilité; Le système doit être utilisable pour la détermination du sens de rotation quelque soit le type de moteur.
 - Coût : Le coût doit être optimum. Dans ce cas-ci il doit être minimum.
 - Manipulation et mode d'emploi aisés.
- Tout au long de l'étude nous tenterons de nous conformer à ces présentes spécifications.

2.2 Présentation des solutions

2.2.1 Un disque muni d'une fente et deux photocellules.



Deux photocellules sont placées à 90° l'une de l'autre au tour d'un disque. Ce disque est percé d'une fente. Il est fixé à l'arbre du moteur dont on désire connaître le sens de rotation.



Lorsque le disque tourne et à chaque passage de la fente vis à vis de source lumineuse, le capteur recevant la lumière est le siège d'un courant électrique. Ce courant est récupérable

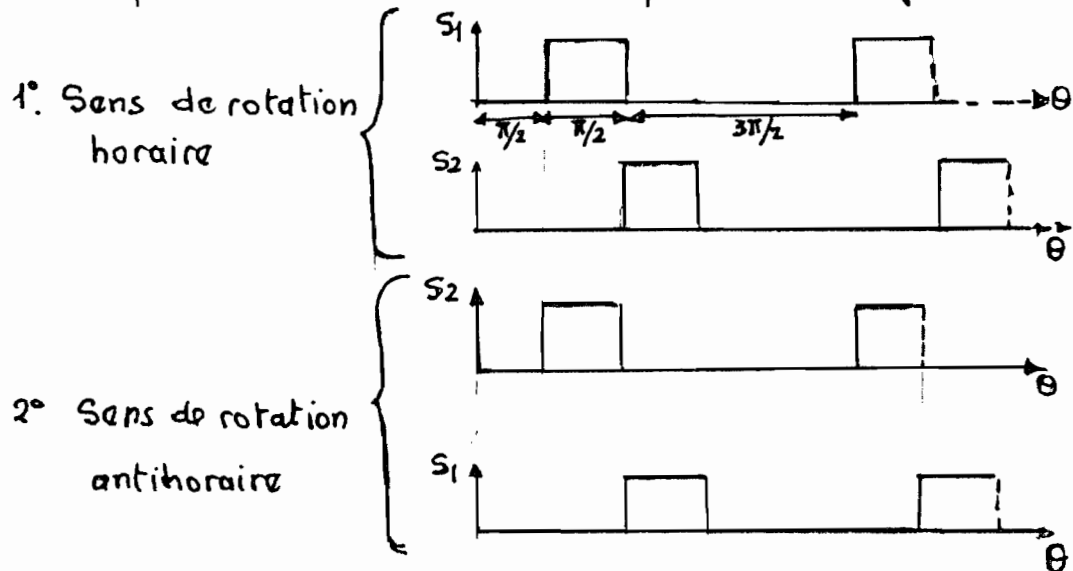
sous forme d'une impulsion électrique. Les paramètres de cette impulsion sont fonction des propriétés de la lumière et de la nature des capteurs et de la longueur de la fente. toute fois nous verrons par la suite les détails sur la forme des signaux.

Supposons maintenant que le disque (donc l'arbre) tourne dans le sens horaire à partir de la position montrée à la fig 1, nous aurons les événements suivants :

- Au départ aucune des photocellules n'est illuminée, d'où aucun signal ne sera vu aux bornes des capteurs C_1 et C_2
- le disque continuant à tourner, la fente vient au premier lieu vis à vis de la photocellule C_1 d'où apparition d'un signal électrique à la sortie S_1 de C_1
- quelques instants après alors que C_1 est toujours excité, la fente vient également vis du capteur C_2 qui à son tour envoie un signal à sa sortie S_2
- Puis la fente quitte l'axe d'éclairage de S_1 et seul S_2 est encore excité
- Finalement la fente quitte C_2 et à nouveau aucune des sorties S_1 et S_2 ne sont excitées et la succession des événements est revenue à son état initial.

Si maintenant à partir de la même position montrée à la fig 1, le disque tourne dans le sens antihoraire, nous aurons la même succession d'événements à la différence que dans ce cas-ci, c'est le capteur C_2 qui reçoit le premier l'impulsion et C_1 la reçoit le deuxième. Contrairement à la première séquence.

Ainsi grâce à l'ordre de réception des signaux, nous avons une possibilité de différencier et identifier le sens de rotation. Nous représentons ci-dessous les séquences des signaux :

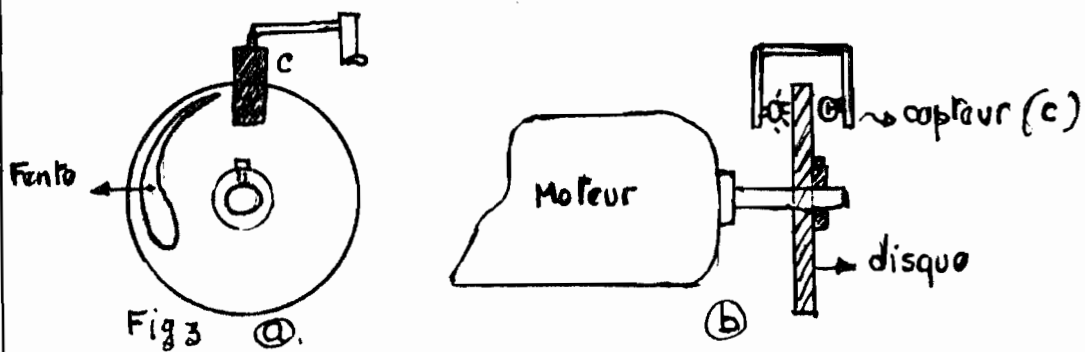


Cette représentation est faite en supposant que la position initiale est à chaque fois celle indiquée à la figure. 1

Il s'agira pour cette solution de réaliser le montage convenable pour les photocellules et le disque.

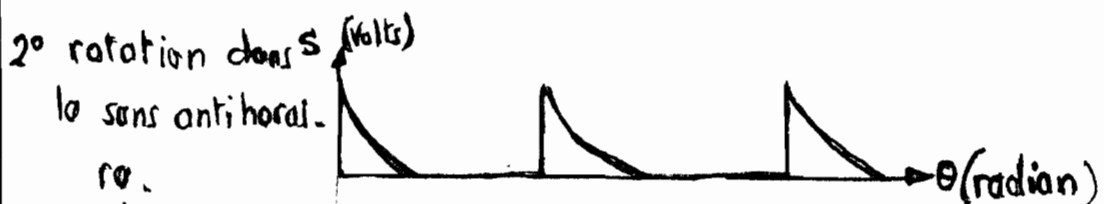
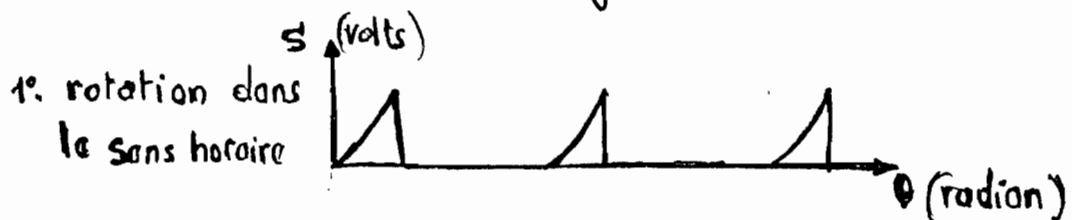
Par la suite déterminer un moyen d'interprétation logique des séquences. Nous verrons dans la suite.

2.2.2 Disque muni d'une fente de Géométrie variable et une photocellule.



Nous devons énoncé le principe que l'intensité du courant électrique émis par un élément photoélectrique est fonction de la nature de la lumière mais également de l'intensité lumineuse. En particulier le courant électrique émis est d'autant plus fort que l'intensité de la lumière est grande.

Ainsi en se référant à la fig 3.a., lorsque le disque tourne dans le sens horaire, la fente augmente de largeur en passant au niveau de la photocellule. Ce qui induit un courant électrique dont l'intensité croît. Lorsque le sens de rotation change, le courant à la sortie du capteur est au contraire une impulsion décroissante. Nous avons donc un moyen d'identifier le sens de rotation. Le problème résidera dans la recherche d'une logique capable d'interpréter et de différencier les deux types d'impulsion. Si nous faisons une représentation de la forme des signaux nous aurons les deux graphes ci-dessous :



L'allure de la montée ou de la descente de l'impulsion dépend de la relation entre l'intensité lumineuse et l'intensité ou ddp du signal électrique résultant.

D'ailleurs si la photocellule est polarisée à la saturation, le courant photoélectrique engendré est proportionnel à l'intensité du flux lumineux reçu. Nous aurons de plus amples détails sur les caractéristiques de l'émission photoélectrique dans les chapitres à venir.

Toute fois pour cette deuxième solution, il existe une autre difficulté qui est la réalisation de la fente à géométrie variable. Un palliatif à cette difficulté et qui n'en constitue pas moins une difficulté consiste à recouvrir une fente uniforme d'un papier dont la transparence est variable.

2.3 Choix de la solution.

À ce stade il n'est pas du tout aisé de procéder à un choix parmi les deux solutions. Car aucune d'entre elles n'a été analysée suffisamment pour permettre d'entrevoir les moindres implications de chaque solution.

Cependant à la lumière des critères de pondération établis plus haut, nous pouvons dégager les éléments de comparaison suivants :

- Aucun des deux systèmes ne présente un risque de danger ou d'insécurité pour l'opérateur.
- Au niveau de l'efficacité, la première solution est plus viable car l'utilisation des éléments de logique

séquentielle (portes logiques) présente une bonne fiabilité. Car l'élimination des effets de bruit au niveau des impulsions carrées est plus aisée. La régularité de l'intensité lumineuse est plus facilement contrôlable pour cette première approche.

Pour ces différentes raisons et pour éviter la complexité inhérente à l'interprétation des signaux triangulaires, nous avons choisi la première solution. Celle-ci étant ainsi retenue fera l'objet de toute la suite de l'étude.

ETUDE DETAILLEE DE LA SOLUTION

ADOPTEE

Cette étude se fera en trois étapes:

- La première sera consacrée à une analyse sur la réalisation du point de vue mécanique du système.
- Une deuxième partie sera consacrée à une analyse des signaux à la sortie des capteurs. Cette deuxième étape qui est une étude des caractéristiques électriques et électroniques des impulsions est reliée à la partie mécanique citée ci-haut. En effet la forme et la variation des impulsions est en relation directe avec la forme et la disposition finale du disque des photocellules et de la fente.
- Enfin une troisième étape qui sera l'analyse séquentielle du problème.

Dés à présent nous pouvons rappeler brièvement la solution telle qu'elle a été perçue dans sa première ébauche :

En se référant au paragraphe 2.2.1, nous pouvons résumer la solution comme suit :

Un disque avec une fente est fixé au bout d'un arbre. Deux photocellules sont placées à 90° l'une de l'autre au tour de ce disque.

La seule spécification que nous faisons actuellement

concerne la longueur de la fente ; en effet celle-ci doit être suffisamment longue pour qu'à un instant donné de la séquence, un signal soit reçu à la fois par chacune des photocellules. Initialement ces dernières sont placées à 90° l'une de l'autre. Ce qui ne constitue pas encore une contrainte.

3.1 PARTIE MECANIQUE

3.1.1 Dimensionnement du disque.

Limitations

Nous allons considérer les effets mécanique qui pourraient être engendrés par la fixation du disque sur le bout d'arbre d'un moteur:

- Le disque à cause de son poids, implique une force verticale dirigée vers le bas appliquée au bout d'arbre. D'où donc une nécessité de minimiser le poids du disque
- Du fait de la fente (matière enlevée), le centre de gravité du disque se trouve déplacé par rapport au centre de ce dernier. Lorsque l'ensemble sera en rotation des effets de déséquilibre peuvent être générés: un problème à résoudre.

3.1.2 Dimensions et choix du matériau.

Pour une facilité d'usinage, surtout pour la réalisation de la fente et également pour un poids réduit du disque nous avons décidé de choisir l'aluminium comme matériau de base.

Cependant il est évident qu'un bon fini de surface de ce métal (fini qui est facilement obtenu), le rend très réfléchis

sante; ainsi cela peut constituer un inconvenient car pouvant être une source de bruit.

Le disque pour cette raison sera peint en noir. Ce qui évite les reflexions pouvant influencer les capteurs.

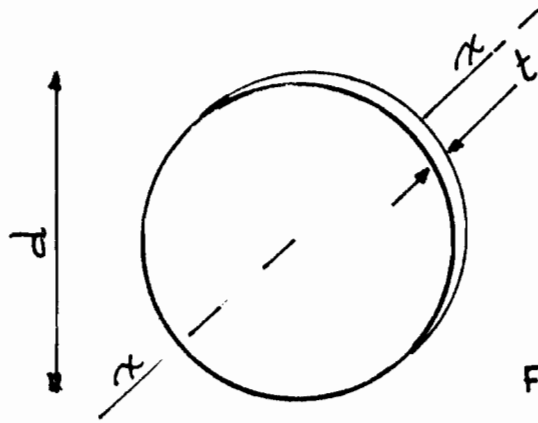


Fig 3-1

$$m = \frac{\pi d^2 t \rho}{4g}$$

où

I_x = moment d'inertie

m = masse du disque

t = épaisseur du disque

ρ = masse volume du métal

d = diamètre du disque

g = constante de gravité.

Pour le disque choisi dans l'étude les données sont:

$$t = 3 \text{ mm}$$

$$d = 160 \text{ mm}$$

$$\rho \text{ pour aluminium} = 2700 \text{ kg/m}^3$$

$$\Rightarrow m = 16,60 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \Rightarrow P = 1,60 \text{ N}$$

$$m = 0,166 \text{ kg}$$

En ce qui concerne le disque avec fente :

Nous pouvons déterminer la masse de matière enlevée par la réalisation de la fente.

Soit s la longueur de la fente.

$$S = R_m \theta \quad \text{où } R_m = \text{rayon moyen de la fente}$$

$$R_m = \frac{R_1 + R_2}{2} = \frac{58 + 70}{2} = 64 \text{ mm}$$

soit m_f la masse de la matière enlevée. La valeur approximative de m_f est donnée par

$$m_f = R_m \theta \times t (R_2 - R_1) \times \rho$$

$$m_f \approx 10 \text{ grammes}$$

3.1.3 Centre de gravité et moment d'inertie du disque avec fente.

le centre de gravité du disque sans fente est localisé au centre du disque. Si une quantité de matière correspondant à la masse de la fente est enlevée, le centre de gravité se déplace par rapport au centre du disque

Soient x_{CG} , y_{CG} les nouvelles coordonnées du centre de gravité nous aurons:

$$x_{CG} = \frac{x_1 A_1 - x_2 A_2}{A_1 - A_2}$$

$$y_{CG} = \frac{y_1 A_1 - y_2 A_2}{A_1 - A_2} \quad \text{où}$$

A_1 = Aire totale du disque sans fente

A_2 = Aire de la fente

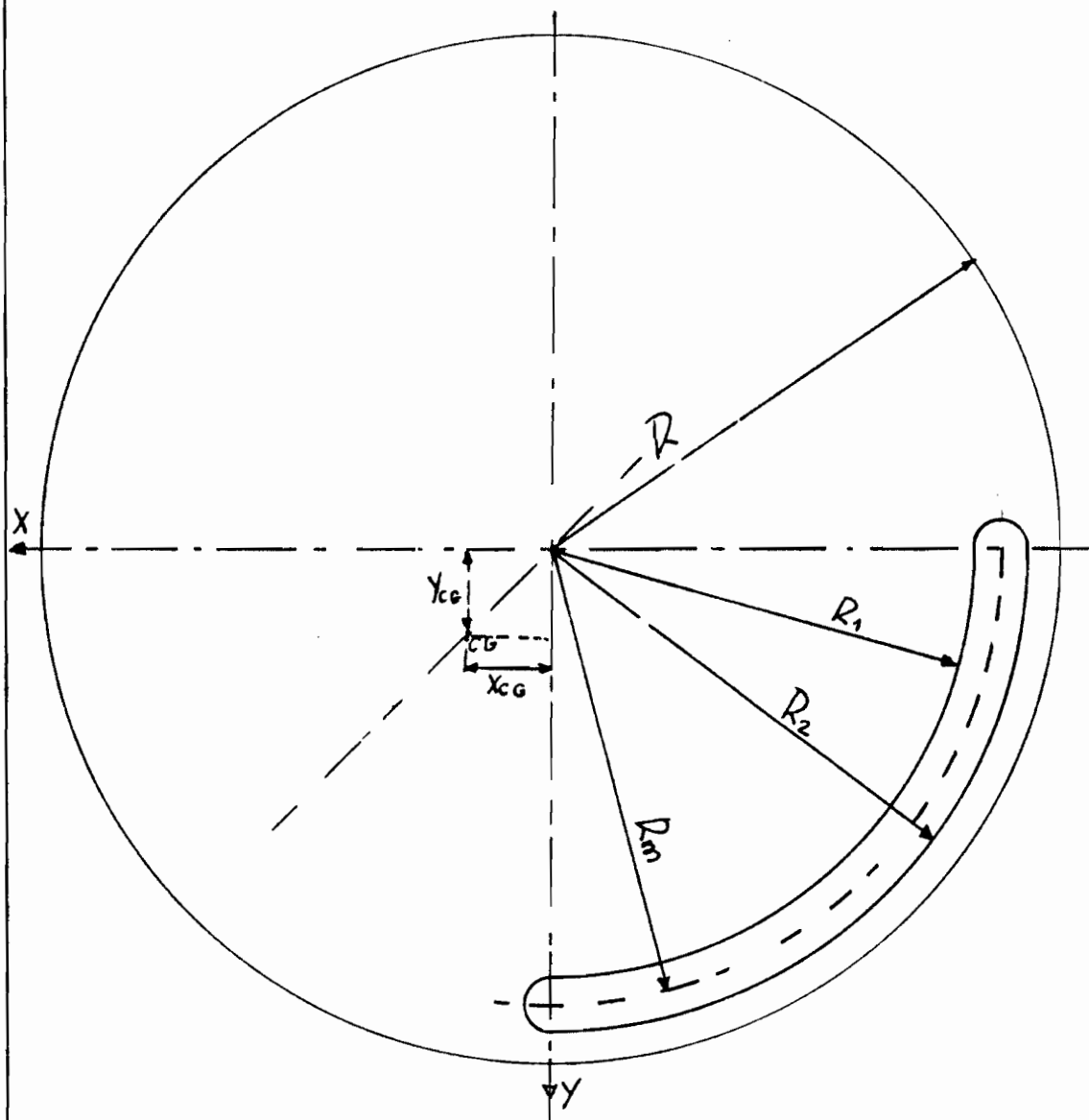
x_1, y_1 (coor données du centre de gravité du disque

sans fente) $(X_1, Y_1) \equiv (0, 0)$

le calcul basé sur les données de la figure ci-dessous
donnent :

$$X_{CG} = 2,5 \text{ mm}$$

$$Y_{CG} = 2,5 \text{ mm}$$



Nous voyons que le déplacement du centre de gravité est très faible.

Nous aurons
$$I_x = \frac{md^2}{8} = 5,12 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2.$$

3.1.4 Résolution du problème de déséquilibre.

Le déséquilibre au niveau d'un organe tournant provoque des vibrations. Or pour notre système qui sera équipé de capteurs photoélectriques, les vibrations entraînent un désarçement entre la source lumineuse et le capteur, d'où une source de bruit; ce qui est néfaste pour une bonne régularité des signaux.

Pour résoudre le problème nous allons faire une deuxième fente sur le disque. Cette fente sera placée symétriquement à par rapport à l'autre. Voir fig de la page

D'ailleurs vu le poids faible du disque, le déséquilibre ne présente pas un problème nécessitant l'évaluation du couple résistant induit par le disque.

Remarque :

L'introduction d'une nouvelle fente ou plus exactement la création d'une fente implique une nouvelle série d'impulsions au niveau des capteurs. Il est donc nécessaire de voir la séquence résultant de cette donnée additionnelle. Ce qui sera fait dans les chapitres suivants.

3.1.5 Fixation du disque sur l'arbre

Il s'agit d'une liaison mécanique qui consiste à éliminer la rotation du disque sur l'arbre. Cette liaison sera effectuée à l'aide d'une bague et une vis de pression.

La bague est fixée sur le disque soit par soudure soit par des vis (voir fig 3.3.a.b).

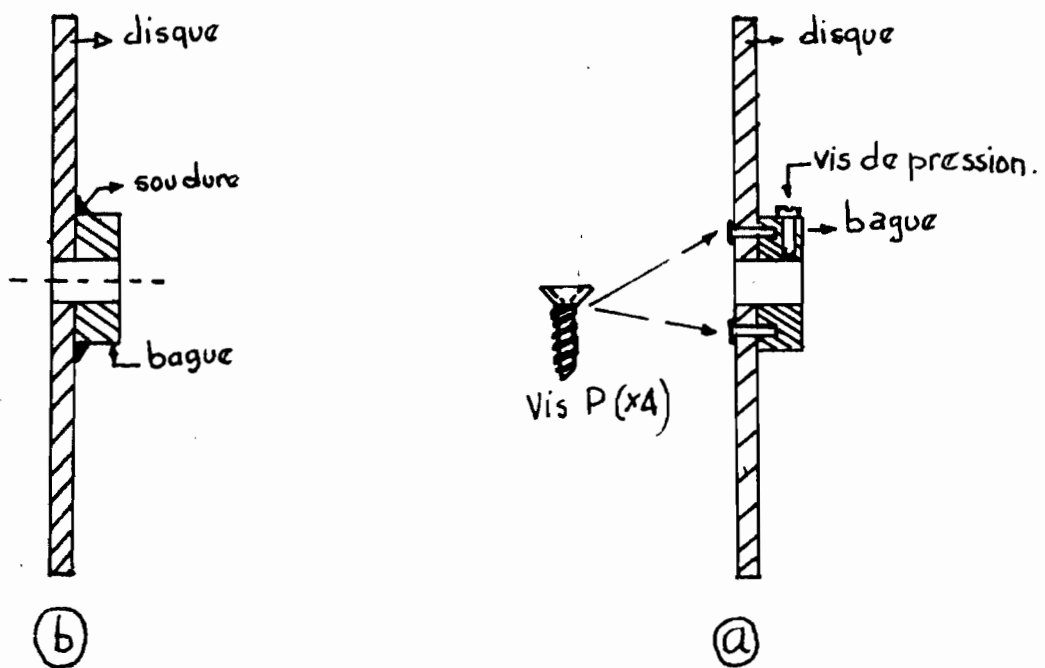


Fig. 3.3

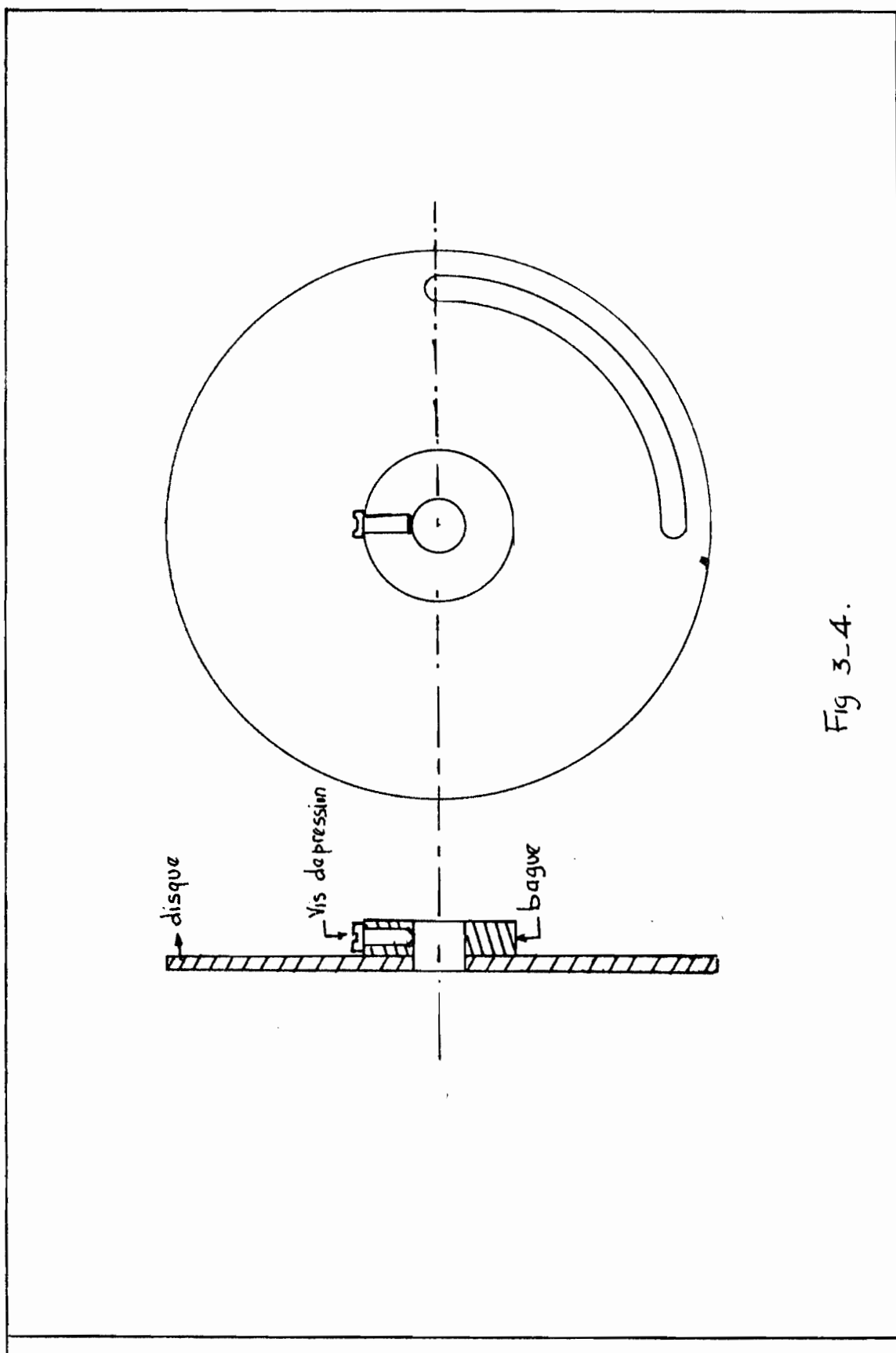


Fig 3-4.

3.1.6 Réalisation des supports des photocellules.

Une cellule photo-électrique est constituée de deux éléments :

- une source de lumière (ampoule)
- un élément semi-conducteur (photodiode, phototransistor...)

Ces deux éléments doivent être placés l'un vis à vis de l'autre ; l'un dans l'axe de l'autre.

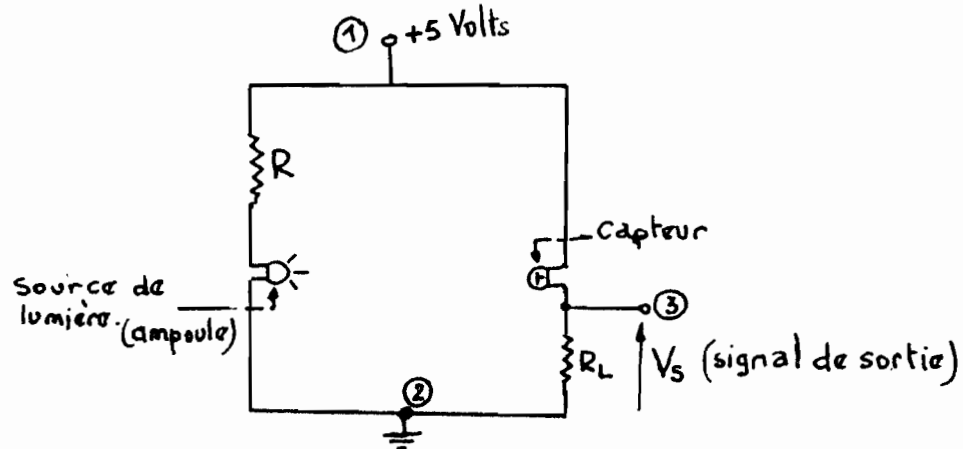
Les rayons lumineux doivent éclairer la phototransistor dans une direction parallèle à son axe -

En effet une légère variation de la direction d'incidence des rayons produits une variation du courant émis par la photocellule ; ce qui est un effet de bruit indésirable.

Donc une importance particulière sera accordée à la rigidité de la fixation. Celle-ci doit être faite en sorte que les vibrations au cours de la mise en opération du système, n'affectent pas ou ne se répercutent pas sur la photocellule.

3.1.6.1 Conditions de Montage des photocellules.

- Les deux éléments de la photocellule doivent être placés de part et d'autre de la fente.
- La distance entre les deux (source lumineuse et élément semi-conducteur) doit être minimale
- Les deux éléments seront reliés entre eux par des fils électriques suivant le circuit ci-dessous :



Selon ce schéma, trois points de prise sont désirés pour assurer l'alimentation et la sortie au niveau du système de captage; ces trois points sont ① ② ③; ce qui correspond à trois fils de jonction.

3.1.6.2 Présentation du montage.

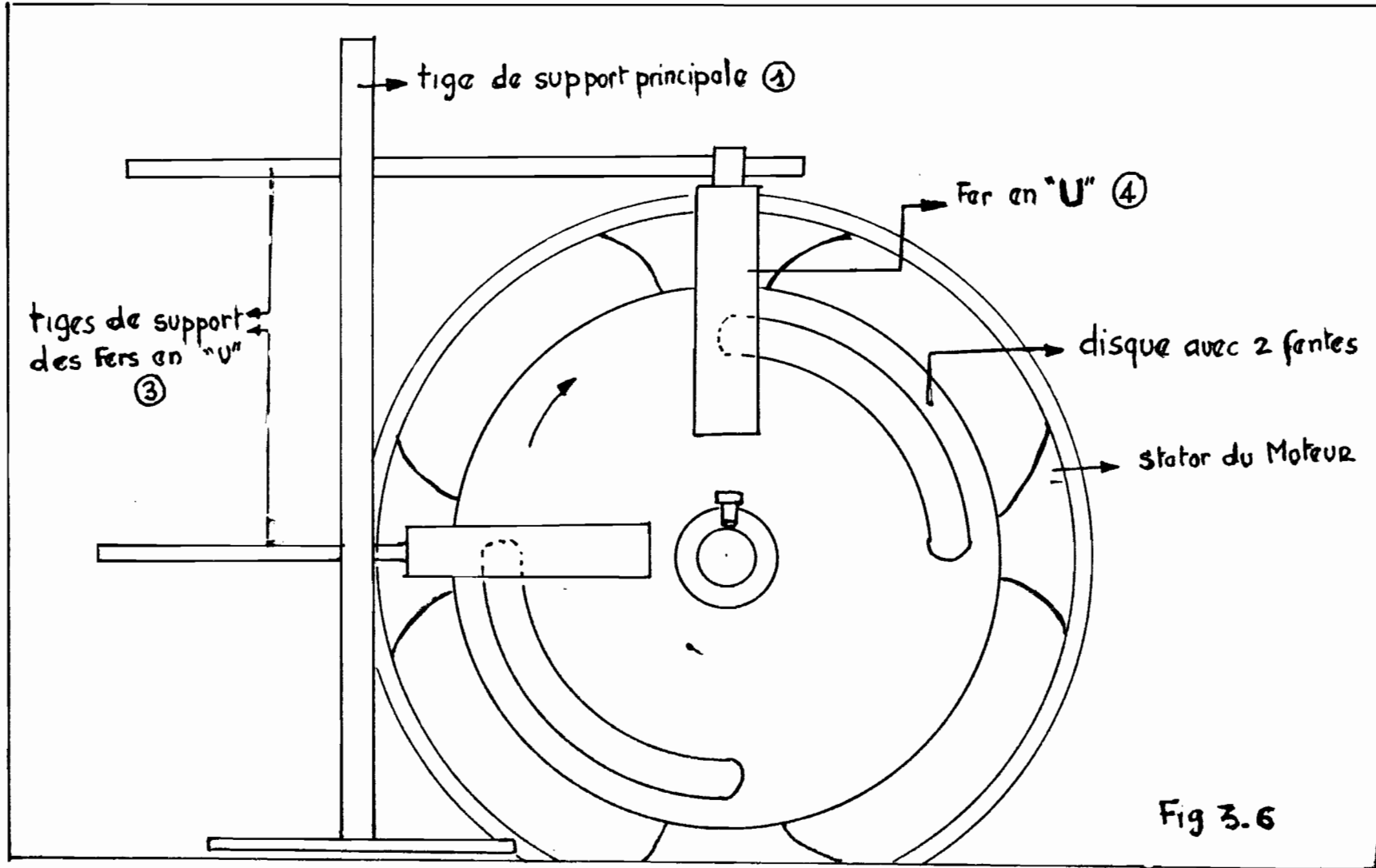
Les figures 3.6, 3.7 a. b montrent le montage conçu pour le système de captage des signaux.

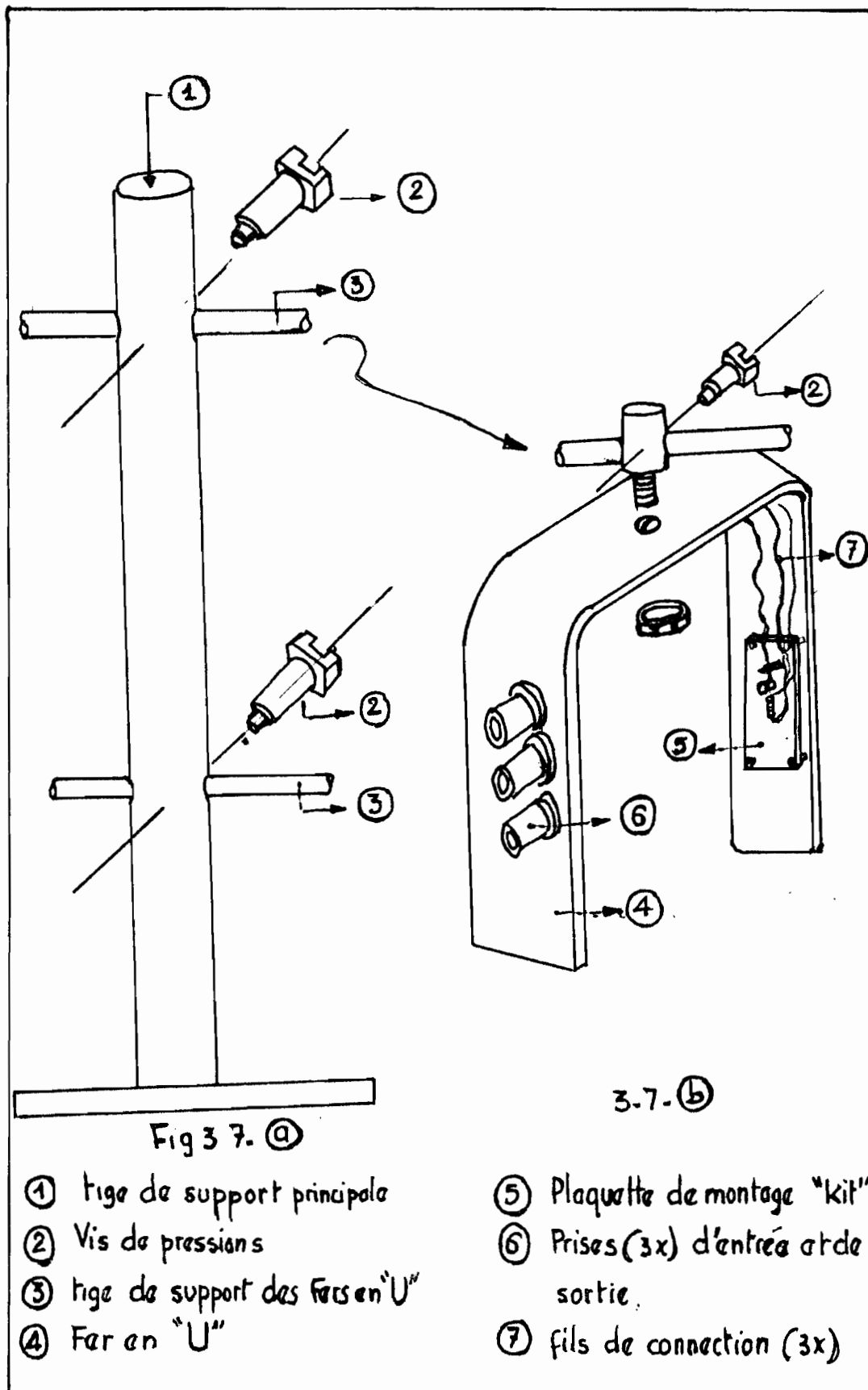
La description suivante, se référant aux figures 3.6 et 3.7 donne le rôle des différents éléments:

- la tige 1 supporte les deux tiges 3. Ces tiges 3, supportent les fers en "U". La tige 1 est liée aux tiges 3 par vis de pression.
- l'élément 4 supporté par les tiges 3 est un fer en "U"; il est placé de sorte que le disque passe entre ses deux branches. Sur l'une des branches, est fixé l'élément 5 sur lequel est montée la source lumineuse; sur l'autre branche est fixé un autre élément 5 qui porte le capteur (phototransistor).

les fils de connexion sont placés le long du corps du fer en forme de "U".

les trois prises (éléments 6 de la figure 3.7. b) permettent la connexion avec les circuits externes (alimentation et circuit logique)



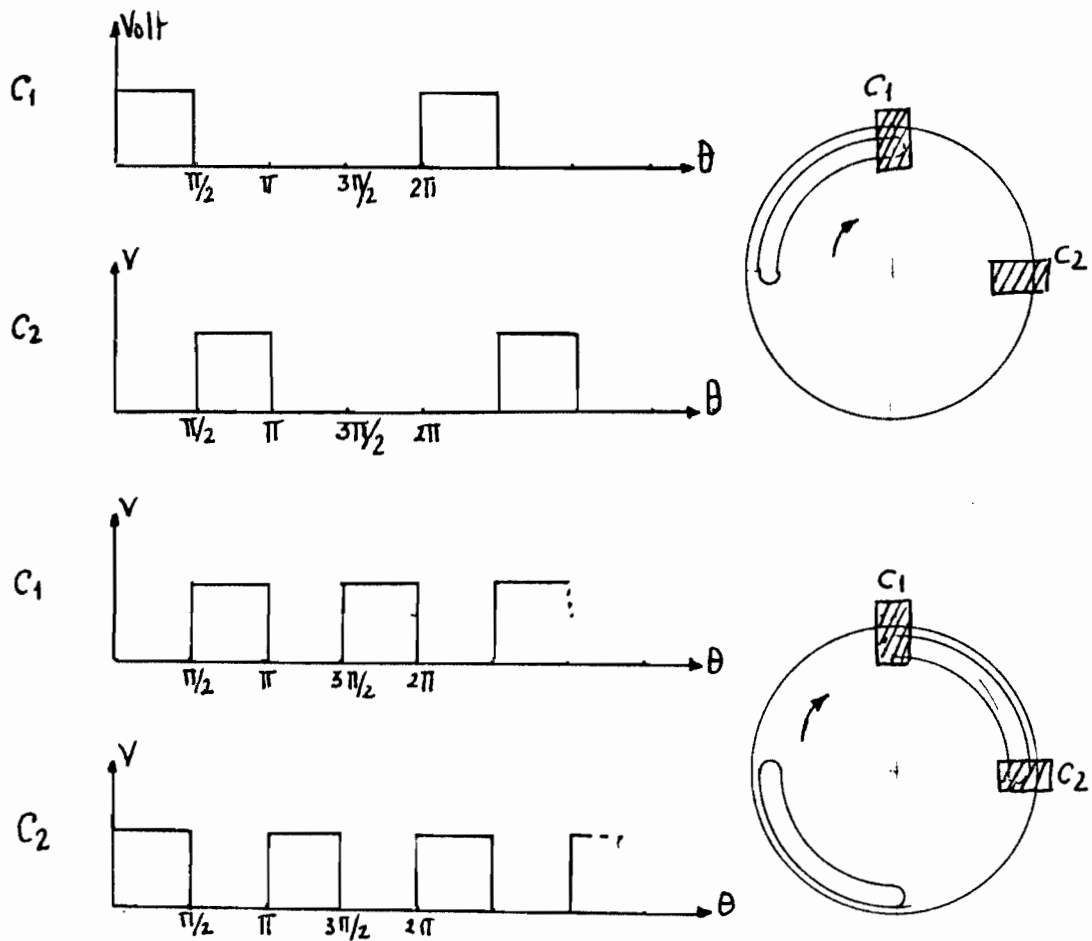


AMELIORATION DU SYSTEME

Après l'introduction de la deuxième fente (page 16), nous faisons la remarque que la solution en prévoyait initialement une seule. A présent, il est donc juste de voir l'apport de cette fente dans l'élaboration de la solution.

C'est à la lumière de cette modification et en considérant certains facteurs telle l'influence de la lumière parasite sur le système, que les améliorations seront faites.

Conséquence de la deuxième fente sur la séquence des impulsions.



En faisant une comparaison entre les séries d'impulsion dans le cas d'une fente et dans le cas avec deux fentes nous pouvons faire deux remarques :

1°/ Dans le cas avec deux fentes, la fréquence des impulsions à la sortie de chaque capteur se trouvera doubler par rapport à la fréquence dans le cas où nous avons seulement une fente.

2°/ Dans ce cas avec deux fentes et avec la disposition à 90° des capteurs, la situation où $c_1 = 0$ et $c_2 = 0$ n'existe plus.

Cette deuxième remarque nous porte à faire la modification suivante :

Modification sur la disposition des capteurs.

En vu d'obtenir dans la séquence la situation où c_1 et c_2 prennent ensemble l'état zéro (non excité) nous allons rapprocher les deux capteurs.

Limitations à ce rapprochement des capteurs.

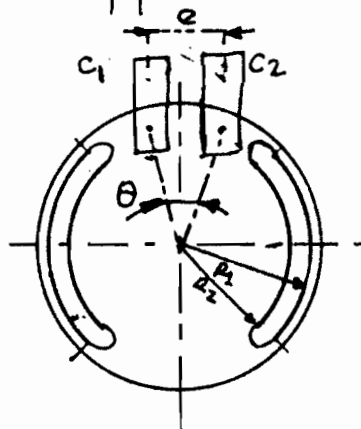
Afin de voir quelles sont les conséquences du rapprochement des capteurs nous allons supposer la situation suivante :

c_1 = capteur 1

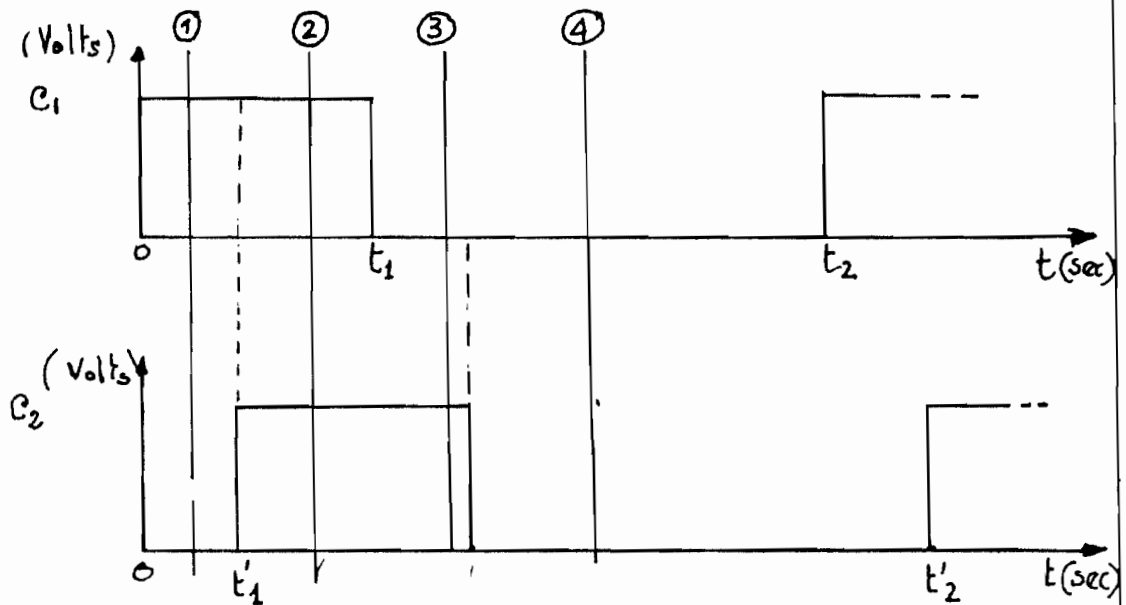
c_2 = capteur 2

θ = angle entre les axes des deux capteurs.

e = espacement entre les deux supports de capteurs.



Nous pouvons faire une représentation du signal en fonction du temps pour une vitesse de rotation donnée (ω rad/sec)



Cette représentation est faite en supposant un sens de rotation horaire et tel que au temps $t=0$ c_1 est excité.

Assignons la valeur 1 à la valeur maximum du voltage du signal. La séquence des impulsions sera décrite par les états suivants; 10 11 01 00 correspondant aux quatre points ① ② ③ ④ montrés sur la figure ci-haut.

L'influence du rapprochement des capteurs se manifeste par la valeur du temps (t'_1) de retard de c_2 par rapport à c_1 .

Pour que ce retard soit perçu par le circuit logique il faudrait que le temps de réponse des éléments des circuits intégrés soit plus petit que t'_1 .

$$\text{or } t'_1 = \frac{\theta(\text{rad})}{\omega(\text{rad/sec})} = \frac{\theta \cdot 60}{2\pi N} \quad \text{où } N (\text{tours/mn}).$$

Donc le retard (ou avant) dépend également de N .

Cependant le temps de réponse des CI est de l'ordre de 8 à 10 ns.

Nous avons

$$\theta = 2 \arcsin \frac{e}{2R_m} \quad \text{où } R_m = \frac{R_1 + R_2}{2}$$

R_m est le rayon moyen de la fente.

Dans notre cas $e = 4 \text{ cm} = 40 \text{ mm}$

$$R_m = 64 \text{ mm} \Rightarrow \theta = 36^\circ 25'$$

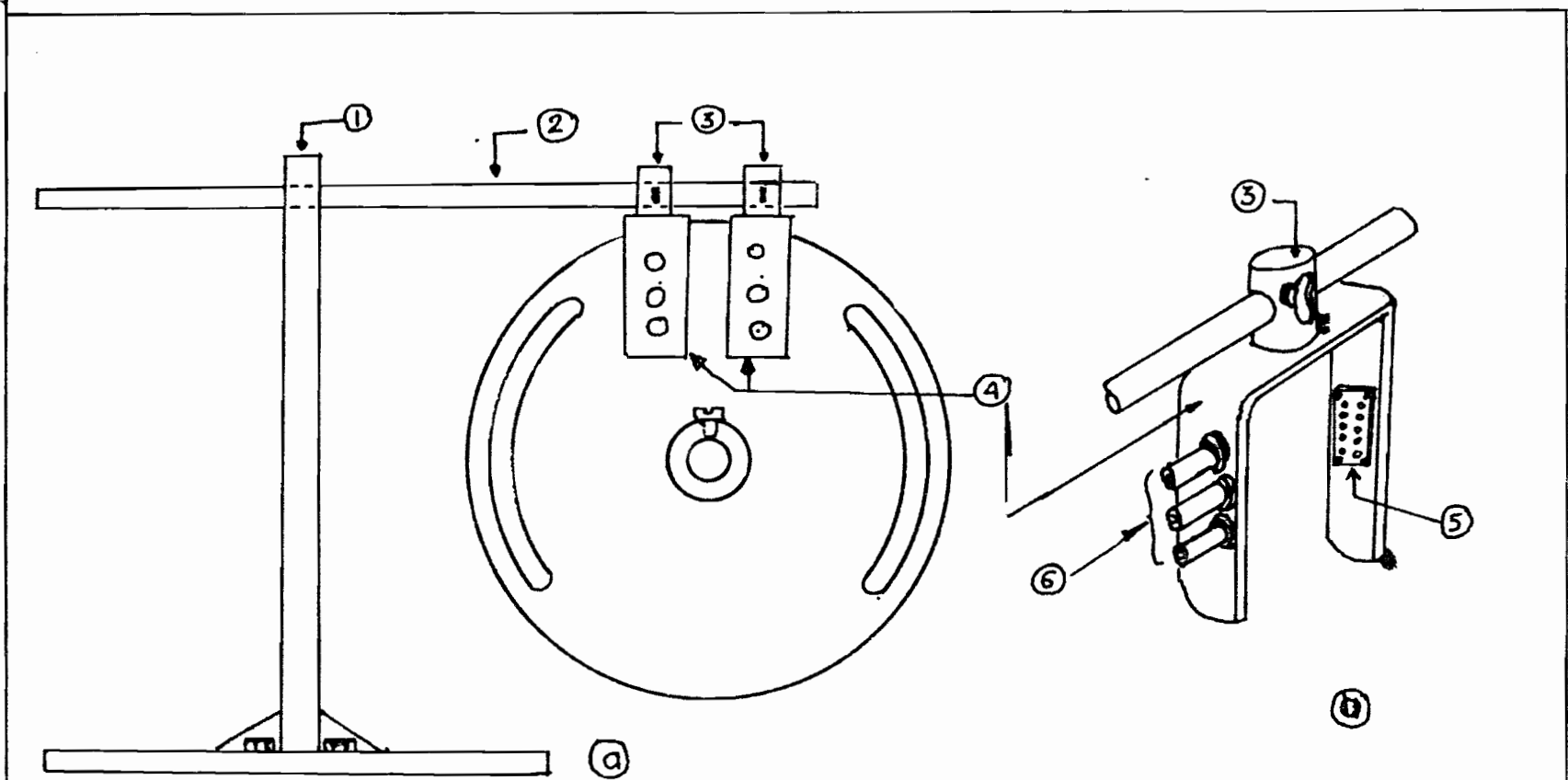
Par ailleurs la vitesse de rotation maximale utilisée pour l'expérimentation est de $N = 1500 \text{ tpm} \Rightarrow$

$$t'_1 = 0,24 \text{ sec.}$$

Cette valeur est beaucoup plus grande que le temps de réponse des CI. D'ailleurs il n'existe pas un moteur tournant à une vitesse rotation pouvant amener t'_1 à approcher le temps de réponse des CI.

Donc nous dirons que le rapprochement des capteurs n'a pas d'influence néfaste à la bonne marche du système.

Au contraire cette possibilité de rapprochement nous procure un moyen de réduire l'encombrement du système: d'où une amélioration du design de ce système (voir figure suivante).



- ① tige de support principale
- ② tige de support des element ④
- ③ element de liaison entre ② et ④
- ④ Fers en "U" support des capteurs

- ⑤ plaque de montage des photocellules (ampoule ou phototransistor, resistance)
- ⑥ prise d'alimentation et de sortie des capteurs

Figures 3-8-a-b

3.1.7 Fixation du système sur le bâtis du moteur

la figure 3-9 de la page suivante montre une fixation du système sur le bâtis du moteur. Cela constitue une autre amélioration surtout sur le plan de l'encombrement.

3.1.7.1 Réduction des effets de bruit

le bruit est toute lumière parasite pouvant influencer les photocellules. Or dans les montages précédents, les capteurs sont exposés à toute source lumineuse avoisinante.

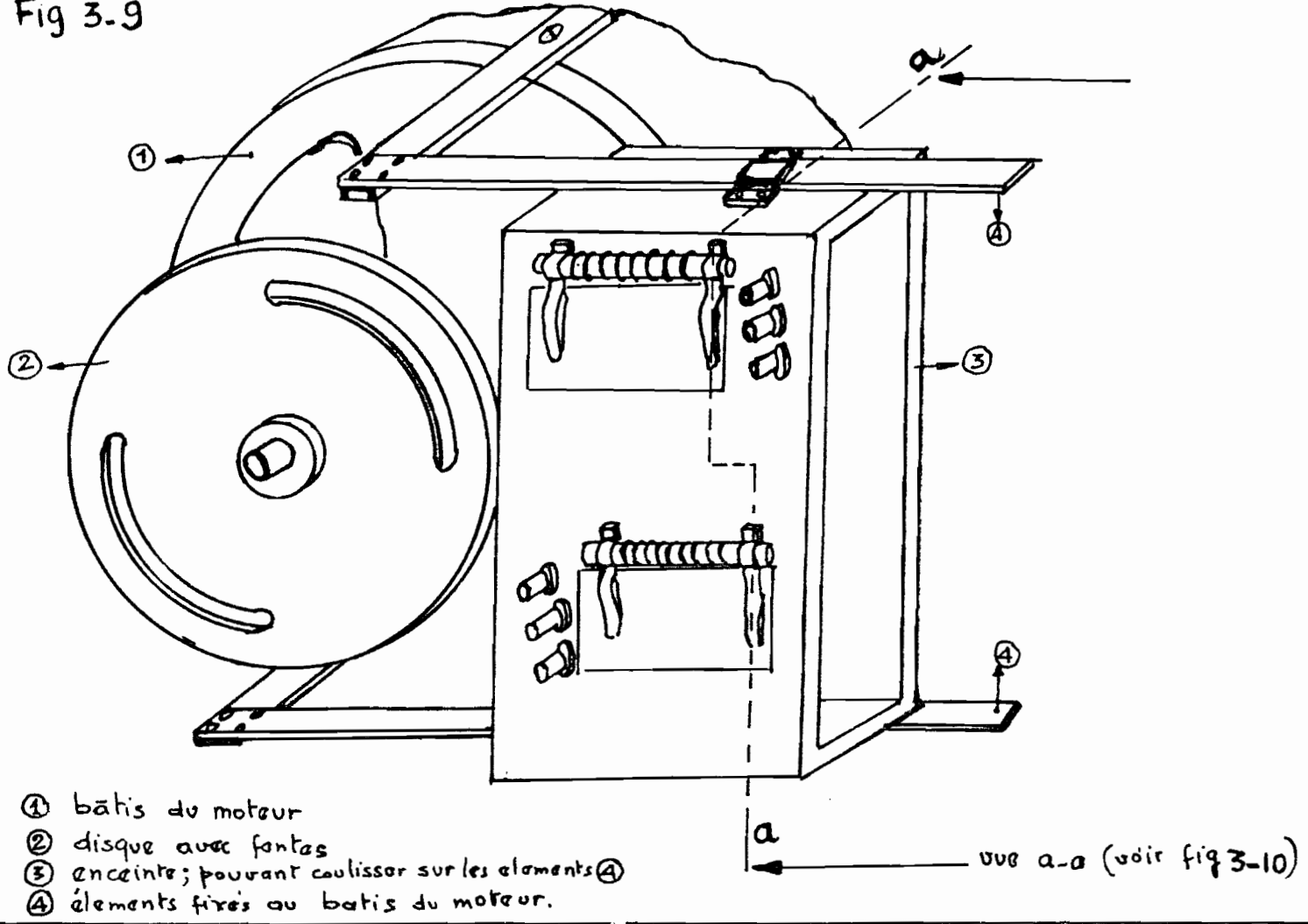
C'est pourquoi, nous avons prévu comme le montre la figure 3-9 une enceinte dans laquelle sont montées les cellules photoélectriques. Et pour permettre d'accéder à ces dernières, elles sont fixées sur des plaques qui peuvent être pivotées donnant ainsi une ouverture.

Les deux ampoules sont placées en quinconce, ceci pour éviter les influences mutuelles (voir coupe a-a fig 3-10).

Dimensionnement de l'enceinte.

Il est nécessaire de connaître la taille du moteur sur lequel les capteurs seront montés; en particulier le

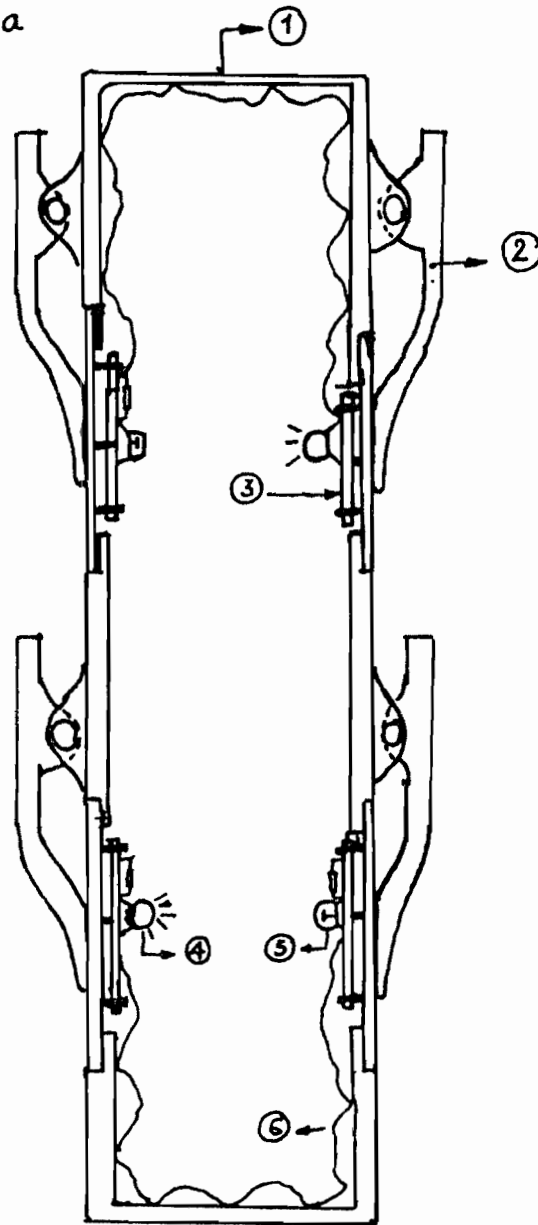
Fig 3.9



- ① bâtis du moteur
- ② disque avec fentes
- ③ enceinte; pouvant coulisser sur les éléments ④
- ④ éléments fixés au bâtis du moteur.

vue a-a (voir fig 3-10)

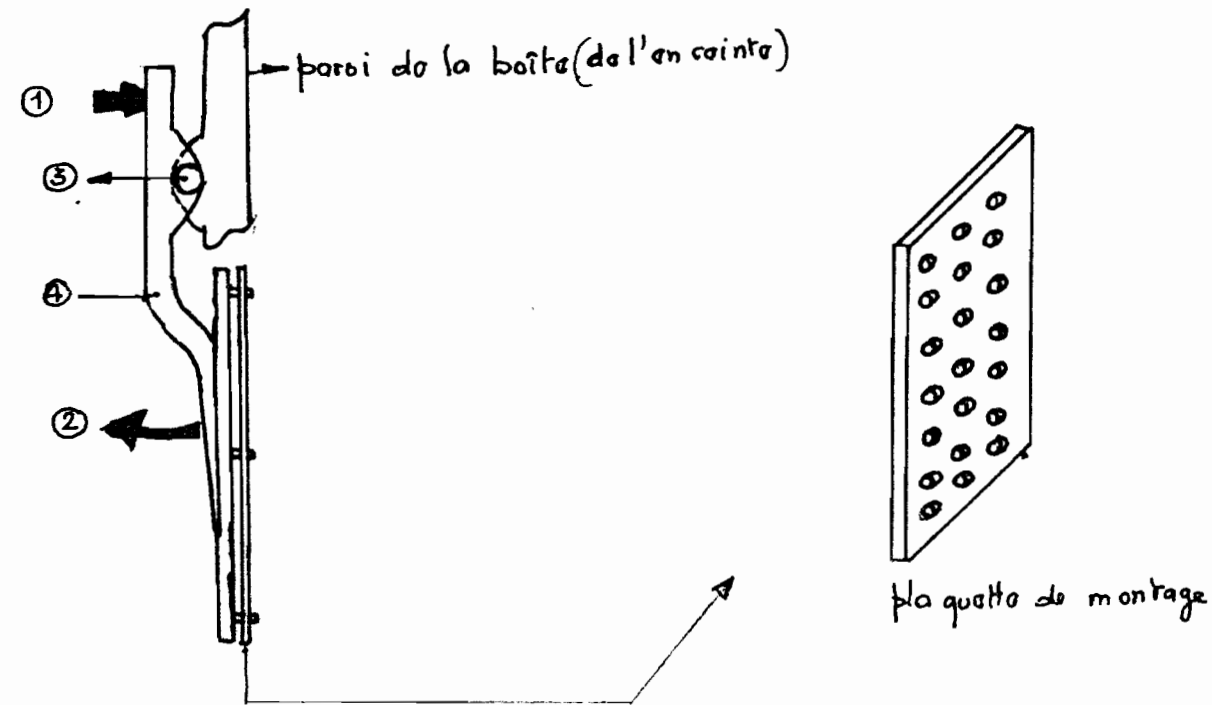
COUPE a-a



- ① enceinte
- ② élément pivotant à ressort (voir fig 3.11)
- ③ plaquette de montage
- ④ ampoule (2 ampoules)
- ⑤ capteur (phototransistor) (2 capteurs)
- ⑥ fils d'alimentation et de sorties.

Fig 3-10

Fig 3-11



En appuyant suivant la flèche ①, l'élément ④ effectue une rotation autour de son axe ③, engendrant une rotation suivant la flèche ② du support des capteurs, qui sont alors accessibles (pour une manipulation)

diamètre du bâtis.

En prenant comme exemple :

- diamètre du bâtis = 165 mm
- Angle entre l'axe des photocellules = $36^\circ = \theta$
voir figure suivante.

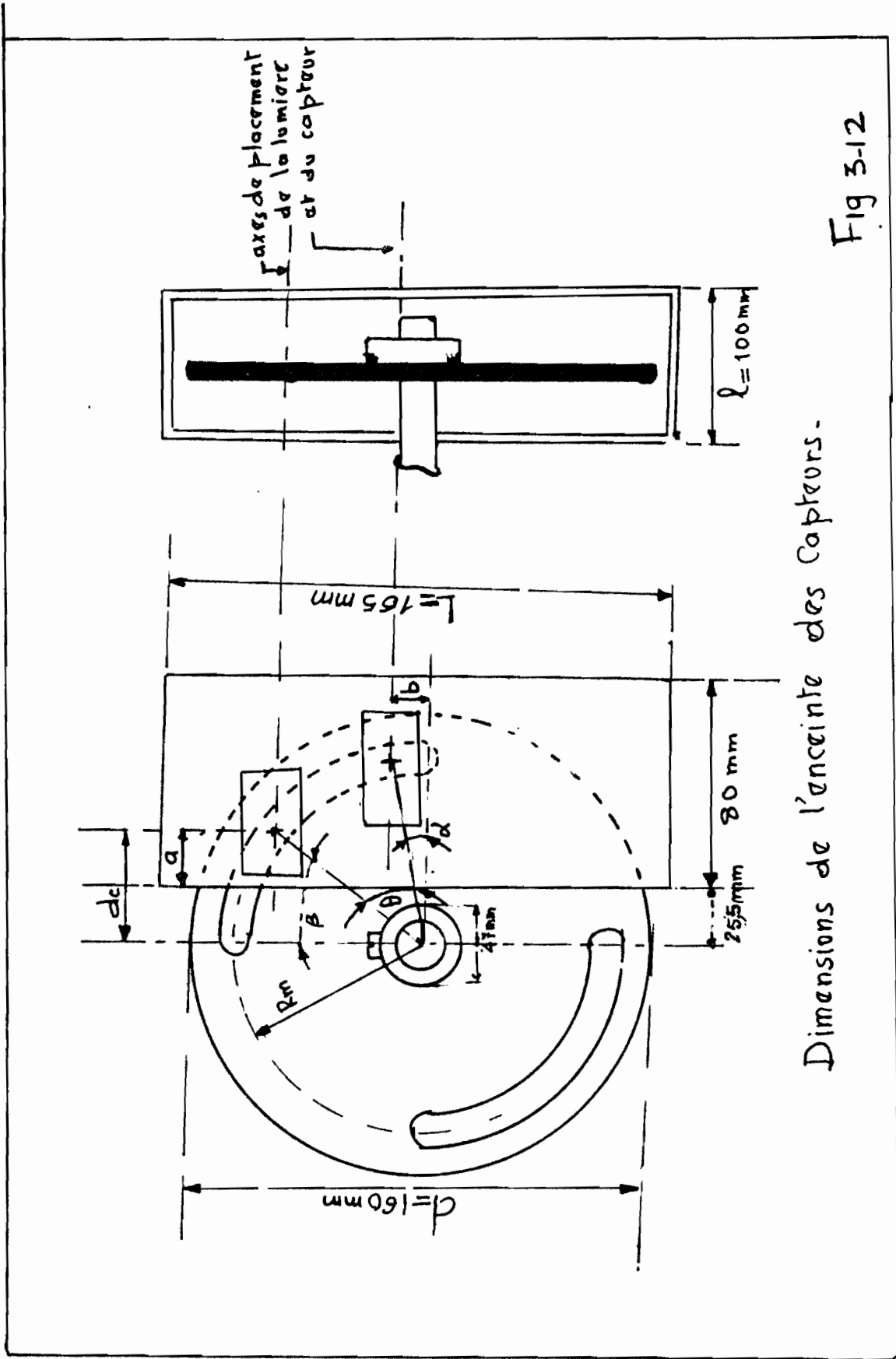
$$a = d_c - 25,5 \quad \text{où } d_c = R_m \sin \beta \quad R_m = 64 \text{ mm}$$

$$b = R_m \sin \alpha$$

dans notre cas on prend $\alpha = \beta = 27^\circ$

$$\Rightarrow \begin{cases} a = 29 \text{ mm} - 25,5 \text{ mm} = 3,5 \text{ mm} \\ b = 64 \times \sin 27^\circ = 29 \text{ mm} \end{cases}$$

Toutes ces valeurs réunies permettent une fixation convenable (conforme) des plaques de support des photocellules.



Dimensions de l'enceinte des capteurs.

Fig 3-12

IV. ANALYSE SEQUENTIELLE.

Nous avons deux variables primaires d'entrée ou d'excitation : C_1 et C_2 . D'où donc quatre combinaisons possibles :

$C_1 \equiv$ variable représentant l'état binaire du capteur 1

$C_2 \equiv$ variable représentant l'état binaire du capteur 2

Combinaisons possibles de $C_1 C_2$: 00. 01. 11. 10

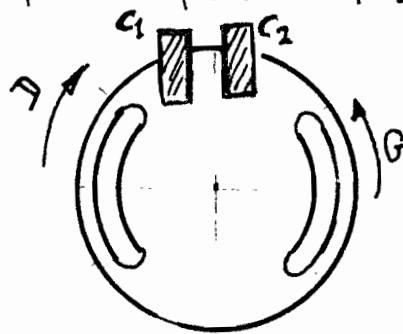
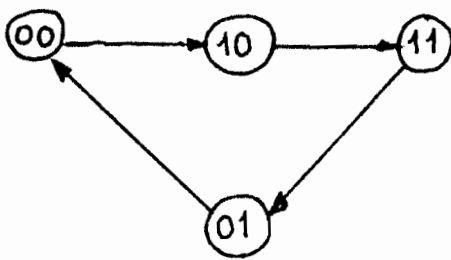
4.1 Séquence d'excitation des Capteurs

Definition : Une séquence est une succession bouclée d'états stables.

Exemple : Supposons que le moteur tourne dans le sens horaire (D) ; supposons la fente positionnée comme à la figure suivante, au démarrage.

Nous aurons dans ce cas la séquence :

00 - 10 - 11 - 00 (un couple correspond à $C_1 C_2$).



Cependant si à partir de la même position initiale, le moteur tourne dans le sens G, contraire au précédent alors la séquence sera 00 - 01 - 11 - 10 - 00, c'est à l'inverse de la séquence précédente.

le problème qui se pose dès lors est d'établir toutes les séquences possibles; car en réalité le moteur n'est pas toujours démarré à partir de la position initiale montrée à la figure précédente

4.2. Matrice Primitive des Etats

Ligne N° \ C ₁ C ₂	00	01	11	10
1	①			2
2			3	②
3		4	③	
4	5	④		
5		⑤	6	
6			⑥	7
7	8			⑦
8	⑧			

4.2.1 Commentaire et explication de la matrice.

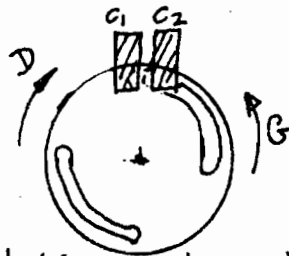
Il s'agit d'identifier tous les états stables possibles en assumant un sens de rotation donné; par exemple en supposant un sens horaire, on obtient la séquence ① - ② - ③ - ④ - ①.

Ensuite on considère le sens contraire en partant de

ou l'état 01 selon le sens de rotation.

La matrice suivante montre les cases interdites hachurées. Nous indiquons sur ce tableau l'état de la sortie. La sortie correspondant au sens D est l'état 1 et le sens $G=0$.

$C_1 C_2$ Ligne N°	00	01	11	10	Sortie	
1	①			2	1	D
2			3	②	1	
3		4	③		1	
4		④			1	
5		⑤	6		0	G
6			⑥	7	0	
7	8			⑦	0	
8	⑧				0	



Ainsi dans le tableau il est impossible de passer de l'état stable ① à l'état $f(11)$ sans passer par l'état transitoir 2 (dans le cas du sens D) ou par l'état transitoir correspondant à $f(01)$ dans (le cas du sens G), donc la case correspondant à l'état $f(1,1)$ est une case interdite sur la ligne de la matrice.

l'état 01 pour c_1c_2 ; la séquence sera alors ⑤-⑥-⑦-⑧.
Chaque état stable définit une ligne de la matrice.

Remarque :

Les états stables ① et ⑧ correspondent au même couple binaire 00, cependant leur différence du point de vue séquentielle vient du fait que pour l'état stable ① nous tendons vers l'état stable ② tandis que pour l'état stable ⑧ on tend vers ⑤. Donc ce sont les états transitoires (vers lesquels on tend après un état stable) qui vont différencier des situations telles que la précédente.

4.2.2 Insertion des états transitoires

① est un état stable après lequel on tend vers l'état stable ②, à l'intersection de la ligne ① et de la colonne de l'état stable ②, on inscrit l'état transitoire 2. Dans la table précédente l'état transitoire est représenté par un numéro non encadré. Tous les autres états transitoires se trouvent par la même procédure.

4.2.3 Position des cases Interdites.

L'analyse de ces cases se fait dans chaque ligne de la matrice à partir de l'état stable. Les cases interdites sont celles incompatibles avec la séquence suivie.

Ainsi par exemple, il est impossible de passer de l'état 00 à l'état 11 sans transiter soit par l'état 10

4-2-4. Analyse des Cases restantes.

Elles reçoivent des états transitoirs.

Ainsi nous allons voir la ligne 1 et colonne correspondant à 01: Si en partant de l'état stable ① et que l'on passe par l'état 01, on peut dire tout de suite que le moteur tourne dans le sens G et que dans la séquence nous devons décrire la séquence ①-⑤-⑥-⑦-⑧; donc la case correspondant à la combinaison 01 de la ligne 1 est l'état transitoir 5.

Le même raisonnement donne l'état transitoir 5 et 2 aux cases de la ligne 8 correspondant aux colonnes 01 et 10 respectivement.

Ligne No \ C ₁ C ₂	00	01	11	10	Sortie	CODE
1	①	5		2	1	D
2			3	②	1	D
3		4	③		1	D
4	1	④			1	D
5		⑤	6		0	G
6			⑥	7	0	G
7	8			⑦	0	G
8	⑧	5		2	0	G

4-3 Recherche des Superpositions de lignes

4.3.1 Règles pour la superposition.

Les lignes de la matrice primitive ne peuvent se superposer que si elles ont des états identiques.

- On peut superposer sur une même ligne un état stable ou transitoire de même numéro ou un état stable ou transitoire avec une case interdite (hachurée).

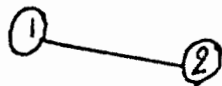
Obtention des superpositions par le polygone de fusion

On construit un polygone dont le nombre de sommet est égal au nombre d'état stable de la matrice précédente.

On joint les sommets correspondant à des numéros de ligne superposables selon les règles de superposition

Exemple :

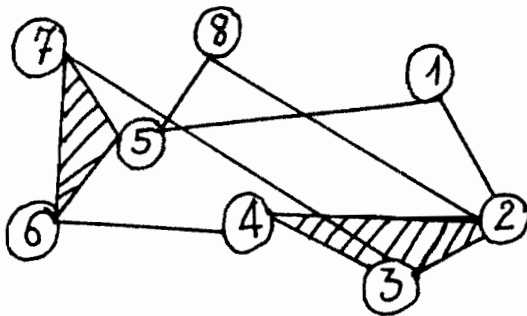
- lignes 1 et 2 : superposables \Rightarrow réunir les sommets ① et ②



- lignes 2 et 3 : superposables \Rightarrow réunir ② et ③
- etc ...



On obtient le polygone de FUSION suivant:



4-3-2 Interprétation du Polygone de Fusion

L'objectif de la contraction est la recherche d'une matrice contractée; dans cette dernière tous les états stables doivent figurer une seule fois. Ainsi une même ligne ne pourrait être superposée à deux à la fois.

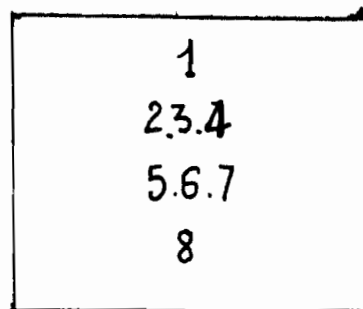
Chaque sommet du polygone ne doit donc être compris que dans un seul groupement de séquences.

Un ensemble de séquences fusionnables peut être constitué par:

- deux sommets du polygone qui sont joints par une ligne.
- un triangle qui réunit 3 sommets du polygone
- un quadrilatère qui réunit quatre sommets avec ses diagonales

Les états stables ou sommets du polygone de fusion doivent être choisis autant que possible en fonction d'un même état de sortie si l'on procède à leur fusion.

Groupements obtenus à partir du Polygone



⇒ une matrice à
4 lignes

4-4- Etablissement de la Matrice Contractée

La fusion des lignes doit se faire dans une matrice dite matrice contractée.

Règles de fusion des lignes

- Pour la fusion, l'état stable prend la priorité sur l'état transitoire de même repère et sur la case interdite
- l'état transitoire aussi est prioritaire sur une case interdite.

Matrice Contractée.

$Q_1 Q_2$	00	01	11	10	Sortie.	Sans
α 1	①	5		2	1	D
β 234	1	④	③	②	1	
γ 567	8	⑤	⑥	⑦	0	G
δ 8	⑧	5		2	0	

Le nombre de ligne de la matrice contractée détermine le nombre de variables secondaires. En effet :

- Une ligne : pas de variable secondaire. (circuit combinatoire)
- deux lignes : une variable secondaire de transfert
- trois lignes : deux variables secondaires de transfert.
- quatre lignes : deux variables secondaires de transfert
- de cinq à 8 lignes : trois variables.

Dans notre cas, l'obtention d'une matrice contractée à quatre lignes impose deux variables secondaires de transfert.

V. DERIVATION de l'EQUATION LOGIQUE Par les TABLES de KARNAUGH

Nous avons établi précédemment que deux variables secondaires sont nécessaires - Soient X, Y ces deux variables.

5-1 Organisation des variables secondaires.

Elle consiste à affecter à chaque ligne de la matrice contractée une combinaison des variables secondaires et on doit le faire de telle sorte que pour une transition spontanée (le long d'une colonne) d'un état instable à un état stable correspondant, cette transition respecte les conditions d'adjacence (changement d'une seule variable secondaire)

Ainsi pour la matrice contractée ci-dessus on a les transitions suivantes:

$$\begin{array}{l} 5 \rightarrow \textcircled{5} \quad \alpha - \delta \\ 5 \rightarrow \textcircled{5} \quad \delta - \delta \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} 5 \rightarrow \textcircled{5} \\ 5 \rightarrow \textcircled{5} \end{array}} \right\} \text{deuxième colonne}$$

$$\begin{array}{l} 1 \rightarrow \textcircled{1} \quad \beta - \alpha \\ 8 \rightarrow \textcircled{8} \quad \gamma - \delta \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} 1 \rightarrow \textcircled{1} \\ 8 \rightarrow \textcircled{8} \end{array}} \right\} \text{première colonne}$$

$$\begin{array}{l} 2 \rightarrow \textcircled{2} \quad \alpha - \beta \\ 2 \rightarrow \textcircled{2} \quad \delta - \beta \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} 2 \rightarrow \textcircled{2} \\ 2 \rightarrow \textcircled{2} \end{array}} \right\} \text{quatrième colonne}$$

Sans modifier la matrice contractée précédente, on peut affecter aux états $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ les valeurs des variables binaires (0 ou 1) affectées aux variables secondaires ainsi

$$\begin{array}{ll} \alpha = \bar{X}\bar{Y} = 00 & \gamma = XY = 11 \\ \beta = \bar{X}Y = 01 & \delta = X\bar{Y} = 10 \end{array}$$

5-2 Matrice des excitations Secondaires.

Il s'agit de reprendre la matrice contractée sous sa forme codée.

De cette table on va déduire la matrice des excitations secondaires qui donne les excitations secondaires y_j (ou états internes) en fonction des variables primaires et des variables secondaires X, Y .

Par la suite on place la valeur 1 dans chaque case représentant la combinaison des variables dont le résultat donne une valeur 1 à la fonction. Les cases interdites sont identifiées par ϕ .

$C_1 C_2$ XY	00	01	11	10
00	1	0	ϕ	1
01	1	1	1	1
11	0	0	0	0
10	0	0	ϕ	1

5-3. Détermination de l'équation de SORTIE
Soit S la fonction de sortie. En appliquant les principes de minimisation des fonctions booléennes à la table ci-haut, on déduit l'équation de la sortie. Au

paravent, on procède au groupe des 1.

Il faut se rappeler que la minimisation est accomplie en appliquant les principes du tableau de Karnaugh.

Le groupement par 1 est toujours identifier par une somme de produit.

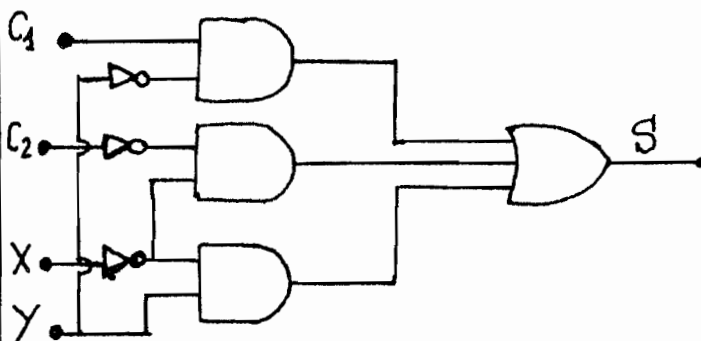
Remarquons que le tableau est "sphérique", donc les carrés à l'extrémité du tableau sont adjacents.

Nous avons trois groupements \Rightarrow trois produits

$$S = \bar{X}Y + \bar{X}\bar{C}_2 + \bar{Y}C_1$$

où XY sont les variables secondaires de transfert
 C_1, C_2 sont les variables primaires d'entrée.

On peut établir un circuit logique partiel pour S :



Ce diagramme partiel utilise les portes AND et OR et des inverseurs. Nous verrons comment on aboutit à l'utilisation des portes NAND et NOR par la transformation de l'équation en utilisant les théorèmes de l'algèbre de Boole.

5.4 Fonctions Représentatives des Variables Secondaires. X et Y

Il est évident que les variables secondaires sont des fonctions de c_1 et c_2 c'est à dire que

$$X = f(c_1, c_2, x, y)$$

$$Y = f(c_1, c_2, x, y)$$

Où x, y sont les variables internes représentant X et Y

5.4.1 Fonction de la variable X.

$X \backslash c_1 c_2$	00	01	11	10
00	0	1	\emptyset	0
01	0	0	0	0
11	1	1	1	1
10	1	1	\emptyset	0

Nous avons également trois groupements \Rightarrow une somme de trois produits. Dans ce tableau seule les valeurs prises par X déterminent les valeurs de la fonction à l'intérieur de la matrice.

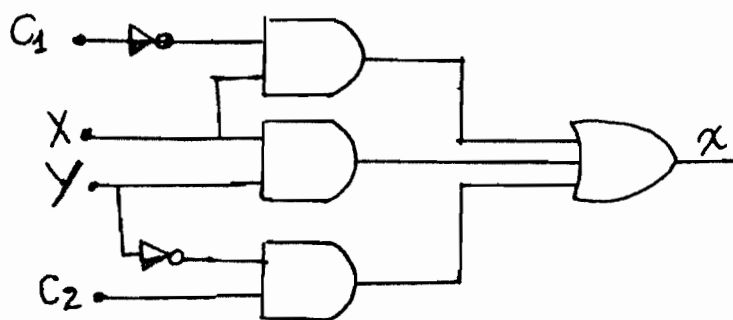
Le principe est que l'état stable (dans la matrice contractée) prend la valeur binaire de X et un état transitoire prend la valeur binaire de l'état stable vers la

quel on s'achemine.

L'équation dérivée de ce tableau est

$$x = XY + X\bar{C}_1 + \bar{Y}C_2$$

le diagramme logique correspondant à cette fonction est:



C'est un circuit partiel à base de portes OR et AND et des invertisseurs.

Remarque: Les valeurs x , X ou y , Y sont en réalité égales prisos deux à deux c'est à dire

$$x = X \quad \text{et} \quad y = Y$$

Ainsi dans le circuit ci-haut l'entrée X sera raccor-dée à la sortie x .

5-A,2 Fonction de la variable Y

On reprend la matrice contractée; cependant dans ce cas-ci c'est la valeur de Y qui détermine la valeur des états de cette table. Toute ~~état~~ état stable prend la valeur Y

correspondant à la ligne -

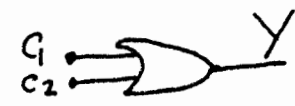
C_1C_2 XY	00	01	11	10
00	0	1	Φ	1
01	0	1	1	1
11	0	1	1	1
10	0	1	Φ	1

Nous avons deux groupement de 1, chacun regroupant 8 cases adjacentes. Nous une somme de deux produits :

Le groupement de gauche montre que XY peuvent prendre n'importe quelle valeur et la fonction gardera la même valeur si seulement C_2 est 1 (quelque soit C_1 également)

Le groupement de droite nous indique que la valeur prise par la fonction est indépendante de X et Y et que la valeur de la fonction reste inchangée si seulement $C_1 = 1$ quelque soit C_2 .

En combinant on déduit que :

$$Y = C_1 + C_2$$


VI REALISATION des CIRCUITS A L'AIDE

DES PORTES LOGIQUES NAND et NOR

La recherche de cette réalisation a été motivée par le fait que ces types de portes sont disponibles au Laboratoire d'électronique et d'autant plus que nous désirons expérimenter le système, il est dès lors intéressant de passer aux portes NAND & NOR.

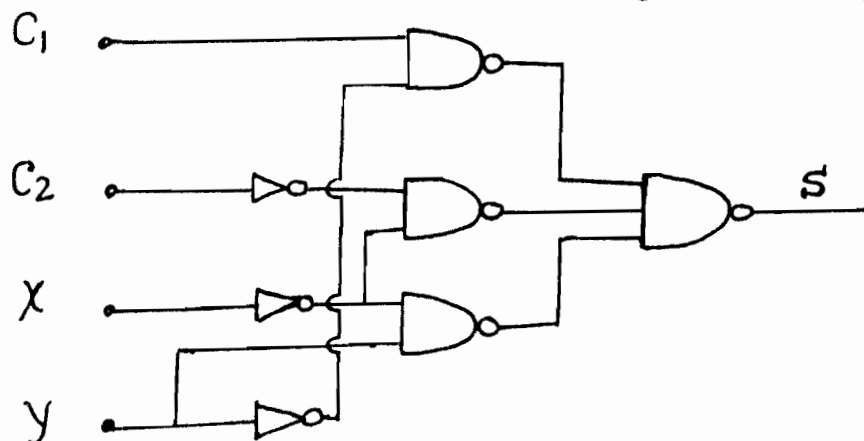
Il s'agit de procéder à une manipulation des équations de base (S, X, Y) en se servant des théorèmes de l'algèbre de Boole (théorème de Morgan principalement)

6.1 Equation de S

$$S = \bar{x}y + \bar{x}\bar{c}_2 + \bar{y}c_1 \quad \text{or}$$

$$S = \bar{\bar{S}} = \overline{\bar{x}y + \bar{x}\bar{c}_2 + \bar{y}c_1} = \overline{\bar{x}y} \cdot \overline{\bar{x}\bar{c}_2} \cdot \overline{\bar{y}c_1}$$

(loi de Morgan)



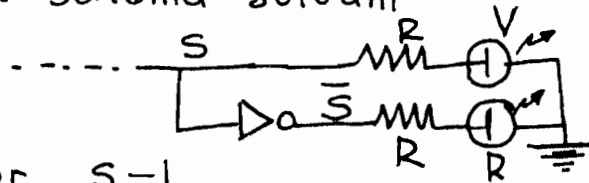
Remarque sur la sortie S.

La sortie S nous donne le sens de rotation ; selon que :

$S = 1$ sans D (horaire)

$S = 0$ sans G (antihoraire)

Il suffit d'utiliser un inverseur (donnant \bar{S}) suivant le schéma suivant



Ainsi, pour $S = 1$

le LED (light emitting Diode) vert (V) s'allume

pour $\bar{S} = 1$

le LED rouge s'allume

Chaque LED correspondra alors un sens de rotation donné

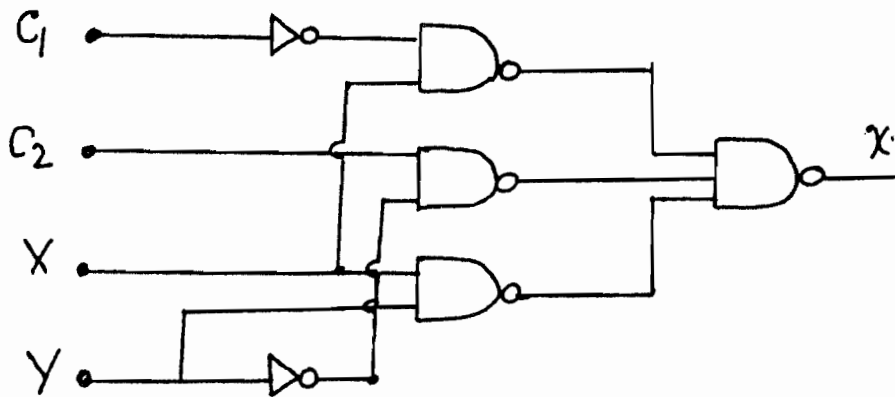
6.2 Equation de X

$$X = xy + x\bar{y} + \bar{y}c_2 \quad \text{or}$$

$$X = \bar{X} = \overline{xy + x\bar{y} + \bar{y}c_2} = \overline{\bar{x}\bar{y} \cdot \bar{x}\bar{y} \cdot \bar{y}c_2}$$

(loi de Morgan)

le circuit résultant est sous la forme de NAND:

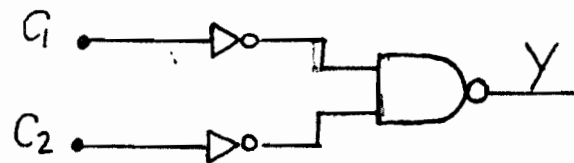


6-3. Equation de Y
 Nous avons l'équation de Y sous la forme :

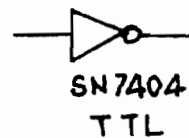
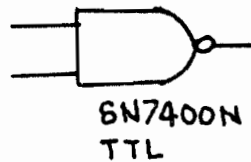
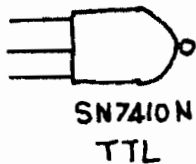
$$Y = C_1 + C_2 \Rightarrow$$

$$Y = \overline{\overline{Y}} = \overline{\overline{C_1 + C_2}} = \overline{\overline{C_1} \cdot \overline{C_2}}$$

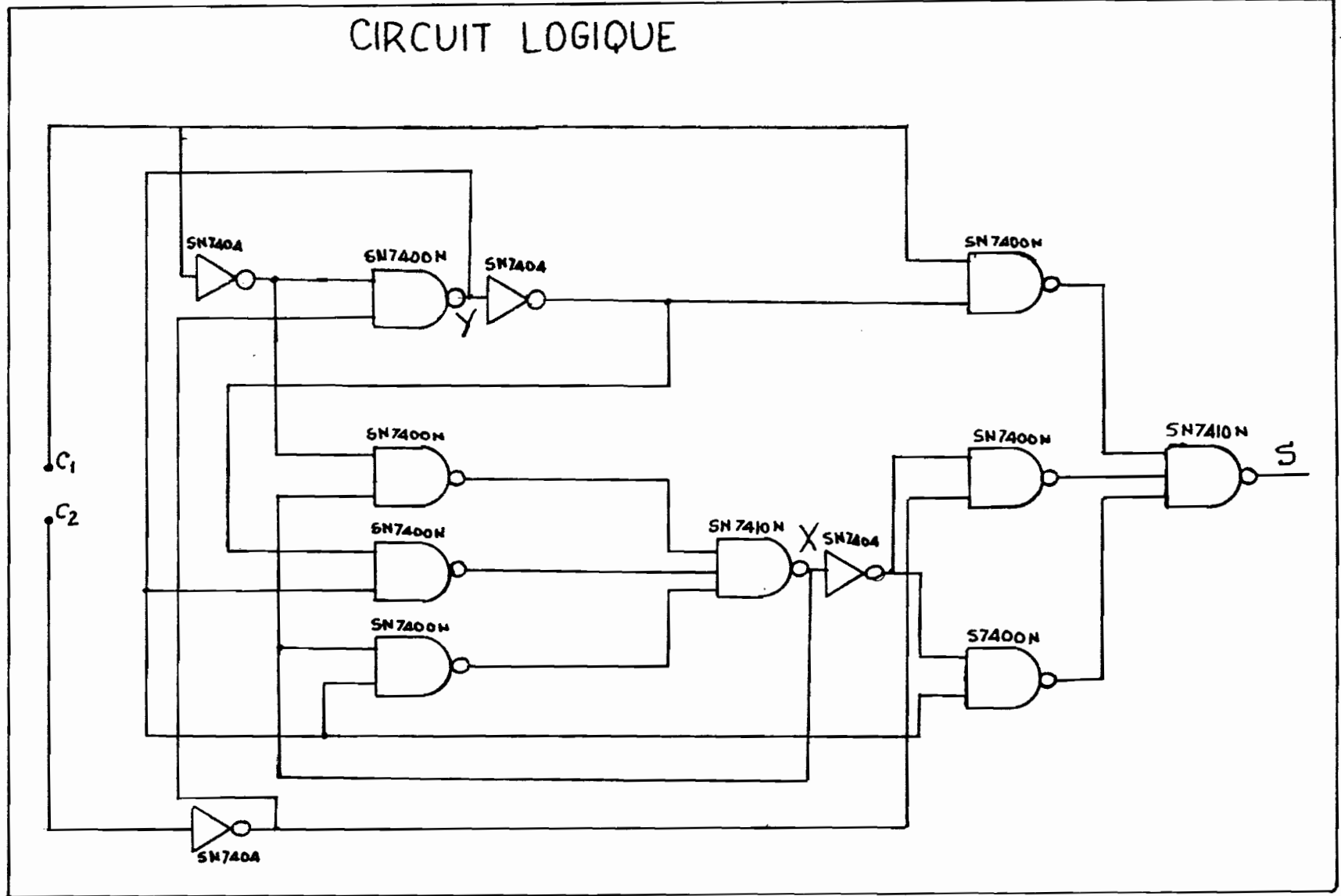
Circuit logique NAND :



6-4 TYPES et Numéros de Series des Portes utilisées



CIRCUIT LOGIQUE



VII. ANALYSE et NORMALISATION des SIGNAUX à la SORTIE des PHOTOCÉLULES.

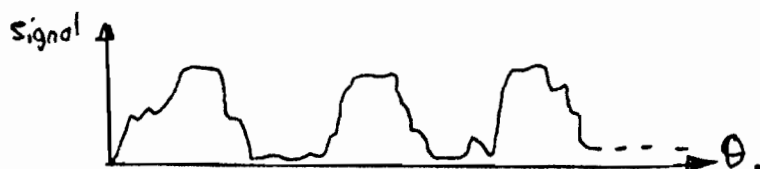
Nous devons à présent nous préoccuper des caractéristiques des signaux C_1 et C_2 qui doivent entrer dans le circuit logique. Mais pourquoi normalisation? En fait nous devons respecter les caractéristiques d'entrée dans les circuits logiques (CI), par conséquent les signaux C_1 et C_2 doivent répondre à certaines normes.

7.1 Forme des signaux.

Dans les chapitres précédents, nous avons représenté les formes des signaux comme des ondes rectangulaires. En réalité la forme des impulsions n'est pas si régulière.

Elles présentent des irrégularités; et même on peut dire qu'elles sont en "dents de scies". Cela est dû aux effets de bruits (vibrations, lumières parasites etc...).

La forme d'onde réelle pourrait se présenter comme suit:



Pour éliminer l'influence des bruits nous allons utiliser des Trigger de SCHMITT; un trigger pour chaque signal.

7.2 TRIGGER de SCHMITT.

Notons que la variation du signal à la sortie du trigger doit correspondre autant que possible à deux niveaux de tensions qui seront interprétés par les éléments logiques comme

étant les valeurs binaires 1 et 0

Ainsi la valeur minimale du signal de sortie du trigger est assimilée à la valeur binaire 0 par les CI; tandis que la valeur maximum sera vue par les CI comme étant la valeur binaire 1

7.3 Contraintes et Conditions d'opération des Trigger

La sortie d'un trigger varie entre deux valeurs V_{OL} et V_{OH} .

V_{OL} dépend des caractéristiques du trigger

$V_{OH} = V_{CC} =$ voltage de polarisation du trigger

Puisque le signal devra entrer dans les CI, nous allons donner les caractéristiques servant à la détermination du trigger.

7-4 Alimentation des CI (Type TTL)

$$V_{CC \text{ max}} = 5,5 \quad V_{CC \text{ nominal}} = 5V \quad V_{CC \text{ min}} = 4,5V$$

$$I_{\text{max}} = 1 \text{ mA}$$

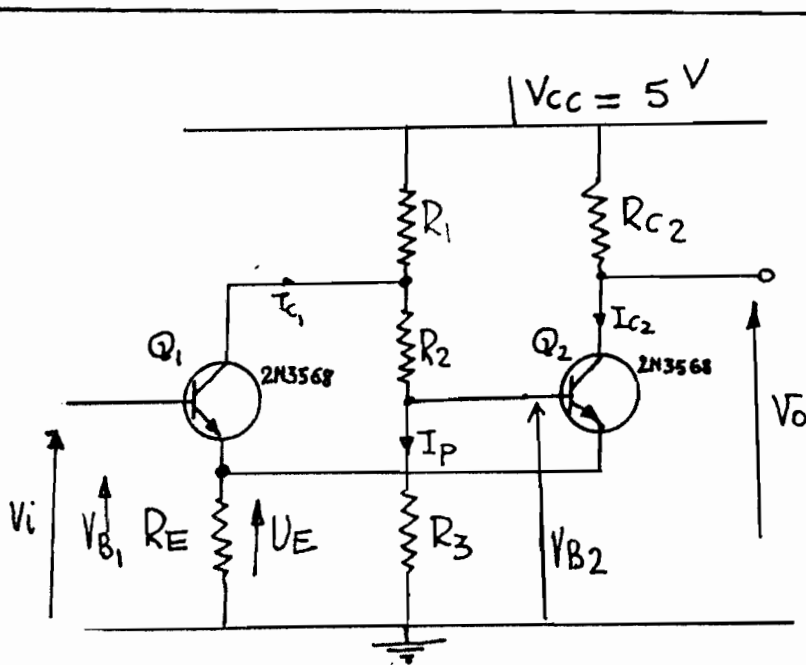
Voltage d'entrée

$$\begin{cases} V_{iL} \equiv V_{i(\text{Low})} & 0 < V_{iL} \leq 0,8V \\ V_{iH} \equiv & 0,8 < V_{iH} \leq 5V \end{cases}$$

pour les autres caractéristiques se reporter en annexes.

Donc déjà le signal à la sortie du trigger devra varier entre $0,8V$ et $5V$. Soit une amplitude de $4,2V$.

7-5 schéma du Trigger



7.6 Description du fonctionnement

Les emetteurs des deux transistors débitent dans une même résistance R_E . La base de Q_2 est alimentée par un diviseur de tension, placé entre le collecteur de Q_1 et la masse. La base de Q_1 est alimentée par le signal (Q_1 ou C_2). Si Q_1 est alimentée au potentiel 0 $\Rightarrow Q_1$ est bloqué. La base de Q_2 est portée au potentiel positif par rapport à la masse par le diviseur de tension, les résistances R_1, R_2, R_3 sont telles que Q_2 est saturé \Rightarrow

$$U_E \approx V_{CC} \frac{R_E}{R_{C2} + R_E}$$

Le courant dans R_E est I_{E2} puisque Q_1 est bloqué. L'emetteur de Q_1 est au potentiel $+U_E$

Élevons progressivement V_i ; si V_i devient $> +U_E$

Q_1 sera saturé dès que I_{B1} sera suffisant.

V_{C1} va baisser, ce qui va amener par le diviseur R_1, R_2

le potentiel de la base de Q_2 à une valeur inférieure à celle des émetteurs $\Rightarrow Q_2$ bloqué.

le potentiel de son collecteur sera V_{CC} ; Q_1 seul débite dans RE : c'est le basculement.

Tant que $V_{B_1} > U_E$ la sortie reste dans cette position stable.

Si la tension d'entrée vient à baisser et qu'elle descende au-dessous de la tension existant entre émetteurs et masse Q_1 bloquera, ce qui fait remonter le potentiel de son collecteur; la base Q_2 se trouvant à nouveau alimentée, le système rebasculera.

Phénomène de retard au basculement.

Lorsque Q_1 est saturé et Q_2 bloqué, si on diminue la valeur de la tension d'entrée nous aurons:

Si $V_{B_1} \simeq U_E$ Q_1 cesse d'être saturé et I_{CE} diminue, d'où U_E diminue \Rightarrow le basculement se fera pour une tension plus basse que la tension d'entrée. D'où un retard au basculement lorsque Q_1 se bloque.

lorsque Q_1 commence à se débloquer, il débite un courant dans RE , qui s'ajoute à celui de Q_2 et fait monter le potentiel de l'émetteur de Q_1 en même que monte V_{B_1} ; si Q_2 bloque, le potentiel U_E reprend sa valeur normale.

7.7 Calcul du trigger.

les deux transistors sont identiques. le paramètre β est suffisamment grand pour que $I_C \simeq I_E$.

On suppose que les tensions base-masse des 2

transistors sont égaux au moment du basculement ($\approx 0,1V$ près)
1° Q_1 bloqué

$$U_{B2} = \frac{U_{CC} R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \quad \text{on}$$

supposons $I_P \gg I_{B2}$.

$$\Rightarrow R_3 = \frac{U_{B2} (R_1 + R_2)}{U_{CC} - U_{B2}}$$

le courant collecteur de Q_2 est

$$I_{C2} \simeq \frac{U_{B2} - (V_{BE})_{sat}}{R_E} \quad \text{car}$$

$$I_{C2} \simeq I_{E2}$$

$$R_E = \frac{U_{B2} - (V_{BE})_{sat}}{I_{C2}}$$

Lors que la tension V_i augmente, jusqu'à une valeur E_{on} , le basculement se produit et Q_2 se bloque. On peut calculer E_{on} qui est la tension base-masse de Q_1 et Q_2 .

$$E_{on} = R_E I_{C1} + (V_{BE})_1$$

$$I_P = \frac{U_{CC} - R_1 (I_{C1} + I_P)}{R_2 + R_3} = \frac{U_{CC} - R_1 I_{C1}}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$E_{on} = R_3 I_P \Rightarrow R_3 = \frac{E_{on}}{I_P}$$

$$R_3 = \frac{E_{on} (R_1 + R_2)}{U_{CC} - E_{on} - R_1 I_{C1}}$$

$$R_1 = \frac{U_{CC} (-U_{B2} + E_{on})}{U_{B2} \cdot I_{C1}}$$

On prend

$$R_2 = R_1.$$

Applications:

données :

$$I_{C2} = 0,67 \text{ mA} \quad (V_{BE})_{sat} = 0,65 \text{ V}$$

$$U_{CC} = 5 \text{ V} \quad E_{on} = 3,5 \text{ V}$$

$$U_{B2} = 1V$$

$$\text{Amplitude } 4,7V$$

$$\beta_{\min} = 50 \mu A$$

$$R_{C2} = \frac{4,7V}{0,67mA} = 7k\Omega \quad (6,8k\Omega)$$

$$R_E = \frac{(3,5 - 0,65)V}{0,67mA} = 4,25k\Omega \quad (4,7k\Omega)$$

$$I_{C1} = \frac{(1 - 0,65)V}{4,25k\Omega} = 0,082 \text{ mA}$$

$$R_1 = R_2 = \frac{5V(3,5V - 1V)}{(3,5V)(0,082mA)} = 43,55k\Omega \quad (39k\Omega)$$

$$R_3 = \frac{3,5V(43,55 \times 2)}{(5 - 3,5)} = 203,33k\Omega \quad (180k\Omega)$$

Après montage les valeurs mesurées sont:

pour V_i entre 0 - 5V

$$V_{RE} = 2,58V$$

$$V_{RC2} = 1V$$

$$V_{R3} = 2,4V$$

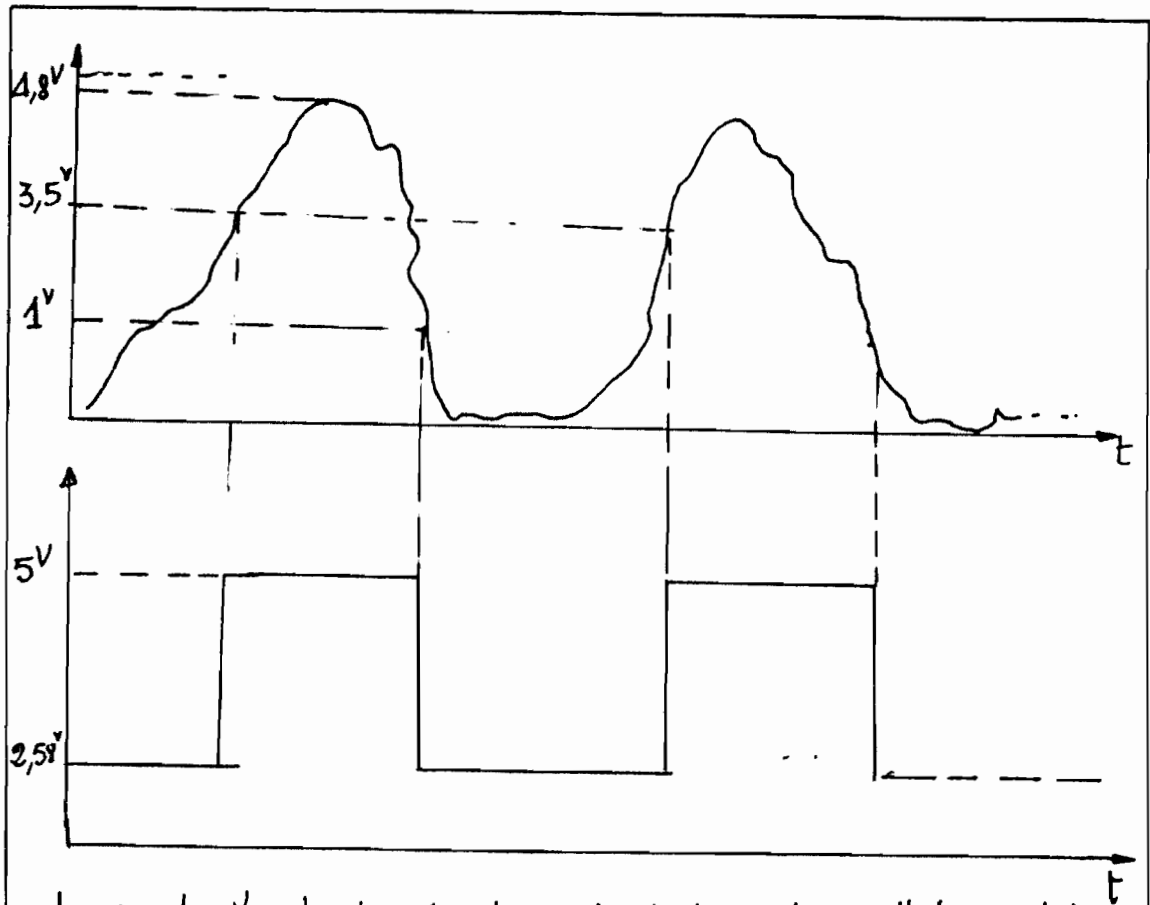
$$V_{R1} = 1,00V$$

$$V_{R2} = 0,65V$$

le signal "triggered", c'est à dire à la sortie du trigger varie entre 2,58V et 5V

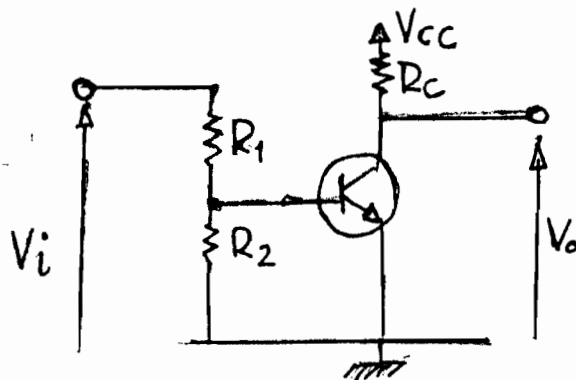
Ce signal ne peut pas entrer directement dans les CI.

Mais allons montrer sur la figure suivante, la forme du signal avant trigger et après trigger:



le signal d'en haut est celui sortant des photocellules, celui d'en bas est le même mais après le trigger.

Nous devons réduire le niveau bas du signal sortant du Trigger : Emploi d'un diviseur de tension suivi d'un circuit ON-OFF (invertisseur)



Rappelons que le niveau bas ($2 \text{ à } 2,58 \text{ V}$) du signal sortant du trigger correspond à l'état non excité de la photocellule, ce niveau bas devra être vu par les éléments logiques comme étant l'état binaire 0 ; Or les CI, n'interprètent un signal comme ayant la valeur binaire 0 que si ce dernier est reçu sous un voltage compris dans une bande inférieure à $0,8 \text{ V}$.

Donc nous devons ramener le voltage bas de la sortie du trigger à cette bande d'où l'usage du diviseur.

7.8 Calcul du Diviseur (R_1 et R_2)

R_1 et R_2 doivent être telles que pour $V_i = 2,58 \text{ V}$ Par ailleurs l'ensemble du circuit précédent constitue un inverseur -

En effet nous allons calculer R_1 et R_2 de manière que lorsque V_i sera $2,58 \text{ V}$, V_{R_2} sera inférieur à $0,8 \text{ V}$. En plus nous ferons en sorte que pour $V_i = 2,58 \text{ V}$, le transistor soit saturé ainsi V_o sera $V_{CE} \approx 0$.

$$\text{donc or } (V_{BE})_{\text{sat}} = 0,65 \text{ V} \Rightarrow$$

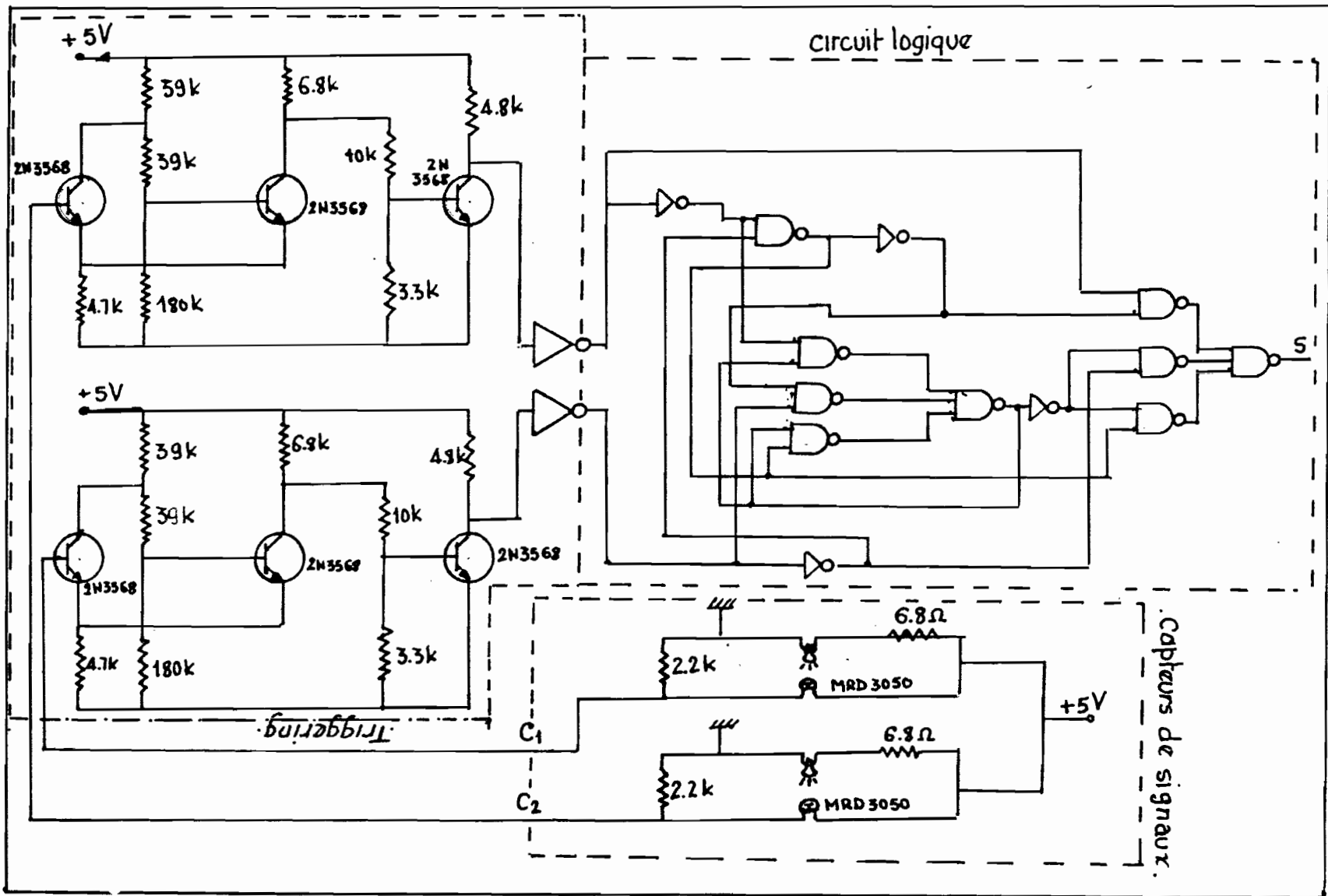
$$0,65 \text{ V} = \frac{2,58 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{on fixe}$$

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega \Rightarrow R_2 = 3,3 \text{ k}\Omega.$$

$$R_c = \frac{V_{CC} - (V_{CE})_{\text{sat}}}{(I_c)_{\text{max}}} = \frac{5 \text{ V} - 0,2 \text{ V}}{1 \text{ mA}} = 4,8 \text{ k}\Omega$$

lorsque V_i sera égale à la sortie haute du trigger soit 5 V alors V_o sera 0.

Donc nous sommes amenés à utiliser un inverseur -



seur à la sortie V_0 pour finalement alimenter le circuit logique. D'où le schéma final.

la sortie S prend soit l'état 1 soit l'état 0, l'un correspond au sens horaire, l'autre au sens antihoraire. Il est inutile de repérer C_1 et C_2 . Ainsi on sait de toute façon que les deux états 0 ou 1 correspondent chacun à un sens contraire de celui de l'autre.

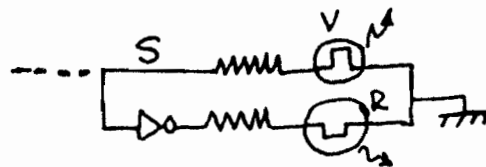
Pour une meilleure distinction des deux sens on peut prévoir un circuit d'affichage. Cet affichage est constitué par deux lumières l'une verte l'autre rouge. Chacune va correspondre à un seul sens.

7.9 Circuit d'affichage.

Faisons une sortie double ; dont l'une sera S et l'autre \bar{S} . Si le moteur tourne dans le sens horaire $S=1$ et $\bar{S}=0$;

Si le moteur tourne dans le sens antihoraire $S=0$ et $\bar{S}=1$.

Si maintenant nous relierons S à un LED vert et \bar{S} à un LED (Light emitting diode) Rouge alors la lumière verte sera allumée lorsque le moteur tourne dans le sens horaire, dans l'autre sens la lumière verte s'éteint et le Rouge s'allume :



Ce système d'affichage a l'inconvénient que l'une des lumières (rouge ou verte selon le sens) reste allumée à l'arrêt du moteur. On aurait voulu qu'aucune ne s'allume à l'arrêt. Cela peut être réalisé.

En tenant compte du fait que toute l'alimentation du circuit électronique se fait avec $+5V_{cc}$, on peut prévoir un transformateur placé en parallèle avec l'alimentation du moteur. Si ce dernier est alimenté par exemple en $380V_{AC}$, le transformateur suivi d'un redresseur permettra d'obtenir $+5V_{cc}$, et l'arrêt du moteur entraîne également une ouverture du circuit d'alimentation de $+5V_{cc}$ venant du transformateur.

VIII. GENERALITE SUR LES SYSTEMES SEQUENTIELS.

La différence entre les systèmes combinatoires et les systèmes séquentiels réside dans le fait que la fonction de sortie de ces derniers systèmes dépend à la fois des variables d'entrée et du temps.

Cette notion de temps peut en fait présenter deux aspects :

- celui de l'ordre dans lequel les opérations se déroulent,
- celui de la durée de chaque opération.

Le système étudié dans ce projet révèle le premier aspect.

L'ordre de succession des opérations c'est à dire les séquences représenteront une suite de combinaisons des variables du système.

A côté des variables booléennes classiques des circuits combinatoires, on introduit pour les systèmes séquentiels d'autres variables dites "internes" ou "secondaires". Ces variables matérialiseront la variable temporelle.

3-1 Structure des SYSTEMES SEQUENTIELS.

Un système séquentiel comporte :

- n variables primaires X_j qui sont les n composantes du vecteur d'entrée.
- m variables secondaires Y_j qui sont les m composantes du vecteur d'états internes.
- p variables de sortie Z_j qui sont les p composantes

du vecteur de sortie.

8.2 Définitions des systèmes séquentiels

Un système séquentiel est entièrement défini par :

- une table ou matrice des adresses qui donne pour toute combinaison $(XY)_k$ des variables primaires et secondaires de la valeur correspondante $(y)_k$ du vecteur d'excitation secondaire, c'est à dire l'état suivant du système;
- une matrice de sortie qui donne pour tout couple $(XY)_k$ des variables primaires et secondaires la valeur correspondante du vecteur de sortie.

Tout système séquentiel peut se définir par deux systèmes d'équation :

soient $x_{j,t}$, $y_{j,t}$ les valeurs des variables primaires et secondaires à l'instant t

soient $z_{j,t}$ les variables de sortie à l'instant t et

$y_{j,t+\tau}$ les valeurs des excitations secondaires

mises en mémoire à $t+\tau \Rightarrow$

$$y_{j,t+\tau} = g_j(x_{1,t}, \dots, x_{n,t}; y_{1,t}, \dots, y_{m,t})$$

$$z_{j,t} = f_j(x_{1,t}, \dots, x_{n,t}; y_{1,t}, \dots, y_{m,t})$$

la première correspond à la matrice des excitations, la seconde à la matrice de sortie. La première définit la fonction mémoire du système.

8.3 Classification

Les systèmes séquentiels sont classés en deux grandes catégories:

- Les systèmes asynchrones et les systèmes synchrones; de plus on peut distinguer divers types de signaux. Les signaux rencontrés dans le fonctionnement de ces systèmes peuvent présenter un certain caractère de permanence ce sont les signaux à niveaux, ou bien apparaître de façon intermittente ce sont les impulsions
- Système asynchrone: Si les niveaux des signaux peuvent changer à des instants quelconques ou si les impulsions se produisent à des instants quelconques.
- Un système est synchrone si les modifications d'états des variables de sortie Z_j , comme des variables d'entrée Y_j^{in} peuvent ~~pas~~ intervenir qu'à des instants discrets bien déterminés. Ces instants peuvent être fixés par un générateur de rythme ou horloge ou bien le système peut être synchronisé directement par les variables d'entrée (Cas de notre étude)

8.4 Nature des chaînes de Réaction.

Elle peut servir de base de classification des systèmes séquentiels. On distingue :

- les circuits à réaction directe dans lesquels la mémorisation est assurée implicitement par le circuit logique et les chaînes de réaction
- les circuits à réaction par cellules de mémoire binaire (telles les bascules) qui jouent le rôle de mé-

moires permanentes.

le premier type est toujours asynchrone, le deuxième peut être synchrone ou asynchrone.

- Circuits à mémoires temporaires; ce sont les circuits à réactions par cellule de retard. Ce dernier est toujours synchrone

IX ETUDE DES SYSTEMES SEQUENTIELS METHODE D'HUFFMAN.

9.1 Principe de la méthode.

C'est une méthode qui consiste à faire la synthèse d'un système séquentiel dans l'ordre des étapes suivantes:

- Description du processus et dénombrement des états stables. Cette première étape peut se faire par raisonnement, soit en utilisant un schéma des phases, soit à l'aide d'un diagramme de fluence (surtout pour un système présentant un grand nombre de séquence).

Dans cette étape il s'agit de noter toutes les combinaisons possibles des variables d'entrée et des variables de sortie.

Pour établir le diagramme de fluence on part d'un état stable donné correspondant à une combinaison donnée des variables primaires et on effectue la séquence complète conduisant d'un état stable au suivant jusqu'à boucler la séquence.

Chaque état est représenté par son numéro d'ordre encerclé.

- Etablissement de la table des états primitifs
Chaque ligne de cette table établie à partir de

L'étape de la description, ne contient qu'un seul état stable et comporte l'indication des valeurs des variables de sortie.

On indique dans la première colonne tous les états et en face de chacune des combinaisons permises des variables primaires l'état suivant obtenu, en encadrant les états stables.

La dernière (ou les dernières) colonne comporte la valeur de la variable de sortie.

- Réduction de la table des états primitifs par fusionnement des lignes de cette table.

Le nombre de variables secondaires qu'il conviendra de faire intervenir, dépend du nombre de lignes de la table de fusion (ou encore Matrice contractée).

Le fusionnement permet ainsi de supprimer, sur la table des états primitifs certaines phases inutiles, introduites par le diagramme de fluence et qui sont inutiles.

Les principales règles de fusionnement de la table des états primitifs sont:

1) deux ou plusieurs lignes de la table peuvent fusionner si dans chacune des colonnes on trouve:

- soit des chiffres identiques circlés ou non
- soit des chiffres identiques circlés ou non et des cases hachurées (interdites)
- soit des cases hachurées.

2) le fusionnement des lignes suivant les règles ci-dessus, conduit dans chaque case de la ligne

fusionnée :

- à un chiffre cerclé (état stable) si ce chiffre l'était déjà dans au moins une des lignes
- à un chiffre non cerclé (état transitoire) s'il n'apparaissait que non cerclé,
- à une case interdite (hachurée) si toutes les lignes fusionnées portaient une case hachurée.

3) Il est préférable de ne fusionner que des lignes présentant les mêmes combinaisons des variables de sortie.

4) On n'a aucun intérêt à réduire la table au-dessous d'un nombre de lignes égal à la plus petite puissance de 2 possible. C'est ainsi que la matrice réduite comportant un nombre de lignes compris entre 2^{n-1} et 2^n devra utiliser obligatoirement n variables secondaires.

- Organisation des variables secondaires et codage des états internes.
- Etablissement de la matrice des excitations secondaires qui conduit à l'expression des fonctions d'excitation.
- Etablissement de la table ou matrice de sortie et mise en équations logiques. Ce qui amène au schéma logique général du système séquentiel considéré.

Cette méthode est celle utilisée dans cette étude.

X - CONCLUSIONS et DISCUSSIONS

Nous allons rappeler les facteurs d'évaluation établis dès les premiers pages de cette étude, et les comparer aux qualités réelles du système réalisé.

Sécurité

C'est le premier critère à satisfaire. Le système tel que conçu ne présente aucun danger pour l'utilisateur.

En effet les voltages et intensités de courant utilisés sont très faibles ($+5V$ max, $1mA$ max) pour être des sources de danger.

Efficacité

A ce niveau, les essais effectués au laboratoire sont concluants; car le système détecte le sens de rotation aussi bien pour les très basses vitesses de rotation que les plus grandes vitesses.

Par ailleurs le problème de l'influence des vibrations sur l'alignement entre capteurs et source lumineuse a été surmonté par:

- d'une part un montage rigide des capteurs
- d'autre part par une utilisation des phototransistors dans la région de saturation (référence: courbes caractéristiques des phototransistors).

Car par ce fait les variations de l'intensité lumineuse dues à un léger désalignement n'affecte pas tellement la valeur du voltage de sortie des capteurs.

Encombrement du système

L'amélioration du système quant à l'encombrement a été un souci constant @ travers les chapitres.

La figure 3-8 montage tel que réalisé expérimentalement.

Tandis que le système amélioré est présenter à la figure 3-10. Ce dernier présente l'avantage d'être compacte et ne présente pas de problèmes pour la réalisation.

Versatilité

C'est la qualité qui fait qu'un système reste utilisable en l'adaptant à des conditions d'opération différentes de celles pour les quelles il a été conçu.

Nous pouvons tout de suite noter que cette qualité n'est pas conférée à notre système. Car c'est la dimension de la machine qui guide le dimensionnement des supports de l'enceinte des capteurs. Cela résulte du fait de la fixation du système sur la bâtis du moteur.

Coût de réalisation du système.

A plusieurs reprises, des modifications sont intervenues au cours de l'analyse du système tendant @ minimiser le coût de réaliser. Ainsi la réduction de l'encombrement constitue, une diminution de la quantité de matière utilisée et par conséquent une réduction du coût.

Nous allons présenter un calcul du coût moyen des composantes électroniques sur la base de 1,80 FF soit 90FCFA par porte logique.

Type	Nombre	Prix (FCFA)
portes NAND à 2 entrées	7	630
portes NAND à 3 entrées	2	180
Invertisseurs	4	360

Prix total 1170

Le coût est donc très réduit. Car le coût de la plaque d'aluminium est réduit par l'adoption du montage de la fig 3-10.

En regard des possibilités d'application du système dans le domaine industrielle, nous pouvons dire que le coût est véritablement bas.

On ne pourrait terminer sans mentionner les acquis du point de vue expérience pratique qui ont résulté de la réalisation de ce projet. Surtout sur le plan de la mise en application des Méthodologies du design acquises au cours de la formation de l'ingénieur.

CARACTERISTIQUES des CIRCUITS INTEGRES

54/74 FAMILIES OF COMPATIBLE TTL CIRCUITS

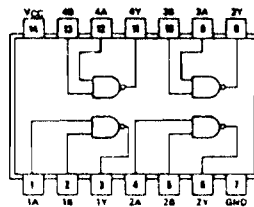
PIN ASSIGNMENTS (TOP VIEWS)

QUADRUPLE 2-INPUT
POSITIVE-NAND GATES

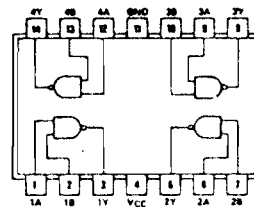
00

positive logic:
 $Y = \overline{AB}$

See page 6-2



SN5400 (J) SN7400 (J, N) ✓
 SN54H00 (J) SN74H00 (J, N)
 SN54L00 (J) SN74L00 (J, N)
 SN54LS00 (J, W) SN74LS00 (J, N)
 SN54S00 (J, W) SN74S00 (J, N)



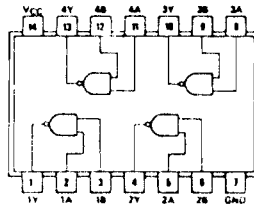
SN5400 (W)
 SN54H00 (W)
 SN54L00 (T)

QUADRUPLE 2-INPUT
POSITIVE-NAND GATES
WITH OPEN-COLLECTOR OUTPUTS

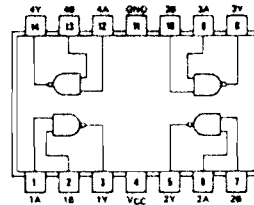
01

positive logic:
 $Y = \overline{AB}$

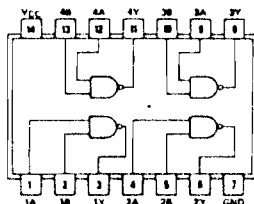
See page 6-4



SN5401 (J) SN7401 (J, N)
 SN54LS01 (J, W) SN74LS01 (J, N)



SN5401 (W)
 SN54H01 (W)
 SN54L01 (T)



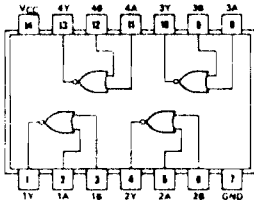
SN54H01 (J) SN74H01 (J, N)

QUADRUPLE 2-INPUT
POSITIVE-NOR GATES

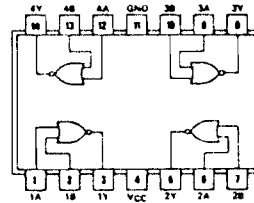
02

positive logic:
 $Y = \overline{A+B}$

See page 6-8



SN5402 (J) SN7402 (J, N)
 SN54L02 (J) SN74L02 (J, N)
 SN54LS02 (J, W) SN74LS02 (J, N)
 SN54S02 (J, W) SN74S02 (J, N)



SN5402 (W)
 SN54L02 (T)

54/74 FAMILIES OF COMPATIBLE TTL CIRCUITS

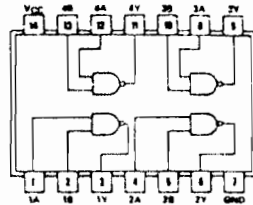
PIN ASSIGNMENTS (TOP VIEWS)

QUADRUPLE 2-INPUT
POSITIVE-NAND GATES
WITH OPEN-COLLECTOR OUTPUTS

03

positive logic:
 $Y = \overline{AB}$

See page 6-4



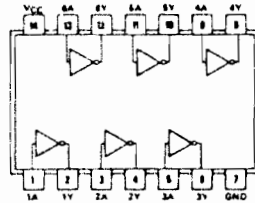
SN5403 (J) SN7403 (J, N)
SN54L03 (J) SN74L03 (J, N)
SN64LS03 (J, W) SN74LS03 (J, N)
SN54S03 (J, W) SN74S03 (J, N)

HEX INVERTERS

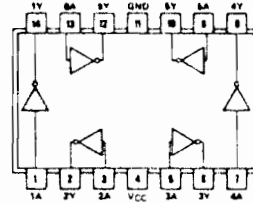
04

positive logic:
 $Y = \overline{A}$

See page 6-2



SN5404 (J) SN7404 (J, N)
SN54H04 (J) SN74H04 (J, N)
SN54L04 (J) SN74L04 (J, N)
SN54LS04 (J, W) SN74LS04 (J, N)
SN54S04 (J, W) SN74S04 (J, N)



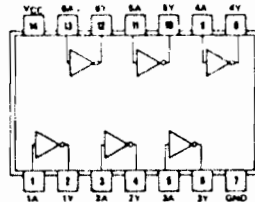
SN5404 (W)
SN64H04 (W)
SN64L04 (T)

HEX INVERTERS
WITH OPEN-COLLECTOR OUTPUTS

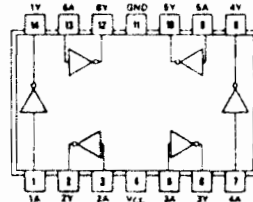
05

positive logic:
 $Y = \overline{A}$

See page 6-4



SN5405 (J) SN7405 (J, N)
SN54H05 (J) SN74H05 (J, N)
SN54LS05 (J, W) SN74LS05 (J, N)
SN54S05 (J, W) SN74S05 (J, N)



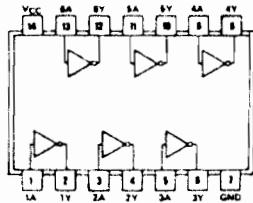
SN5405 (W)
SN54H05 (W)

HEX INVERTER BUFFERS/DRIVERS
WITH OPEN-COLLECTOR
HIGH-VOLTAGE OUTPUTS

06

positive logic:
 $Y = \overline{A}$

See page 6-24



SN5406 (J, W) SN7406 (J, N)

	54 FAMILY 74 FAMILY	SERIES 54 SERIES 74			SERIES 54L SERIES 74L			SERIES 54LS SERIES 74LS			SERIES 54S SERIES 74S			UNIT			
		'02			'25, '27			'L02			'LB02, 'LB27				'S02, 'S260		
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX		MIN	NOM	MAX
Supply voltage, V _{CC}	54 Family	4.5	5	5.5	4.5	5	5.5	4.5	5	5.5	4.5	5	5.5	4.5	5	5.5	V
	74 Family	4.75	5	5.25	4.75	5	5.25	4.75	5	5.25	4.75	5	5.25	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I _{OH}	54 Family			-400			-800			-100			-400			-1000	μA
	74 Family			-400			-800			-200			-400			-1000	μA
Low-level output current, I _{OL}	54 Family			16			16			2			4			20	mA
	74 Family			16			18			3.6			8			20	mA
Operating free-air temperature, T _A	54 Family	-55		125	-55		125	-55		125	-55		125	-55		125	°C
	74 Family	0		70	0		70	0		70	0		70	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST FIGURE	TEST CONDITIONS†	SERIES 54 SERIES 74			SERIES 54L SERIES 74L			SERIES 54LS SERIES 74LS			SERIES 54S SERIES 74S			UNIT	
			'02, '25, '27			'L02			'LS02, 'LS27			'S02, 'S260				
			MIN	TYP‡	MAX	MIN	TYP‡	MAX	MIN	TYP‡	MAX	MIN	TYP‡	MAX		
V _{IH} High-level input voltage	1, 2				2		2		2		2		2	V		
V _{IL} Low-level input voltage	1, 2													V		
				54 Family		0.8		0.7		0.7		0.8		0.8		
				74 Family		0.8		0.7		0.8		0.8		0.8		
V _{IK} Input clamp voltage	3	V _{CC} - MIN, I _I = 3				-1.5				-1.5		-1.2	V			
V _{OH} High-level output voltage	1	V _{CC} - MIN, V _{IL} = V _{IL} max, I _{OH} = MAX		54 Family	2.4	3.4		2.4	3.3		2.5	3.4		2.5	3.4	V
				74 Family	2.4	3.4		2.4	3.2		2.7	3.4		2.7	3.4	
V _{OL} Low-level output voltage	2	V _{CC} - MIN, V _{IH} = 2 V, I _{OL} = MAX		54 Family	0.2	0.4		0.15	0.3		0.25	0.4		0.5	0.5	V
				74 Family	0.2	0.4		0.2	0.4		0.35	0.5		0.5	0.5	
				Series 74LS							0.25	0.4				
I _I Input current at maximum input voltage	4	V _{CC} = MAX		V _I = 5.5 V		1		0.1						1	mA	
				V _I = 7 V							0.1					
I _{IH} High-level input current	4	V _{CC} = MAX		Data inputs		40		10								μA
			Strobe of '25		All inputs		160					20				50
I _{IL} Low-level input current	5	V _{CC} = MAX		All inputs				-0.18								mA
			Data inputs		V _{IH} = 2.7 V		-1.6				-0.4					
			Strobe of '25		V _{IL} = 0.3 V		-6.4									
	All inputs		V _{IH} = 0.4 V											2		
	All inputs		V _{IL} = 0.5 V													
I _{OS} Short-circuit output current‡	6	V _{CC} = MAX		54 Family	-20	-55		-3	-15		20	-100		-40	100	mA
				74 Family	-18	-55		-3	-15		20	-100		-40	100	
I _{CC} Supply current	7	V _{CC} = MAX														mA

See table on next page

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

§ I_I = -12 mA for SN54/SN74 and -18 mA for SN54LS/SN74LS and SN54S/SN74S.

* Not more than one output should be shorted at a time, and for SN54LS/SN74LS and SN54S/SN74S, duration of output short-circuit should not exceed one second.

	54 FAMILY 74 FAMILY	SERIES 54 SERIES 74			SERIES 54H SERIES 74H			SERIES 54L SERIES 74L			SERIES 54LS SERIES 74LS			SERIES 54S SERIES 74S			UNIT
		'00, '04, '10, '20, '30	'00, '04, '10, '20, '30	'00, '04, '10, '20, '30	'00, '04, '10, '20, '30	'00, '04, '10, '20, '30	'00, '04, '10, '20, '30	'00, '04, '10, '20, '30	'00, '04, '10, '20, '30	'00, '04, '10, '20, '30	'00, '04, '10, '20, '30	'00, '04, '10, '20, '30	'00, '04, '10, '20, '30	'00, '04, '10, '20, '30	'00, '04, '10, '20, '30	'00, '04, '10, '20, '30	
Supply voltage, V _{CC}	54 Family 74 Family	4.5 4.75	5 5	5.5 5.25	4.5 4.75	5 5	5.5 5.25	4.5 4.75	5 5	5.5 5.25	4.5 4.75	5 5	5.5 5.25	4.5 4.75	5 5	5.5 5.25	V
High-level output current, I _{OH}	54 Family 74 Family	-400			-400			-100			-400			-400			μA
Low-level output current, I _{OL}	54 Family 74 Family	16		20	16		20	2		4	16		20	2		20	mA
Operating free-air temperature, T _A	54 Family 74 Family	-55 0	125 70		-55 0	125 70		-55 0	125 70		-55 0	125 70		-55 0	125 70		°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST FIGURE	TEST CONDITIONS [†]	SERIES 54 SERIES 74		SERIES 54H SERIES 74H		SERIES 54L SERIES 74L		SERIES 54LS SERIES 74LS		SERIES 54S SERIES 74S		UNIT	
			'00, '04, '10, '20, '30	'00, '04, '10, '20, '30	'00, '04, '10, '20, '30	'00, '04, '10, '20, '30	'00, '04, '10, '20, '30	'00, '04, '10, '20, '30	'00, '04, '10, '20, '30	'00, '04, '10, '20, '30				
			MIN	TYP [‡]	MAX	MIN	TYP [‡]	MAX	MIN	TYP [‡]	MAX	MIN		TYP [‡]
V _{IH} High-level input voltage	1, 2		2		2		2		2		2		V	
V _{IL} Low-level input voltage	1, 2			0.8		0.8		0.7		0.7		0.8	V	
V _{IK} Input clamp voltage	3	V _{CC} = MIN, I _I = 1		-1.5		-1.5				-1.5		1.2	V	
V _{OH} High-level output voltage	1	V _{CC} = MIN, V _{IL} = V _{IL} max, I _{OH} = MAX	54 Family 74 Family	2.4 3.4	3.4 3.4	2.4 3.5	3.5 3.2	2.4 3.2	3.3 3.4	2.5 3.4	3.4 3.4	2.5 3.4	V	
V _{OL} Low-level output voltage	2	V _{CC} = MIN, V _{IH} = 2 V, I _{OL} = MAX	54 Family 74 Family Series 74LS	0.2 0.4	0.4 0.4	0.2 0.4	0.4 0.4	0.15 0.4	0.3 0.4	0.25 0.5	0.4 0.5	0.5 0.5	V	
I _I Input current at maximum input voltage	4	V _{CC} = MAX		V _I = 5.5 V V _I = 7 V	1	1	0.1			0.1		1	mA	
I _{IH} High-level input current	4	V _{CC} = MAX		V _{IH} = 2.4 V V _{IH} = 2.7 V	40	50	10			20		50	μA	
I _{IL} Low-level input current	5	V _{CC} = MAX		V _{IL} = 0.3 V V _{IL} = 0.4 V V _{IL} = 0.5 V				-0.18				-2	mA	
I _{OS} Short-circuit output current [§]	6	V _{CC} = MAX	54 Family 74 Family	-20 -18	-55 -55	-40 -40	-100 -100	-3 -3	-15 -15	-20 -20	-100 -100	-40 -40	-100 -100	mA
I _{CC} Supply current	7	V _{CC} = MAX											mA	

[†] For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

[‡] All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

[§] I_I = -12 mA for SN54/SN74, -8 mA for SN54H/SN74H, and -18 mA for SN54LS/SN74LS and SN54S/SN74S.

[¶] Not more than one output should be shorted at a time, and for SN54H/SN74H, SN54LS/SN74LS, and SN54S/SN74S, duration of short-circuit should not exceed 1 second.

See table on next page

supply current†

TYPE	I _{CCH} (mA) Total with outputs high		I _{CCL} (mA) Total with outputs low		I _{CC} (mA) Average per gate (50% duty cycle)
	TYP	MAX	TYP	MAX	TYP
'00	4	8	12	22	2
'04	6	12	18	33	2
'10	3	6	9	16.5	2
'20	2	4	6	11	2
'30	1	2	3	6	2
'H00	10	16.8	26	40	4.5
'H04	16	26	40	58	4.5
'H10	7.5	12.6	19.5	30	4.5
'H20	6	8.4	13	20	4.5
'H30	2.5	4.2	6.5	10	4.5
'L00	0.44	0.8	1.16	2.04	0.20
'L04	0.66	1.2	1.74	3.06	0.20
'L10	0.33	0.6	0.87	1.53	0.20
'L20	0.22	0.4	0.58	1.02	0.20
SN54L30	0.11	0.33	0.29	0.51	0.20
SN74L30	0.11	0.2	0.29	0.51	0.20
'LS00	0.8	1.6	2.4	4.4	0.4
'LS04	1.2	2.4	3.6	6.6	0.4
'LS10	0.6	1.2	1.8	3.3	0.4
'LS20	0.4	0.8	1.2	2.2	0.4
'LS30	0.36	0.5	0.6	1.1	0.48
'S00	10	16	20	36	3.75
'S04	15	24	30	54	3.75
'S10	7.8	12	15	27	3.75
'S20	5	8	10	18	3.75
'S30	3	5	6.5	10	4.25
'S133	3	5	5.5	10	4.25

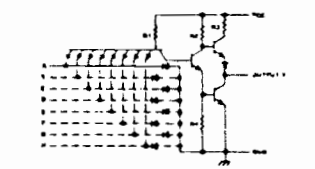
switching characteristics at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C

TYPE	TEST CONDITIONS#	t _{PLH} (ns) Propagation delay time, low-to-high-level output			t _{PHL} (ns) Propagation delay time, high-to-low-level output		
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX
'00, '10			11	22		7	15
'04, '20	C _L = 18 pF, R _L = 400 Ω		12	22		6	15
'30			13	22		8	15
'H00			8.9	10		6.2	10
'H04			6	10		6.5	10
'H10	C _L = 25 pF, R _L = 280 Ω		5.9	10		6.3	10
'H20			6	10		7	10
'H30			6.8	10		8.9	12
'L00, 'L04, 'L10, 'L20	C _L = 50 pF, R _L = 4 kΩ		35	60		31	60
'L30			35	60		70	100
'LS00, 'LS04, 'LS10, 'LS20	C _L = 15 pF, R _L = 2 kΩ		9	15		10	15
'LS30			8	15		13	20
'S00, 'S04	C _L = 15 pF, R _L = 280 Ω		3	4.5		3	5
'S10, 'S20	C _L = 50 pF, R _L = 280 Ω		4.5			5	
'S30, 'S133	C _L = 15 pF, R _L = 280 Ω		4	6		4.5	7
	C _L = 50 pF, R _L = 280 Ω		5.5			6.5	

Load circuits and voltage waveforms are shown on pages 3-10 and 3-11.

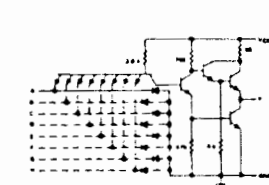
† Maximum values of I_{CC} are over the recommended operating ranges of V_{CC} and T_A; typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

schematics (each gate)

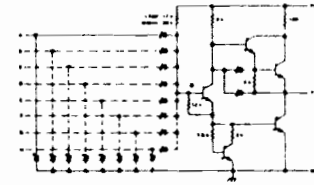


CIRCUIT	R1	R2	R3	R4
'00, '04, '10, '20, '30	4k	1.8k	130	1k
'L00, 'L04, 'L10, 'L20, 'L30	40k	20k	900	12k

'00, '04, '10, '20, '30
'L00, 'L04, 'L10, 'L20, 'L30, CIRCUITS
Input clamp diodes not on
SN54L/SN74L circuits.

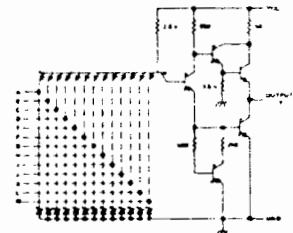


'H00, 'H04, 'H10, 'H20, 'H30 CIRCUITS



'LS00, 'LS04, 'LS10, 'LS20,
'LS30 CIRCUITS
* The 12-kΩ resistor is not on 'LS30.

Resistor values shown are nominal and in ohms.



'S00, 'S04, 'S10, 'S20,
'S30, 'S133 CIRCUITS



recommended operating conditions

	54 FAMILY 74 FAMILY	SERIES 54 ¹ SERIES 74 ¹												UNIT			
		'06, '07			'16, '17			'26			'33, '38						
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX				
Supply voltage, V _{CC}	54 Family 74 Family	4.5	5	5.5	4.5	5	5.5	4.5	5	5.5	4.5	5	5.5	4.5	5	5.25	V
High-level output voltage, V _{OH}				30			15			15			5.5				V
Low-level output current, I _{OL}	54 Family 74 Family			30			30			16			48			48	mA
Operating free-air temperature, T _A	54 Family 74 Family	-55		125	-55		125	-55		125	-55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST FIGURE	TEST CONDITIONS ¹	SERIES 54 ¹ SERIES 74 ¹												UNIT		
			'06, '07			'16, '17			'26			'33, '38					
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX			
V _{IH} High-level input voltage	1, 2		2			2			2			2					V
V _{IL} Low-level input voltage	1, 2			0.8			0.8			0.8			0.8				V
V _{IK} Input clamp voltage	3	V _{CC} = MIN, I _I = -12 mA			-1.5			-1.5			-1.5			-1.5			V
I _{OH} High-level output current	1	V _{CC} = MIN, V _I = *			250			250			1000			50			μA
V _{OL} Low-level output voltage	2	V _{CC} = MIN, V _I = *			0.4			0.4			0.4			0.4			V
I _I Input current at maximum input voltage	4	V _{CC} = MAX, V _I = 5.5 V			1			1			1			1			mA
I _{IH} High-level input current	4	V _{CC} = MAX, V _{IH} = 2.4 V			40			40			40			40			μA
I _{IL} Low-level input current	5	V _{CC} = MAX, V _{IL} = 0.4 V			-1.6			-1.6			-1.6			-1.6			mA
I _{CC} Supply current	7	V _{CC} = MAX															mA

¹ For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

*The input voltage is V_{IH} = 2 V or V_{IL} = V_{IL} max, as appropriate. See tables with test figures 1 and 2.

See table on next page

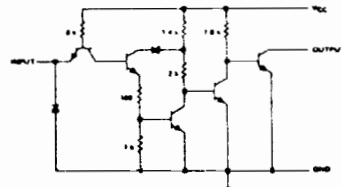
PULL UP AND PULL DOWN VALUES WITH OPEN-COLLECTION OUTPUTS

supply current[†]

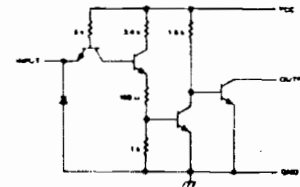
TYPE	I _{CCH} (mA) Total with outputs high		I _{CCL} (mA) Total with outputs low		I _{CC} (mA) Average per gate (50% duty cycle)
	TYP	MAX	TYP	MAX	TYP
'06, '16	30	48	32	51	5.17
'07, '17	29	41	21	30	4.17
'26	4	8	12	22	2.00
'33	12	21	33	57	5.63
'38	5	8.5	34	54	4.88

[†]Maximum values of I_{CC} shown are over the recommended operating range of V_{CC} and T_A; typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

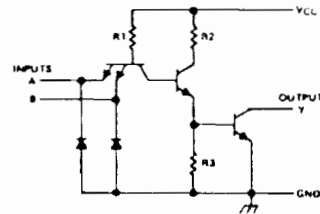
schematics (each gate)



'06, '16 CIRCUITS

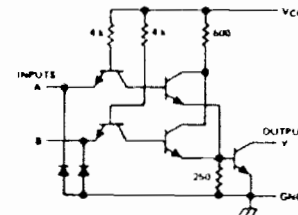


'07, '17 CIRCUITS



CIRCUITS	R1	R2	R3
'26	4 kΩ	1.6 kΩ	1 kΩ
'38	4 kΩ	600 Ω	400 Ω

'26, '38 CIRCUITS



'33 CIRCUITS

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C

TYPE	TEST CONDITIONS [#]	t _{PLH} (ns) Propagation delay time, low-to-high-level output		t _{PHL} (ns) Propagation delay time, high-to-low-level output	
		TYP	MAX	TYP	MAX
'06, '16	C _L = 15 pF, R _L = 110 Ω	10	15	15	23
'07, '17	C _L = 15 pF, R _L = 110 Ω	6	10	20	30
'26	C _L = 15 pF, R _L = 1 kΩ	16	24	11	17
'33	C _L = 50 pF, R _L = 133 Ω	10	15	12	18
	C _L = 150 pF, R _L = 133 Ω	15	22	16	24
'38	C _L = 45 pF, R _L = 667 Ω	14	22	11	18

[#]Load circuit and voltage waveforms are shown on page 3-10.

MRD3050 (SILICON)
thru
MRD3056

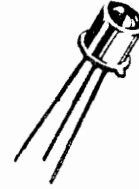
Caractéristiques des
Photo transistors

NPN SILICON PHOTO TRANSISTOR

... designed for application in industrial inspection, processing and control, counters, sorters, switching and logic circuits or any design requiring radiation sensitivity, and stable characteristics.

- Hermetic Package at Economy Prices
- Popular TO-18 Type Package for Easy Handling and Mounting
- Sensitive Throughout Visible and Near Infrared Spectral Range for Wider Application
- Range of Radiation Sensitivities for Design Flexibility
- External Base for Added Control
- Annular Passivated Structure for Stability and Reliability

**30 VOLT
NPN SILICON
PHOTO TRANSISTOR
400 MILLIWATTS**



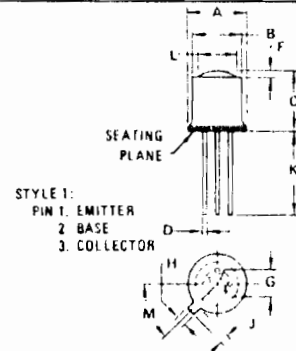
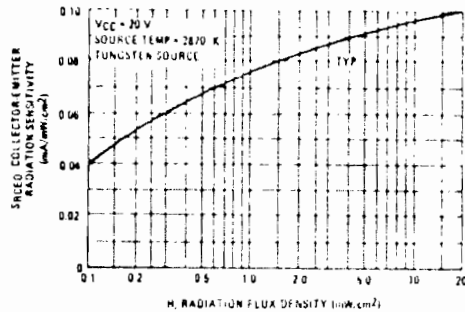
MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CE0}	30	Volts
Emitter-Collector Voltage	V_{EC0}	5.0	Volts
Collector-Base Voltage	V_{CB0}	4.0	Volts
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	400 2.28	mW mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-65 to +200	°C

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	θ_{JA}	438	°C/W

FIGURE 1 - COLLECTOR-EMITTER SENSITIVITY



STYLE 1:
PIN 1, EMITTER
PIN 2, BASE
PIN 3, COLLECTOR

NOTES:

1. LEADS WITHIN .13 mm (.005) RADIUS OF TRUE POSITION AT SEATING PLANE, AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
2. PIN 3 INTERNALLY CONNECTED TO CASE

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	5.31	5.84	0.209	0.230
B	4.52	4.95	0.178	0.195
C	5.08	6.35	0.200	0.250
D	0.41	0.48	0.016	0.019
F	0.51	1.02	0.020	0.040
G	2.54 BSC		0.100 BSC	
H	0.89	1.17	0.039	0.048
J	0.84	1.22	0.033	0.048
K	12.70	-	0.500	-
L	3.35	4.01	0.132	0.158
M	45° BSC		45° BSC	

CASE 82 01

TYPICAL ELECTRICAL CHARACTERISTICS

FIGURE 2 - COLLECTOR-EMITTER CHARACTERISTICS

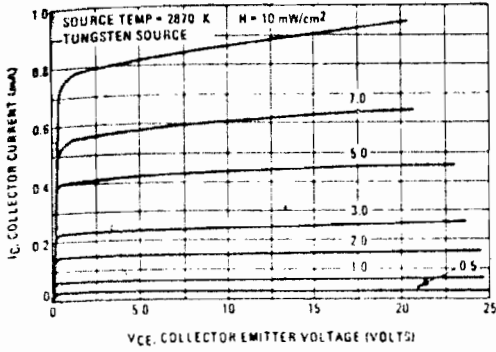


FIGURE 3 - PHOTO CURRENT versus TEMPERATURE

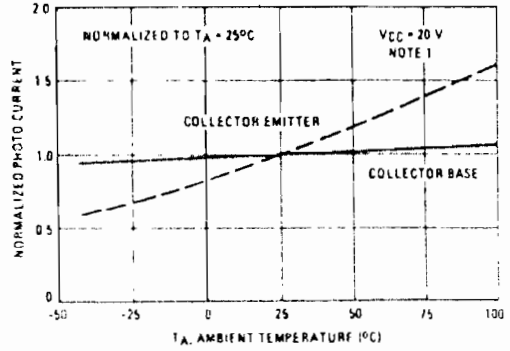


FIGURE 4 - PULSE RESPONSE TEST CIRCUIT AND WAVEFORM

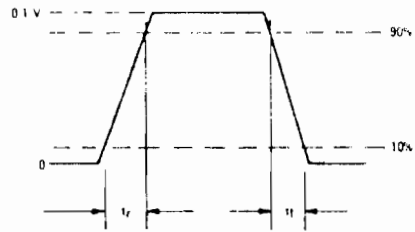
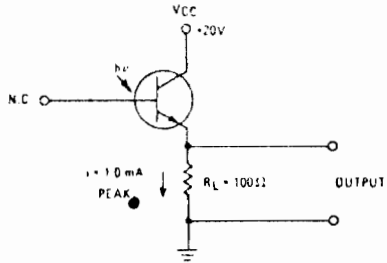
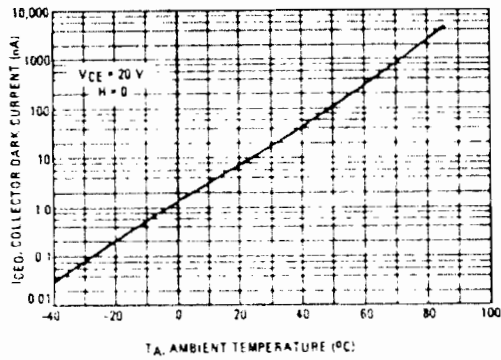


FIGURE 5 - DARK CURRENT versus TEMPERATURE



STATIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Collector Dark Current ($V_{CC} = 20\text{ V}$, $R_L = 1.0\text{ Megohm}$, Note 2) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = 85^\circ\text{C}$	I_{CEO}	- -	- 5.0	0.1 -	μA
Collector-Base Breakdown Voltage ($I_C = 100\ \mu\text{A}$)	BV_{CBO}	40	-	-	Volts
Collector-Emitter Breakdown Voltage ($I_C = 100\ \mu\text{A}$)	BV_{CEO}	30	-	-	Volts
Emitter-Collector Breakdown Voltage ($I_E = 100\ \mu\text{A}$)	BV_{ECO}	5.0	-	-	Volts

OPTICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Fig. No.	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Collector Light Current ($V_{CC} = 20\text{ V}$, $R_L = 100\text{ ohms}$, Note 1)	1	I_L	0.10 0.20 0.10 0.25 0.625 1.5 2.0	- - - - - - -	- - 0.40 1.0 2.5 -	mA
Photo Current Saturated Rise Time (Note 3)	4	$t_r(\text{sat})$	-	1.0	-	μs
Photo Current Saturated Fall Time (Note 3)	4	$t_f(\text{sat})$	-	10	-	μs
Photo Current Rise Time (Note 4)	4	t_r	-	2.0	-	μs
Photo Current Fall Time (Note 4)	4	t_f	-	3.5	-	μs
Wavelength of Maximum Sensitivity	-	λ_s	-	0.8	-	μm

NOTES:

1. Radiation flux density (H) equal to 5.0 mW/cm^2 emitted from a tungsten source at a color temperature of 2870 K .
2. Measured under dark conditions ($H \approx 0$).
3. For saturated switching time measurements, radiation is provided by a pulsed xenon arc lamp with a pulse width of

approximately 1.0 microsecond (see Figure 4).

4. For unsaturated switching time measurements, radiation is provided by a pulsed GaAs (gallium arsenide) light-emitting diode ($\lambda \approx 0.9\ \mu\text{m}$) with a pulse width equal to or greater than 10 microseconds (see Figure 4).

BIBLIOGRAPHIE

1. Introduction to switching Theory And Logical design, (Second Edition) ; par :
Frædrick J. Hill
Gonald R. Peterson
2. Digital Electronics For Scientists par :
H. V. MALMSTADT university of Illinois.
C. G. ENKE Michigan State University
Editor: W. A. Benjamin, Inc.
3. Digital Electronics par :
DAVID CASANENT
Department of Electrical Engineering
Carnegie-Mellon University.
4. Logique Combinatoire et Sequentielle
J. LAGASSE.
(Maîtrise d'E.E.A. C3 Automatique)
5. Eléments d'électronique (P. A. BOLGERT)