

AD-A075 103

DEFENCE RESEARCH ESTABLISHMENT VALCARTIER (QUEBEC)

F/G 17/5

OPTIMISATION ET EVALUATION D'UN SYSTEME D'ALARME D'INTRUSION IN--ETC(U)

FEB 78 B MONTMINY

UNCLASSIFIED

DREV-4073/78

NL

| OF |

AD
A075103





MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS-1963-A

NON CLASSIFIÉ

UNLIMITED
DISTRIBUTION
ILLIMITÉE

3
B.S.

CRDV RAPPORT 4073/78
DOSSIER: 3633A-007
FÉVRIER 1978

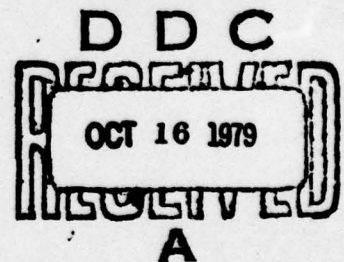
✓ DREV REPORT 4073/78
FILE: 3633A-007
FEBRUARY 1978

A075103

OPTIMISATION ET ÉVALUATION D'UN SYSTÈME D'ALARME
D'INTRUSION INFRAROUGE

B. Montminy

Optimization and Evaluation of an
Infrared Intrusion Alarm System



DDC FILE COPY

Centre de Recherches pour la Défense
Defence Research Establishment
Valcartier, Québec

79 09 27 080

BUREAU - RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT
MINISTÈRE DE LA DÉFENSE NATIONALE
CANADA

UNCLASSIFIED

RESEARCH AND DEVELOPMENT BRANCH
DEPARTMENT OF NATIONAL DEFENCE
CANADA

CRDV R-4073/⁷⁸
DOSSIER: 3633A-007

NON CLASSIFIE

DREV R-4073/⁷⁸
FILE: 3633A-007

14

DREV-4073/78

12 34

11 Feb 78

6

OPTIMISATION ET EVALUATION D'UN SYSTEME D'ALARME

D'INTRUSION INFRAROUGE

par

(Optimisation and Evaluation of an
Infrared Intrusion Alarm System),

10

B./Montminy

CENTRE DE RECHERCHES POUR LA DEFENSE

DEFENCE RESEARCH ESTABLISHMENT

VALCARTIER

Tél: (418) 844-4271

Québec, Canada

February/février 1978

UNCLASSIFIED 29 09-27 080
404 945

elt

NON CLASSIFIE

i

RESUME

Un système passif d'alarme d'intrusion fonctionnant dans l'infrarouge, conçu et construit à l'Université Laval en vertu d'un contrat, a été optimisé et évalué au CRDV. Notre évaluation a porté sur son efficacité à détecter la venue d'un intrus dans une zone restreinte. Le système est composé d'une tête optique qui capte sur un détecteur pyroélectrique la radiation infrarouge émanant des objets environnants et de leur arrière-plan au moyen d'un miroir tournant et d'un miroir de focalisation sphérique ainsi que d'un circuit électronique qui compare le signal capté d'un balayage à l'autre pour détecter un changement significatif dans la radiation reçue. (NC)

ABSTRACT

↙ A passive infrared intrusion alarm system, designed and built under contract at l'Université Laval, was modified and evaluated at ~~BREV~~ for its effectiveness to detect the presence of an intruder in a restricted area. The system consisted of an optical head gathering the infrared radiation coming from surrounding objects and their background onto a pyroelectric detector by means of a rotating and a spherical focussing mirrors. The optical head was connected to an electronic circuit which compared successive scans to detect any significant changes in the collected radiation. (U)
↑

Accession For	
NTIS GRA&I	☒
DDC TAB	☐
Unannounced	☐
Justification	
By _____	
Distribution/	
Availability Codes	
Dist.	Avail and/or special
A	

TABLE DES MATIERES

RESUME/ABSTRACT	i
1.0 INTRODUCTION	1
2.0 DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DU PROTOTYPE D'EVALUATION . . .	3
2.1 La tête optique	3
2.2 Le système électronique	5
3.0 TRANSFORMATION DE L'ENERGIE INFRAROUGE EN SIGNAL ELECTRIQUE	9
3.1 Modifications du préamplificateur	9
3.2 Alignement du miroir tournant	11
3.3 Mise au foyer du détecteur	11
3.4 Etude de la réponse du détecteur et de l'amplificateur au moyen d'une source placée à l'infini	14
3.5 Prédiction de signaux obtenus lorsque la source est une personne	16
4.0 DETECTION DES CHANGEMENTS DANS LE SIGNAL ENTRE DEUX BALAYAGES CONSECUTIFS	17
4.1 Réduction de bruit obtenue avec les filtres numériques	17
5.0 DISPOSITIFS AJOUTES AU PROTOTYPE ORIGINAL	21
5.1 Bande passante variable	21
5.2 Gain variable avec indicateur de saturation	22
5.3 Référence fixe	22
5.4 Affichage des alarmes à 36 degrés	22
5.5 Indicateur d'alarme	23
5.6 Echantillonnage sur 500 points au lieu de 1000	23
6.0 RESULTATS DE L'EVALUATION	23
6.1 Evaluation du système à l'intérieur	25
6.2 Evaluation du système à l'extérieur	27
7.0 CONCLUSION.	29
8.0 REMERCIEMENTS	29
9.0 REFERENCES	30

FIGURES 1 à 15

TABLEAUX I à III

1.0 INTRODUCTION

Un prototype d'un système d'alarme d'intrusion infrarouge a été construit à l'Université Laval dans le cadre d'un contrat portant le numéro 2SR3-0011; les détails de sa construction sont donnés dans un rapport final [Réf 1].

Ce document décrit les méthodes d'évaluation utilisées ainsi que les modifications qui ont dû être apportées au prototype pour son optimisation. L'évaluation a surtout porté sur la distance de détection d'un intrus à l'intérieur d'un édifice ainsi qu'à l'extérieur. De plus, à l'extérieur, quelques mesures ont été prises avec, comme cible, un véhicule de type "Step-Van". A l'intérieur, on a pu mesurer des distances de détection allant jusqu'à 443 pieds.

Le système en question est composé d'une tête optique qui, au moyen d'un miroir tournant sur 360° , capte la radiation infrarouge émise par les objets situés en dedans d'un secteur correspondant au champ de vision du système optique. Cette tête optique est reliée à un circuit électronique qui détecte les changements significatifs dans le signal infrarouge capté qui pourraient se produire entre deux balayages consécutifs. Pour ce faire, le balayage de 360° est divisé en 1000 points et chaque point est comparé à la moyenne des points correspondants des balayages précédents; si la différence entre ces deux dernières valeurs est plus grande qu'un seuil déterminé, un signal d'alarme est déclenché.

La moyenne des signaux d'entrée pour chacun des 1000 points est effectuée au moyen de deux types de filtres digitaux qui ont été étudiés auparavant [Réfs 2 et 3]. L'un des filtres effectue la moyenne des dernières entrées en donnant à chacune de ces entrées un poids qui décroît avec l'ancienneté suivant une exponentielle, tandis que l'autre établit une moyenne des dernières entrées en leur assignant

un poids égal. Le prototype d'évaluation permet aussi de comparer chacune des entrées avec l'entrée précédente, simulant ainsi un système sans filtre.

Ce travail a été accompli au CRDV en septembre et octobre 1975 dans le cadre du NCP 33A07 (auparavant NCP 15B35) "Intrusion Detection and Alarm".

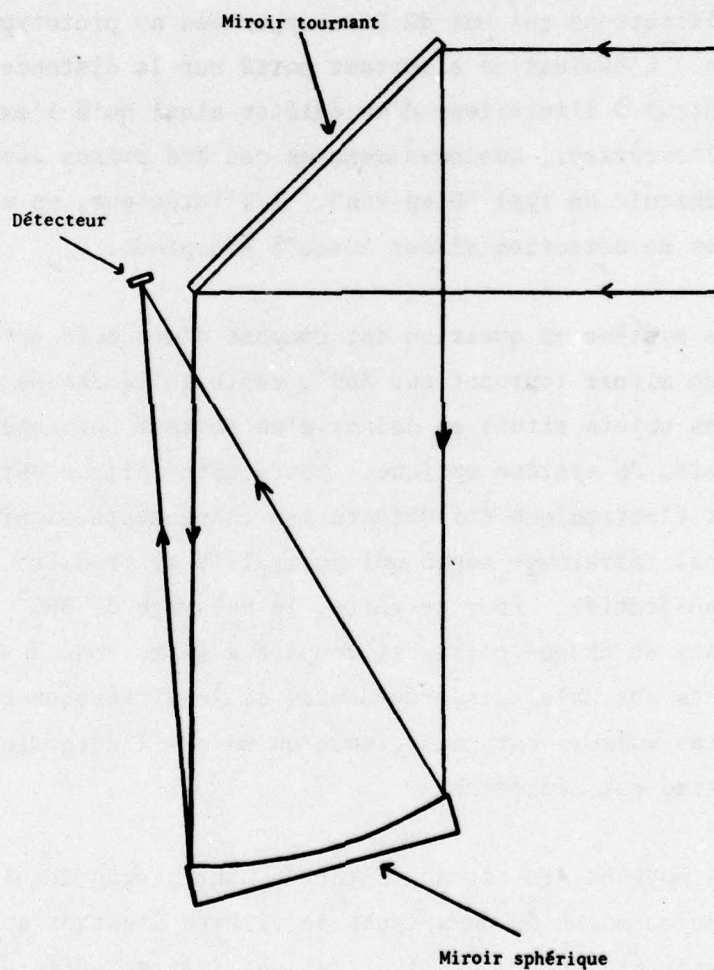


FIGURE 1 - La tête optique

2.0 DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DU PROTOTYPE D'EVALUATION

2.1 La tête optique

La tête optique (figure 1) transforme le signal infrarouge émis par les objets environnants en un signal électrique. Un miroir tournant sur 360° réfléchit la radiation infrarouge sur un miroir sphérique concave au foyer duquel est placé un détecteur pyroélectrique qui transforme les changements de radiation perçus en signal électrique. Ce signal est amplifié dans la tête optique par un préamplificateur avant d'être acheminé vers le système électronique. Un codeur monté sur l'arbre du moteur qui fait tourner le miroir divise le balayage de 360° en 1000 points, de sorte que l'échantillonnage se fait à des intervalles de 6.3 mrad.

Le champ de vision instantané (CDVI) du système optique est déterminé par la dimension du détecteur, la longueur focale du miroir sphérique et la forme du miroir tournant. Lorsque ce dernier est plan, le CDVI est donné par la relation $\alpha = d/\ell$ où d est le diamètre du détecteur, ℓ est la longueur focale du miroir sphérique et α est le CDVI en radians. Dans notre cas, $d = 2$ mm et $\ell = 15.15$ cm, ce qui donne un champ de vision de 13.2×13.2 mrad lorsque le miroir tournant est plan. L'évaluation de l'alarme d'intrusion a été effectuée avec des CDVI de 13.2×13.2 mrad et de 13.2×87.3 mrad. Pour obtenir un CDVI de 13.2×87.3 mrad en élévation on a remplacé le miroir plan tournant par un miroir cylindrique et on a calculé le rayon de courbure de la partie sphérique du miroir en tenant compte de la grandeur du détecteur utilisé. La figure 2 illustre les deux CDVI utilisés pour l'évaluation.

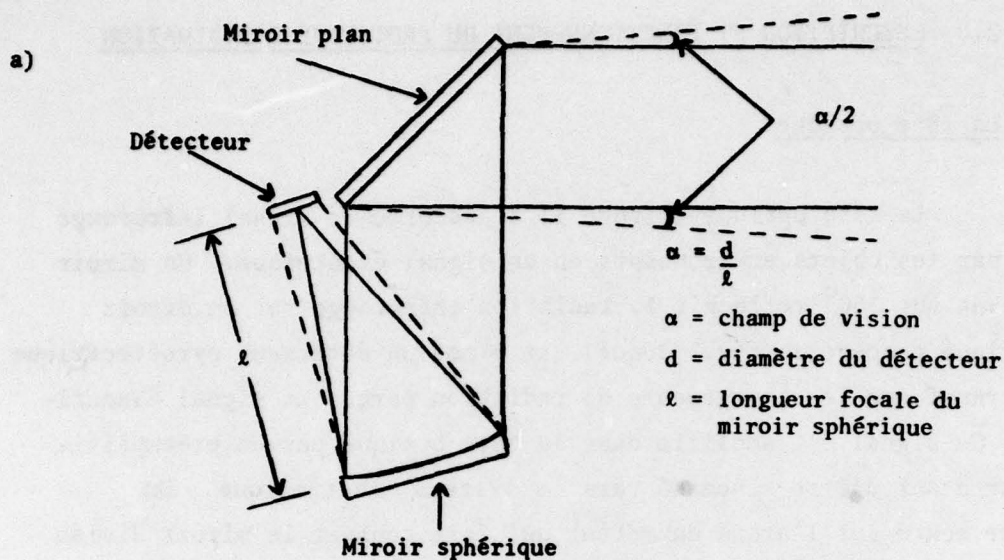


FIGURE 2a - Champ de vision de 13.2×13.2 mrad

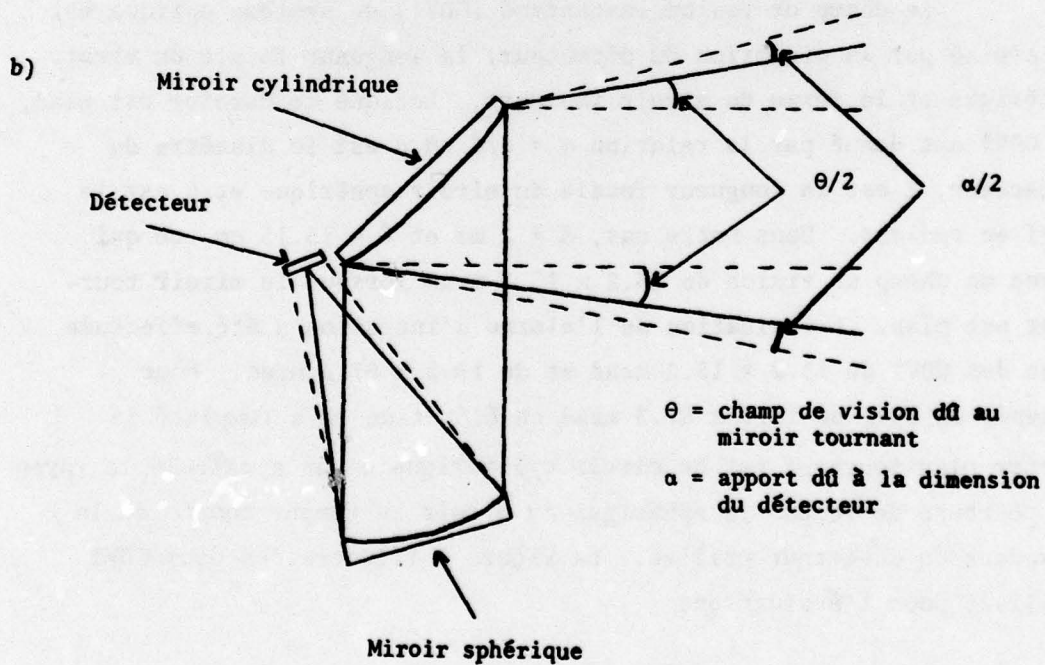


FIGURE 2b - Champ de vision de 13.2×87.3 mrad

2.2 Le système électronique

Le système électronique, schématisé à la figure 3, a pour fonction de détecter tout changement significatif qui peut se produire dans le signal entre deux balayages consécutifs du système optique. Comme il a été énoncé précédemment, le balayage de 360° est divisé en 1000 points et chaque point est considéré indépendamment des autres. C'est pourquoi nous allons expliquer le fonctionnement du système électronique pour un seul point.

Le signal analogique venant de la tête optique est d'abord amplifié puis converti sous forme numérique par un convertisseur analogique numérique (CAN). La conversion se produit lorsque le CAN reçoit un signal du codeur situé dans la tête optique. La sortie de 8 bits du CAN donne 256 niveaux de quantification pour une entrée analogique pouvant varier entre ± 5 volts, ce qui donne une résolution d'environ 40 mV par niveau.

Le signal numérique de 8 bits, M_y , peut alors prendre 3 chemins qui donneront 3 valeurs différentes pour la moyenne $\bar{M}_y$. On peut obtenir la moyenne $\bar{M}_y$ en faisant passer M_y dans F1 ou dans F2 lesquels désignent les deux types de filtres numériques utilisés. En passant par F1, $\bar{M}_y$ est calculé selon l'équation $\bar{M}_y = (1 - 1/K) M_y + 1/K \bar{M}_{y-1}$, y étant l'ordre d'arrivée des points et K , le paramètre du filtre F1, représentant le taux de décroissance de l'exponentielle reliant le poids des entrées M_y à y dans le calcul de la moyenne $\bar{M}_y$. En passant par F2, $\bar{M}_y$ est calculé selon les équations

$$\bar{M}_y = 1/y_0 M_y + \bar{M}_{y-1} \text{ pour } y < y_0, \text{ et}$$

$$\bar{M}_y = 1/y_0 M_y + \bar{M}_{y-1} - 1/y_0 M_{y-y_0} \text{ pour } y \geq y_0.$$

y_0 étant le paramètre du filtre F2 qui représente le nombre de valeurs M_y qui entrent dans le calcul de la moyenne $\bar{M}_y$.

Le troisième chemin que peut prendre M_y passe en dehors des filtres numériques et $\bar{M}_y$ devient alors tout simplement égal à M_y .

Une fois la valeur à mettre dans la mémoire obtenue, on doit décider si le dernier point entré représente ou non une alarme. Pour ce faire, on compare l'entrée M_y avec $\bar{M}_{y-1}$ qui est la valeur correspondante pour ce point obtenue lors des balayages précédents. Si la différence entre les deux valeurs excède un seuil ajustable, la nouvelle valeur calculée $\bar{M}_y$ n'est pas entrée dans la mémoire et le point est considéré comme une alarme. Si trois balayages consécutifs produisent une alarme, un signal d'alarme est déclenché. D'autre part, si M_y n'est pas considéré comme une alarme, la valeur $\bar{M}_y$ vient remplacer $\bar{M}_{y-1}$ dans la mémoire. Le fait d'attendre la venue de trois alarmes sur le même point du balayage pour déclencher un signal permet d'éliminer les fausses alarmes.

Lorsque le système d'alarme est mis en marche, tous les points de la mémoire sont mis à zéro et un circuit spécial vient empêcher la reconnaissance d'une alarme pour les 50 premiers balayages du miroir tournant, de sorte que les valeurs $\bar{M}_y$ peuvent quand même entrer dans la mémoire même si $|M_y - \bar{M}_{y-1}| \geq \text{seuil}$. Ainsi après 50 tours, le signal correspondant à un balayage complet est emmagasiné dans la mémoire et le système se met à fonctionner normalement. Le nombre de balayages requis pour la mise en marche est dicté par le temps de réponse le plus long pour les filtres numériques en plus d'une marge de sécurité.

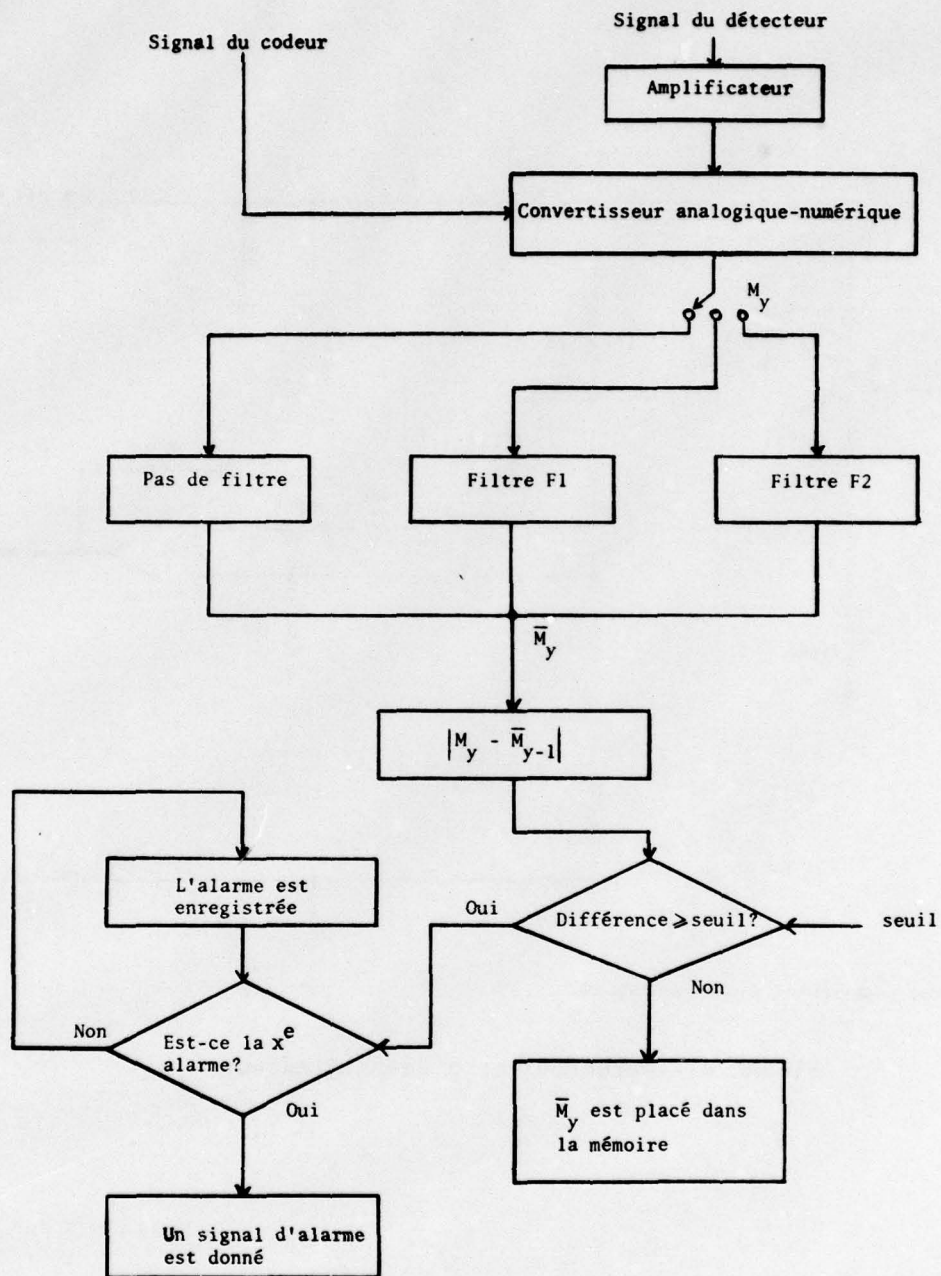


FIGURE 3 - Organigramme du système électronique

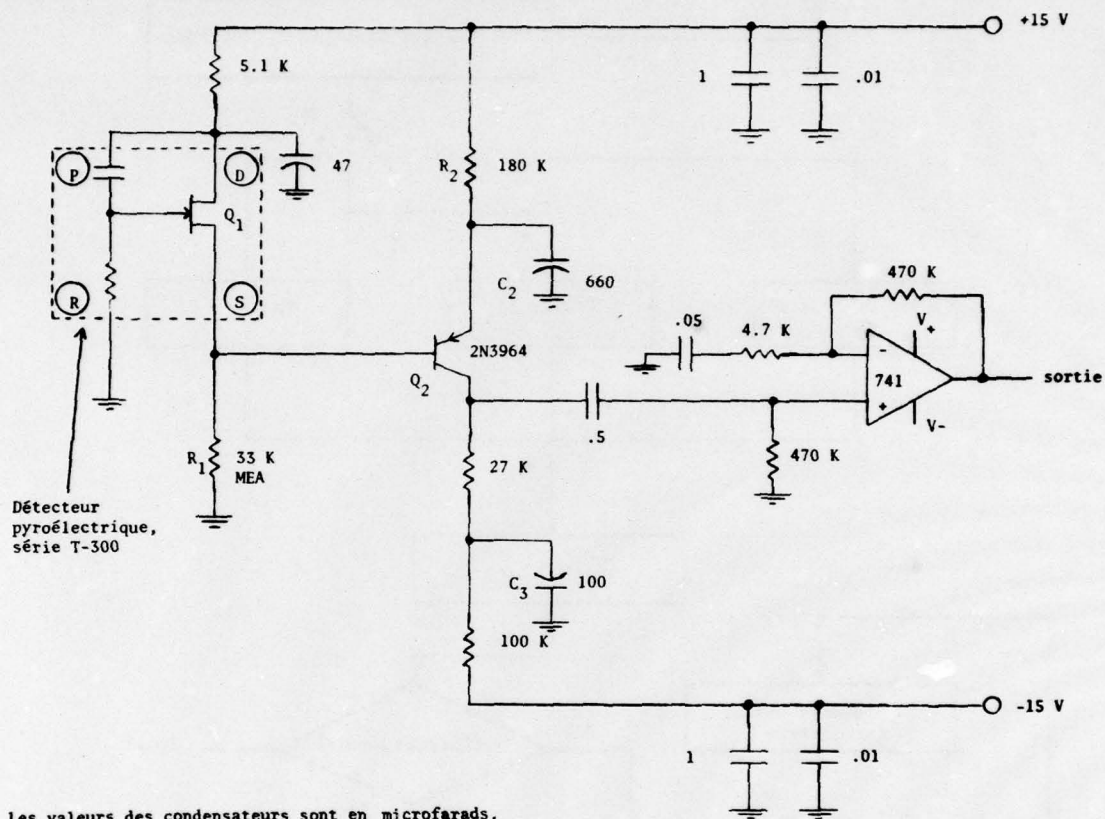


FIGURE 4 - Détecteur et préamplificateur

3.0 TRANSFORMATION DE L'ENERGIE INFRAROUGE EN SIGNAL ELECTRIQUE

Le transfert de l'énergie infrarouge en un signal électrique effectué dans la tête optique a été optimisé. Pour ce faire, on a isolé mécaniquement, au moyen de caoutchouc mousse, le détecteur pyroélectrique du boîtier de la tête optique. En outre, on a modifié le préamplificateur situé dans la tête optique afin d'en minimiser le bruit et d'en corriger la bande passante.

3.1 Modifications du préamplificateur

La figure 4 illustre le préamplificateur de l'alarme d'intrusion auquel nous avons apporté les modifications suivantes. On a d'abord remplacé la résistance R_1 au carbone par une résistance bas-bruit; puis on a changé la polarisation du transistor Q_2 pour minimiser le bruit selon les courbes de figures de bruit; on a, en outre, amélioré le découplage des blocs d'alimentation; on a de plus abaissé la fréquence de coupure basse fréquence en tenant compte de la résistance interne de l'émetteur de Q_2 et en grossissant le condensateur C_2 ; enfin, on a connecté la sortie du signal prise sur le collecteur de Q_2 à l'entrée positive de l'amplificateur opérationnel afin que l'impédance d'entrée dans celui-ci soit grande par rapport à la résistance du collecteur R_3 de Q_2 . La figure 5 montre la réponse en fréquence qu'on a obtenue pour le préamplificateur et l'amplificateur situés dans le système électronique, en mesurant le signal à l'entrée du CAN obtenu à partir d'un signal injecté dans la base de Q_2 du préamplificateur. La figure 6 montre la réponse en fréquence globale de l'ensemble détecteur-amplificateur. Celle-ci est gardée constante à ± 3 dB de 5 à 200 Hz de façon à laisser passer l'information recueillie par le détecteur pour une gamme de vitesses du miroir tournant allant de 0 à 1.5 t/s. On est arrivé à cette réponse en mesurant le signal obtenu à l'entrée du CAN à partir d'une source infrarouge modulée placée à l'avant de la tête optique.

NON CLASSIFIE
10

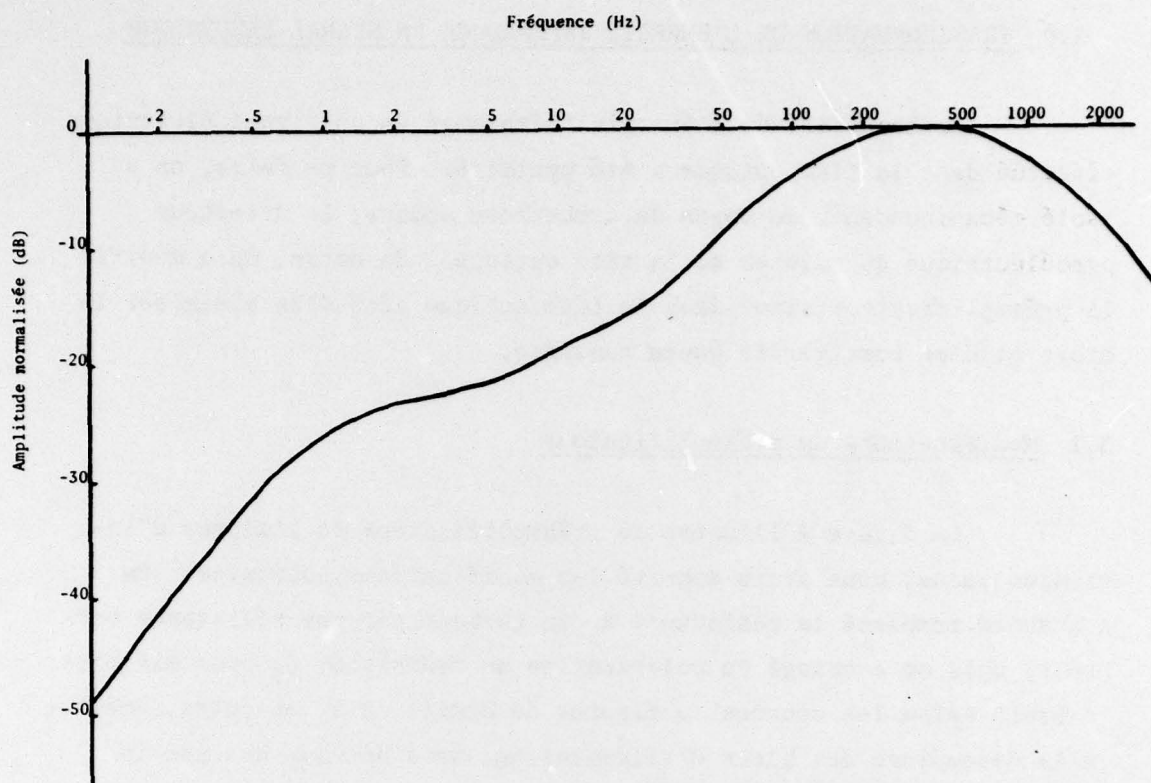


FIGURE 5 - Réponse en fréquence sans détecteur

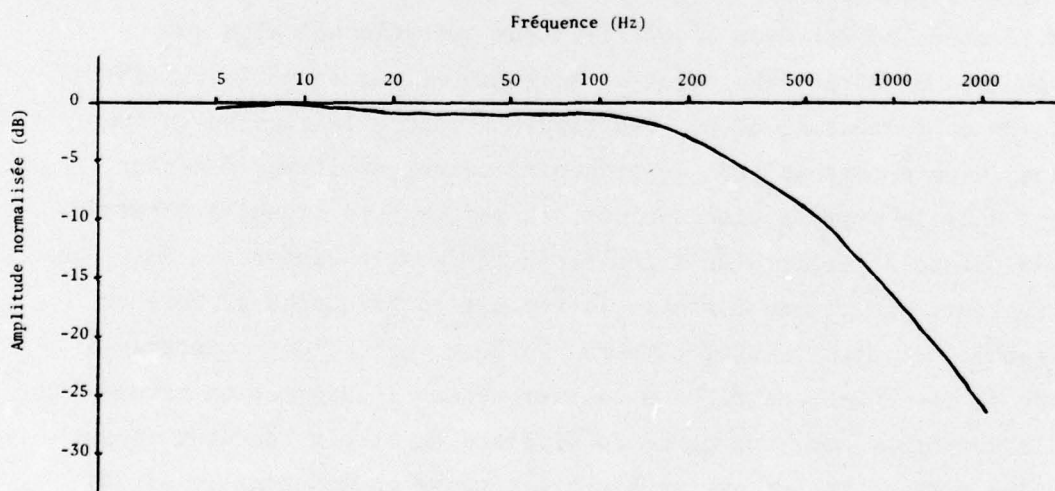


FIGURE 6 - Réponse en fréquence avec détecteur

3.2 Alignement du miroir tournant

Avant de faire des mesures de distances de détection, on doit s'assurer que la tête optique regarde exactement selon l'horizontale. En effet, si elle regarde un peu trop haut ou un peu trop bas, un intrus peut ne pas être détecté même si sa distance de la tête optique est plus petite que la distance normale de détection. La figure 7 illustre la diminution de la distance de détection due à un mauvais ajustement du miroir tournant.

L'alignement du miroir tournant a été effectué au moyen du montage illustré à la figure 8. La tête optique a été placée au niveau sur une table. A une distance de 50 pieds de la tête optique et exactement à la même hauteur, on a placé une source infrarouge de type AGA avec un modulateur derrière une ouverture petite par rapport au champ de vision de façon à obtenir l'alignement le plus précis possible. Nous avons utilisé une ouverture circulaire de 2.5 pouces de diamètre alors que le champ de vision de la tête optique à cette distance est de 8 pouces de diamètre. L'inclinaison du miroir tournant a été ajustée pour avoir le maximum de signal de sortie quand il est maintenu fixe et regarde directement la source modulée.

3.3 Mise au foyer du détecteur

On a effectué la mise au foyer du détecteur en le faisant regarder une source infrarouge à l'infini au moyen d'un miroir avec un foyer hors axe. La figure 9 illustre le montage utilisé. Pour que la mise au foyer du détecteur puisse être réalisée, il faut que la source couvre complètement le détecteur à un moment donné. La grandeur de la source doit donc être telle qu'elle puisse couvrir le champ de vision de 13.2×13.2 mrad du détecteur. La longueur focale du miroir hors axe étant de 120 pouces, la grandeur d'une source à l'infini couvrant 13.2 mrad devient égale à $120 \text{ pouces} \times 13.2 \text{ mrad} = 1.58 \text{ pouce}$. La grandeur de la source que nous avons utilisée est de

3 pouces, ce qui représente une source à l'infini couvrant environ deux fois le champ de vision du détecteur.

Le miroir de la tête optique tournant à 0.5 t/s, on a effectué la mise au foyer du détecteur de façon à obtenir le signal de sortie maximum. Cependant, afin de garder le maximum de profondeur de champ au système, on a placé le détecteur le plus loin possible du miroir sphérique de la tête optique (voir la figure 1) tout en gardant le signal maximum à la sortie.

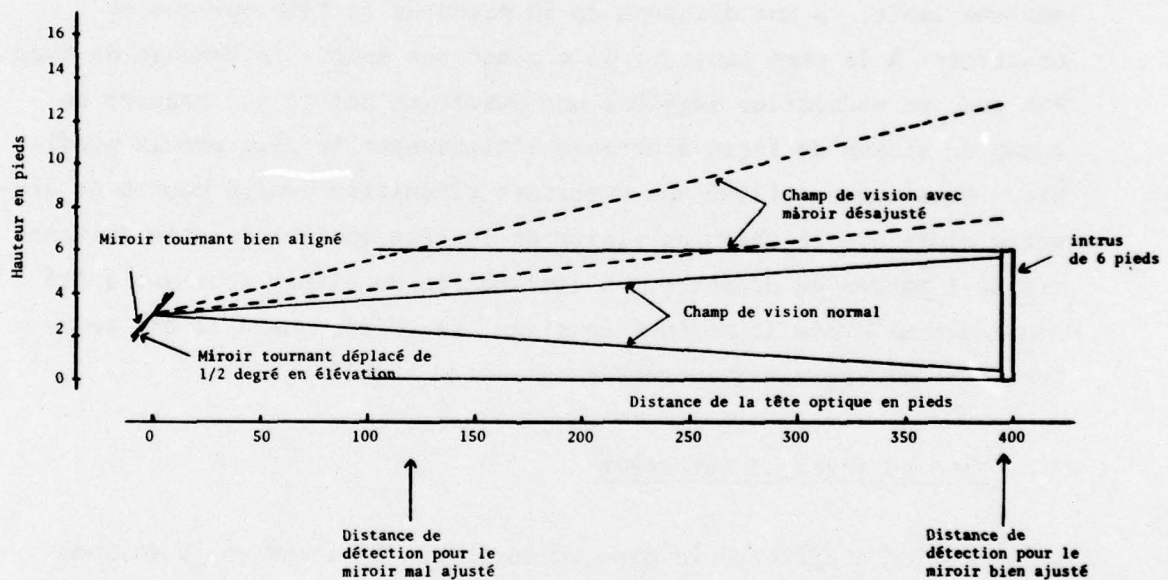


FIGURE 7 - Effet de l'ajustement en élévation du miroir tournant sur la distance de détection d'un intrus

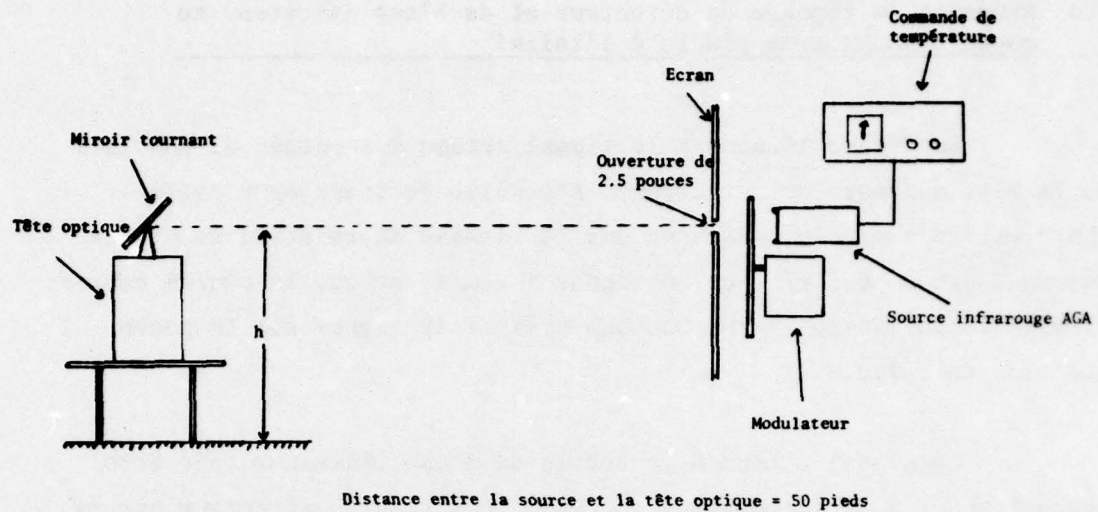


FIGURE 8 - Montage pour l'alignement du miroir tournant

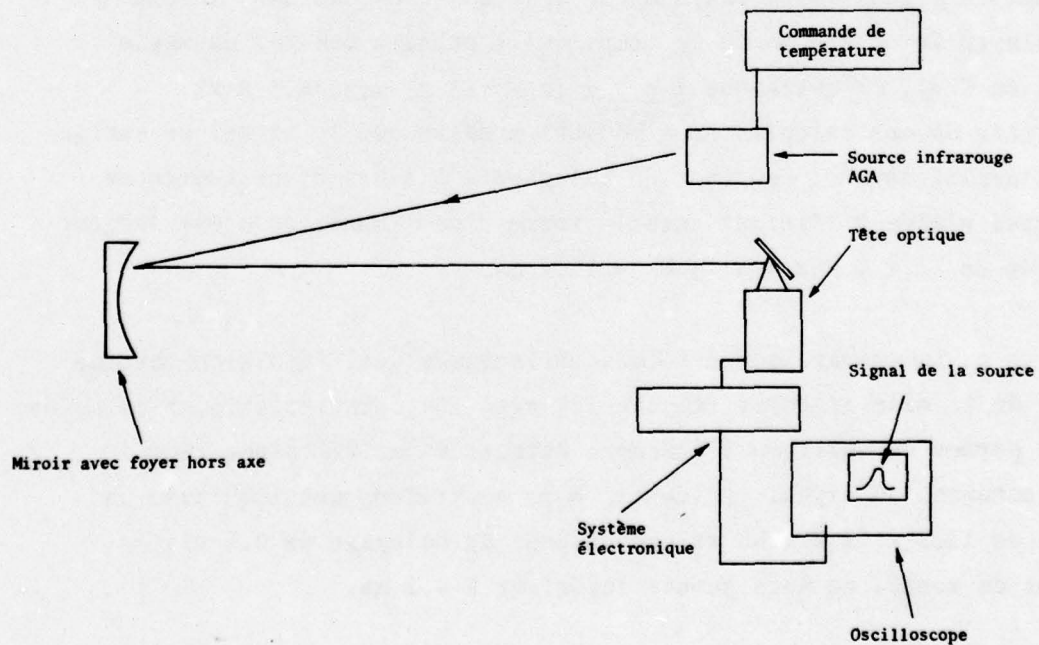


FIGURE 9 - Montage pour la mise au foyer du détecteur

3.4 Etude de la réponse du détecteur et de l'amplificateur au moyen d'une source placée à l'infini

La figure 10 montre le signal obtenu à l'entrée du CAN lors de la mise au foyer du détecteur. L'échelle de temps pour cette photo est de 5 ms/div. Sachant que la vitesse de rotation du miroir tournant est de 0.5 t/s, ce qui donne π rad/s, et que la source couvre 25 mrad (3 po/120 po), nous pouvons prédire le signal sur la photo à l'aide de calculs.

Le signal obtenu à la sortie de l'amplificateur doit être proportionnel à la convolution du champ de vision du détecteur par la dimension horizontale de la source, tel qu'illustré à la figure 11. Les temps de montée et de descente du signal sont égaux et ils ont comme valeur le temps que prend le miroir tournant à balayer un angle égal au CDVI de 13.2×13.2 mrad, ce qui donne 4.2 ms. Le temps pendant lequel le signal reste maximum est égal au temps que met le miroir à balayer la source moins le temps qu'il prend à balayer un angle égal au CDVI, ce qui donne $\frac{1 \text{ s}}{\pi \text{ rad}} \times (25 - 13.2) \text{ mrad} = 3.8 \text{ ms}$. A partir de ces calculs, nous pouvons prédire que le signal de sortie de l'amplificateur résultant du balayage à 0.5 t/s d'une source de 25 mrad placée à l'infini aura la forme d'une impulsion d'une largeur totale de $(4.2 + 3.8 + 4.2) \text{ ms} = 12.2 \text{ ms}$.

La comparaison des caractéristiques de l'impulsion obtenue lors de la mise au foyer (figure 10) avec les caractéristiques calculées nous permet de voir que l'ensemble détecteur-amplificateur répond correctement au signal incident. Nous constatons aussi qu'avec un CDVI de 13.2×13.2 mrad et une vitesse de balayage de 0.5 t/s le temps de montée ne sera jamais inférieur à 4.2 ms.

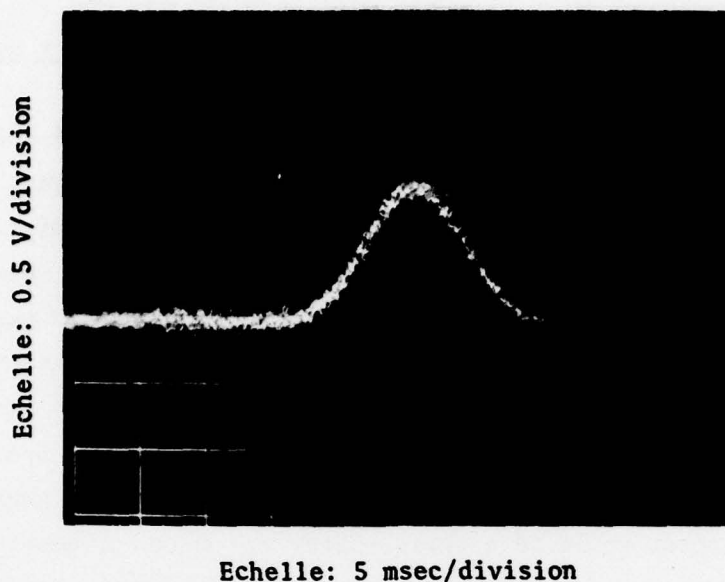


FIGURE 10 - Signal à la sortie de l'amplificateur obtenu par le balayage d'une source de 25 mrad placée à l'infini

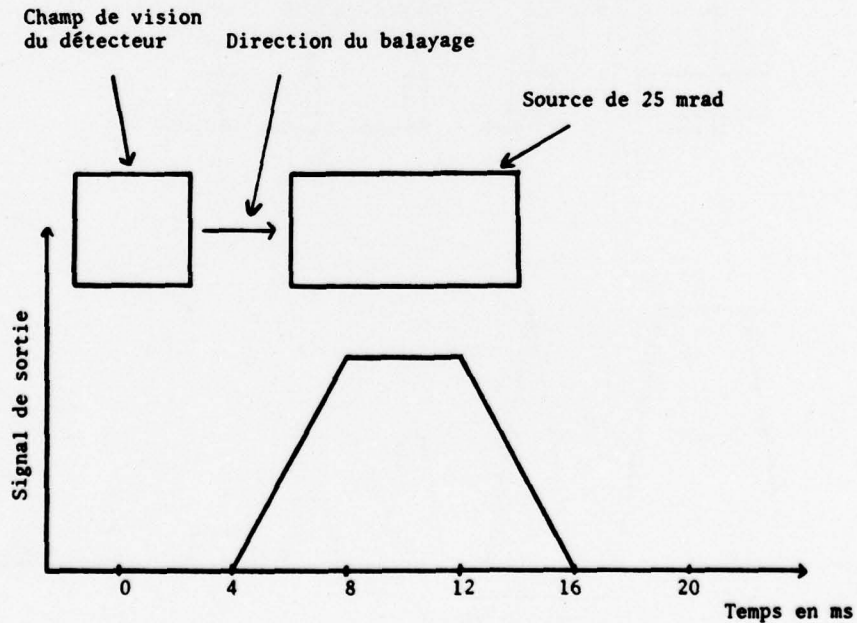


FIGURE 11 - Convolution du champ de vision du détecteur avec une source de 25 mrad pour une vitesse de balayage de 0.5 tour par seconde

3.5 Prédiction de signaux obtenus lorsque la source est une personne

Comme le système d'alarme d'intrusion est destiné à détecter des intrus qui, la plupart du temps, seront des êtres humains, il convient ici d'étudier le signal obtenu en fonction de la distance lorsque la source est un homme. Pour ce faire, nous avons réuni sur la même figure (figure 12) les signaux normalisés obtenus à partir de sources couvrant des angles différents. Les unités pour les angles que couvrent les sources sont données en unités de champ de vision (CDV) de la tête optique (13.2 mrad). Ainsi, 3 CDV = 39.6 mrad. La même figure montre la distance qu'il doit y avoir entre un homme de 1.5 pied de largeur et la tête optique pour que celui-ci couvre l'angle de source correspondant. Nous voyons, par exemple, qu'un homme de 1.5 pied de largeur placé à 456 pieds de la tête optique va couvrir le quart du champ de vision.

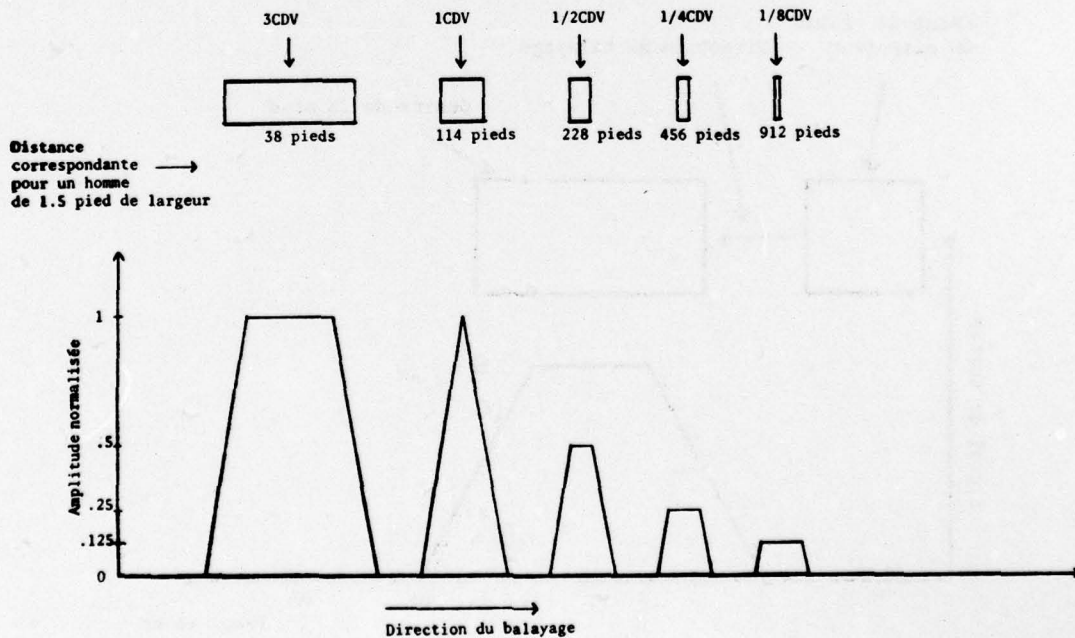


FIGURE 12 - Comparaison des signaux de sortie de l'amplificateur en fonction de la grandeur de la source en unité de champ de vision du détecteur (CDV)

4.0 DETECTION DES CHANGEMENTS DANS LE SIGNAL ENTRE DEUX BALAYAGES CONSECUTIFS

Tel qu'énoncé précédemment, le signal M_y du CAN peut prendre trois chemins différents qui vont donner trois valeurs différentes pour la moyenne $\bar{M}_y$ à placer dans la mémoire. Cependant, si la différence entre M_y et $\bar{M}_{y-1}$ est plus grande qu'un seuil ajustable, la nouvelle moyenne $\bar{M}_y$ n'est pas placée dans la mémoire et le point M_y est considéré comme une alarme.

Une étude effectuée avant la construction du prototype avait démontré que l'utilisation de filtres numériques pour faire la moyenne de chaque balayage aurait pour effet de réduire le bruit sur la trace $\bar{M}_y$ gardée en mémoire et ainsi de réduire le seuil de comparaison entre $\bar{M}_{y-1}$ et M_y . Cela entraînait une plus grande probabilité de détection d'une cible et un taux de fausses alarmes plus faible.

4.1 Réduction de bruit obtenue avec les filtres numériques

Pour étudier la réduction de bruit obtenue avec chacun des filtres F1 et F2 pour différents paramètres, nous avons observé, pour un point particulier du balayage, le signal d'entrée M_y et le signal correspondant $\bar{M}_y$ qui entrait dans la mémoire. La figure 13 montre l'entrée du filtre M_y et la sortie correspondante $\bar{M}_y$ pour les filtres F1 et F2. On a obtenu ces traces en faisant passer M_y et $\bar{M}_y$ dans des convertisseurs analogiques numériques. Le signal d'entrée M_y était une constante avec un bruit aléatoire superposé.

L'observation attentive de ces traces nous a permis de voir que la réduction de bruit effectuée par les filtres numériques n'était pas aussi bonne que l'on s'y attendait d'après les résultats de la simulation des filtres F1 et F2. De plus, nous avons constaté que

si la moyenne des niveaux d'entrée M_y se situait, par exemple, au niveau 128, la moyenne des niveaux de sortie $\bar{M}_y$ se situait à quelques niveaux plus bas. Nous avons donc entré des niveaux connus M_y dans chacun des filtres et nous avons observé les sorties correspondantes $\bar{M}_y$. Le tableau I donne les valeurs de sortie $\bar{M}_y$ pour chaque filtre lorsque les entrées M_y sont des niveaux constants de 50, 128 et 200. Ces niveaux de sortie sont donnés pour deux états différents de la valeur $\bar{M}_y$ emmagasinée en mémoire avant l'application des niveaux connus M_y . Les colonnes marquées "bas" donnent les valeurs de stabilisation de la moyenne $\bar{M}_y$ lorsque celle-ci était plus basse que le niveau M_y quand celui-ci a été appliqué, tandis que les colonnes marquées "haut" donnent les valeurs de stabilisation de la moyenne $\bar{M}_y$ lorsqu'elle était plus élevée que le niveau appliqué M_y .

Nous pouvons constater, d'après le tableau I, que l'erreur pour le filtre F1 croît avec la croissance du temps de réponse du filtre, mais seulement lorsqu'il s'agit de suivre une augmentation dans les valeurs d'entrée M_y . Par contre, lorsque la valeur d'entrée M_y est plus petite que M_{y-1} , la sortie du filtre $\bar{M}_y$ suit l'entrée M_y . Ce phénomène est dû à la troncation à 8 bits de la sortie du filtre, $\bar{M}_y$, quand elle est emmagasinée dans la mémoire. C'est ainsi que la moyenne du signal gardé en mémoire se tiendra toujours à quelques niveaux plus bas que la moyenne du signal d'entrée. Donc, même si le bruit est diminué dans la mémoire, le niveau moyen est changé et le seuil de comparaison entre M_y et $\bar{M}_{y-1}$ doit être maintenu haut pour ne pas avoir de fausses alarmes.

Quant au filtre F2, l'erreur est constante et est proportionnelle au niveau moyen de l'entrée M_y . La différence entre les niveaux moyens d'entrée et de sortie est un pourcentage de la valeur d'entrée. Cette différence provient du fait que les coefficients choisis comme paramètres ont seulement 8 bits. Ainsi, pour un temps de

réponse de 10, le paramètre y_0 de F2 doit être égal à 0.1 et la moyenne $\bar{M}_y$ est obtenue par l'addition des dix dernières valeurs de M_y multipliées par 0.1. Si, au lieu de 0.1, on a dans la mémoire de 8 bits, le coefficient 0.09765, la moyenne obtenue pour $\bar{M}_y$ sera seulement 97.65% de la moyenne que l'on aurait dû obtenir.

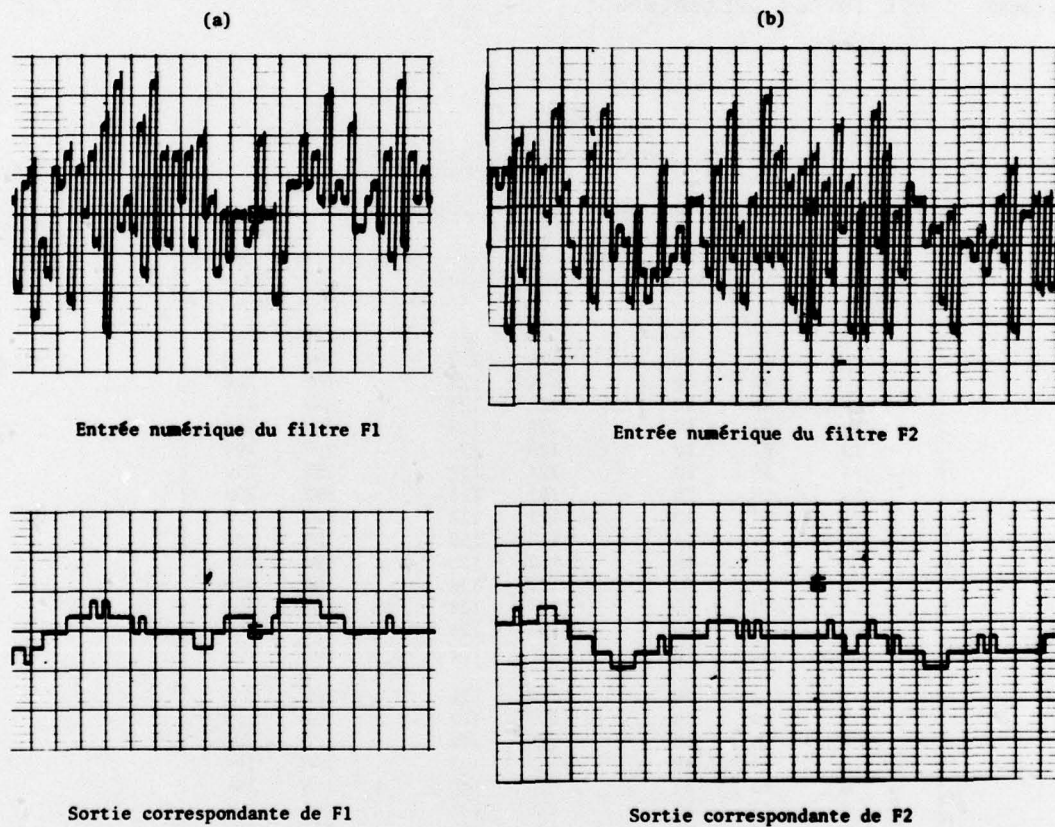


FIGURE 13 - Réduction de bruit effectuée par les filtres numériques

NON CLASSIFIE

20

C'est donc dire que les filtres numériques qui ont été construits donnent une moyenne erronée de l'entrée M_y et qu'ils ne peuvent pas être utilisés pour évaluer le système. Nous pouvons cependant voir sur la figure 13 que ces filtres réduisent effectivement le bruit présent sur le signal et qu'ils pourraient devenir utiles dans un tel système d'alarme d'intrusion si l'erreur qu'ils donnent à la moyenne était diminuée par l'élaboration d'un système nouveau à 12 ou 16 bits au lieu de 8, comme c'est le cas présentement.

TABLEAU I

Vérification des filtres F1 et F2

Temps de Réponse	50		128		200		
	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas	Haut	
Filtre F1	5	49	50	127	128	199	200
	6	48	50	126	128	198	200
	7	48	50	126	128	198	200
	8	48	50	126	128	198	200
	9	47	50	125	128	197	200
	10	47	50	125	128	197	200
	12	46	50	124	128	196	200
	14	45	50	123	128	195	200
	15	45	50	123	128	195	200
	18	45	50	123	128	195	200
	20	44	50	122	128	194	200
	22	44	50	122	128	194	200
	24	43	50	121	128	193	200
	25	43	50	121	128	193	200
	28	42	50	120	128	192	200
Filtre F2	2	50	50	128	128	200	200
	3	49	49	127	127	199	199
	4	50	50	128	128	200	200
	5	49	49	127	127	199	199
	6	49	49	126	126	196	196
	7	49	49	126	126	196	196
	8	50	50	128	128	200	200
	9	49	49	126	126	196	196
	10	48	48	125	125	195	195

Bas: De 30 à 50, de 108 à 128, de 180 à 200.

Haut: De 70 à 50, de 148 à 128, de 220 à 200.

5.0 DISPOSITIFS AJOUTES AU PROTOTYPE ORIGINAL

Dans le but de faciliter l'évaluation et de la rendre plus complète, nous avons ajouté quelques dispositifs au prototype original, dont quelques-uns s'avéraient essentiels. Ces dispositifs sont une bande passante variable pour l'amplificateur d'entrée, un gain variable pour ce même amplificateur avec un indicateur de saturation, une référence fixe pour savoir d'où vient l'alarme, un commutateur $36^{\circ}/360^{\circ}$ pour l'affichage des alarmes, une diode électroluminescente (LED) pour indiquer une alarme avec un commutateur $\div 2/\div 3$ ainsi qu'un commutateur 500/1000 qui va choisir le nombre d'échantillonnages par balayage du miroir tournant.

5.1 Bande passante variable

Nous avons placé un commutateur à trois positions permettant de choisir des bandes passantes de 200 Hz, 500 Hz et 1000 Hz pour l'amplificateur d'entrée. L'augmentation de la bande passante de l'amplificateur d'entrée permet de faire tourner le miroir plus rapidement tout en laissant passer le signal complètement. Cependant, lors de l'évaluation, nous avons observé que l'augmentation de la bande passante, en augmentant aussi le bruit, diminuait la distance de détection d'une cible. C'est pourquoi l'évaluation s'est faite avec la bande passante de 200 Hz et une vitesse de rotation du miroir de 0.5 t/s.

5.2 Gain variable avec indicateur de saturation

Nous avons ajouté au prototype un potentiomètre à 10 tours pour varier le gain de l'amplificateur d'entrée et un indicateur de saturation pour faciliter l'ajustement optimum du gain. Cet ajustement est atteint lorsque le signal provenant d'un balayage entier emplit complètement la mémoire, c'est-à-dire lorsque la presque totalité des niveaux de quantification disponibles sont mis en jeu.

5.3 Référence fixe

L'un des grands problèmes du prototype original était que l'on ne savait pas d'où venaient les alarmes affichées par les LED du tableau d'affichage. C'est pourquoi un système de référence fixe a été ajouté de telle sorte qu'un LED affiche toujours les mêmes points en azimut par rapport à une marque de référence faite sur le système optique. Ce système de référence est composé d'un codeur supplémentaire placé dans la tête optique qui donne une impulsion à chaque tour du miroir.

5.4 Affichage des alarmes à 36°

On a, en outre, ajouté un commutateur à deux positions au tableau d'affichage des alarmes pour permettre l'affichage d'un secteur de 36° en azimut au lieu de 360°. Ainsi, à la position 36°, chacun des 20 LED affiche un secteur de 1.8° au lieu de 18°. En plus de donner plus de précision dans la direction de l'intrus détecté, ce système permet de ne pas tenir compte des fausses alarmes qui pourraient se produire en dehors de ce secteur de 36° lors de l'ajustement du seuil de détection.

5.5 Indicateur d'alarme

Le prototype d'évaluation a été doté d'un indicateur d'alarme qui s'allume seulement si une alarme se produit deux ou trois fois consécutives dans un secteur indiqué par un LED du tableau d'affichage d'alarmes. Le choix entre deux et trois fois est effectué au moyen d'un commutateur à deux positions ($\div 2 / \div 3$). Une fois allumé, cet indicateur le reste même si l'intrus qui a déclenché l'alarme disparaît et que tout est redevenu à la normale sur le tableau d'affichage.

5.6 Echantillonnage sur 500 points au lieu de 1000

Un commutateur à deux positions ajouté au prototype d'évaluation permet de choisir le nombre d'échantillonnages par révolution du miroir. A la position 500, 500 points sont échantillonnés à chaque balayage, ce qui donne un angle de 12.6 mrad entre chaque échantillon. A la position 1000, le signal est échantillonné à tous les 6.3 mrad. Le but de cette addition était de pouvoir évaluer le système pour un échantillonnage plus faible.

6.0 RESULTATS DE L'EVALUATION

Nos résultats ont été obtenus au cours de l'évaluation d'un prototype de système d'alarme d'intrusion sans filtre numérique puisque les filtres engendraient une erreur de troncation trop grande dans la moyenne. Le signal M_y provenant d'un point particulier d'un balayage est entré directement dans la mémoire. Chaque point est comparé avec le point précédent correspondant et une alarme est donnée lorsque $|M_y - M_{y-1}| > \text{seuil}$. Cependant, dans le cas où une alarme est donnée, le point M_y qui a produit l'alarme n'est pas entré en mémoire mais le point précédent M_{y-1} est gardé pour que le système ne s'habitue pas à l'intrus.

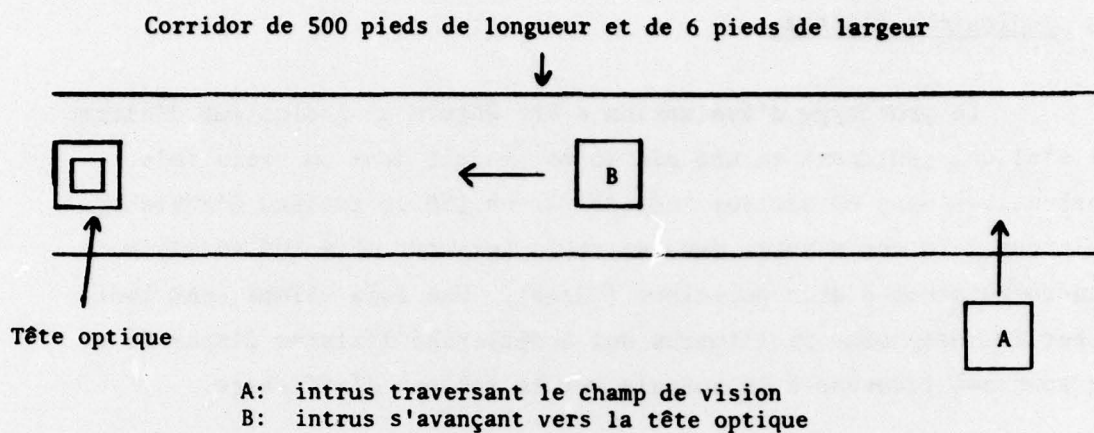


FIGURE 14 - Evaluation à l'intérieur

TABLEAU II

Distances de détection d'un intrus à l'intérieur

A	B	C	D
$3/4^\circ \times 3/4^\circ$	1000	410 pieds	115 pieds
$3/4^\circ \times 3/4^\circ$	500	443 pieds	115 pieds
$3/4^\circ \times 5^\circ$	1000	210 pieds	76 pieds
$3/4^\circ \times 5^\circ$	500	237 pieds	76 pieds

A = Champ de vision instantané de la tête optique.

B = Nombre d'échantillons par balayage de la tête optique.

C = Distance de détection d'un homme traversant le champ de vision.

D = Distance de détection d'un homme s'avançant vers la tête optique.

L'évaluation du prototype d'alarme d'intrusion s'est déroulée à l'intérieur et à l'extérieur en échantillonnant le balayage de 360° de la tête optique 500 fois et 1000 fois. Pour l'évaluation à l'intérieur, des CDVI de 13.2×13.2 mrad et de 13.2×87.3 mrad ont été utilisés tandis qu'à l'extérieur, un CDVI de 13.2×13.2 mrad a été employé. A l'intérieur et à l'extérieur, l'intrus était un homme habillé en vêtement d'intérieur traversant le champ de vision de la tête optique ou s'avançant vers celle-ci.

6.1 Evaluation du système à l'intérieur

L'évaluation du système à l'intérieur a été effectuée de la manière illustrée à la figure 14. Le prototype a été placé au bout d'un corridor de 500 pieds de longueur sur 6 pieds de largeur. Le gain de l'amplificateur d'entrée du système électronique a été ajusté de manière à ce que la mémoire soit remplie de façon optimum lors d'un balayage complet de la tête optique et le seuil de comparaison entre deux points consécutifs a été ajusté de manière à ce que les fausses alarmes soient éliminées.

Les résultats obtenus sont donnés au tableau II. Ces résultats sont les moyennes de plusieurs essais. Nous pouvons remarquer dans ce tableau que la meilleure distance de détection a été obtenue avec un échantillonnage de la trace à 500 points et un intrus traversant le champ de vision de la tête optique de 13.2×13.2 mrad.

Les résultats du tableau II nous conduisent à trois constatations générales pour l'évaluation. La première est que la distance de détection d'un intrus est diminuée de 64 à 74% lorsque ce dernier s'avance vers la tête optique par rapport au cas où il traverse le champ de vision. Ce phénomène peut être expliqué par le fait que lorsque l'intrus traverse le champ de vision, le changement de signal qu'il produit à la sortie du détecteur est plus brusque que lorsqu'il

s'avance vers le tête optique. En effet, dans le cas de l'intrus qui traverse le champ de vision, le détecteur, lors d'un balayage du miroir, voit un signal qui n'existait pas lors du balayage précédent. Ainsi, lorsque la comparaison se fait entre un point qui arrive et le point correspondant gardé en mémoire, un signal d'alarme est déclenché. D'autre part, dans le cas de l'intrus qui s'avance vers la tête optique, le signal à détecter grandit progressivement lors de balayages successifs. Pour être détecté, le changement de signal entre deux balayages doit être plus grand que le seuil de comparaison. Alors, l'intrus qui s'avance vers la tête optique sera détecté seulement lorsque le changement de signal qu'il produit entre deux balayages consécutifs du miroir tournant sera plus grand que le seuil de comparaison. C'est pourquoi la distance de détection est plus faible dans ce dernier cas.

La deuxième constatation apportée par l'évaluation est que la distance de détection d'un intrus est diminuée de 33 à 47% lorsque le champ de vision en élévation de la tête optique est porté de 13.2 à 87.3 mrad. Cela est dû au fait que le signal électrique qui sort du détecteur est proportionnel à la moyenne de la radiation infrarouge qu'il reçoit sur toute sa surface. A des distances égales de la tête optique, lorsque le champ de vision est petit, l'intrus (un homme) produit un changement de radiation sur une plus grande surface du détecteur que lorsque le champ de vision est grand, ce qui donne un signal de sortie du détecteur plus grand, d'où une distance de détection plus grande.

Une troisième constatation tirée de l'évaluation est que la distance de détection d'intrus est augmentée jusqu'à 13 pour cent lorsqu'on échantillonne le balayage de 360° en 500 points au lieu de

1000. Le champ de vision instantané du détecteur en azimut étant de 13.2 mrad, un échantillonnage du balayage en 1000 points entraîne un recouvrement de points c'est-à-dire que l'information enregistrée pour un point contient de l'information ayant trait aux deux points voisins. Dans le cas d'un échantillonnage en 500 points, chaque partie du balayage se retrouve seulement en un point de mémoire et non en trois points, comme c'est le cas avec 1000 points.

6.2 Evaluation du système à l'extérieur

La figure 15 montre la façon dont l'évaluation du système d'alarme d'intrusion a été effectuée à l'extérieur. La tête optique a été placée à l'origine d'un angle de 36° délimité par des piquets sur un terrain vacant. Les intrus détectés ont été un homme habillé en vêtement d'intérieur et un véhicule de type "Step Van" qui circulaient dans la zone surveillée. Les distances de détection enregistrées pour les deux types d'intrus sont données au tableau III.

Il faut noter cependant que les résultats que nous avons enregistrés ne l'ont été que dans les situations les plus favorables, où il ne ventait pas et où le ciel était sans nuages. Dans les cas où le ciel se couvrait ou que la brise se faisait sentir, le nombre de fausses alarmes devenait considérable et les distances de détection ne pouvaient plus être mesurées. C'est donc dire que le système d'alarme d'intrusion n'est pas utilisable à l'extérieur, tel que nous l'avons évalué, mais pourrait peut-être le devenir si des filtres optiques étaient ajoutés en avant du détecteur, si des filtres électroniques étaient utilisés, ou même si les signaux électriques reçus étaient traités électroniquement.

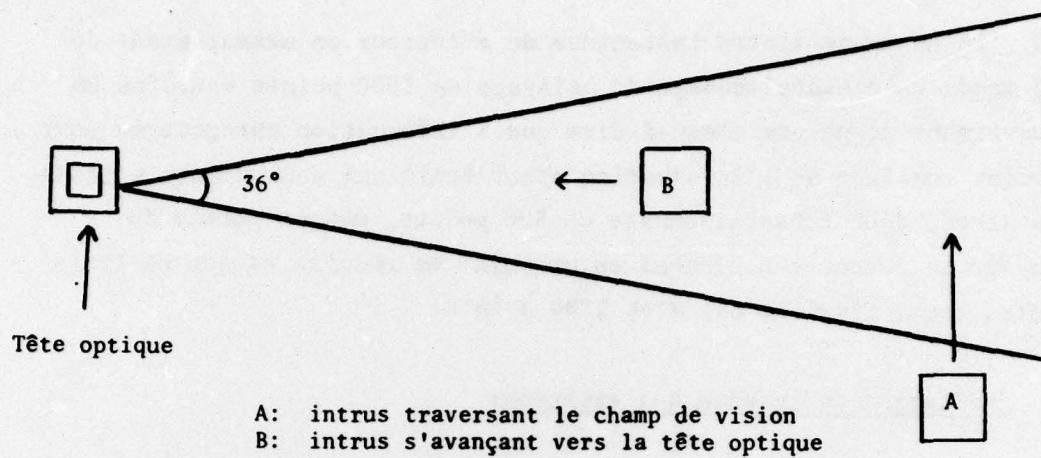


FIGURE 15 - Evaluation à l'extérieur

TABLEAU III

Distance de détection d'un intrus à l'extérieur

Echantillonnage	Intrus A	Intrus B	Intrus C	Intrus D
500 points	370 pi	130 pi	1300 pi	300 pi
1000 points	380 pi	65 pi	1000 pi	300 pi

Intrus A: Homme traversant le champ de vision.

Intrus B: Homme s'avançant vers la tête optique.

Intrus C: Véhicule (step Van) traversant le champ de vision.

Intrus D: Véhicule s'avançant vers la tête optique.

7.0 CONCLUSION

Le système d'alarme d'intrusion infrarouge construit à l'Université Laval a été évalué au CRDV après que les modifications nécessaires à son bon fonctionnement eurent été effectuées. Les filtres numériques qui semblaient prometteurs lors des simulations sur ordinateur se sont avérés inefficaces dans le système d'alarme d'intrusion parce qu'ils engendraient des erreurs plus grandes que celles qu'ils devaient corriger, erreurs dues au fait que seulement 8 bits sont utilisés pour traiter le signal numérique. On peut cependant contourner ces difficultés en effectuant des calculs à 12 ou 16 bits plutôt qu'à 8.

Le système d'alarme s'est montré très efficace pour détecter des intrus à l'intérieur d'un édifice. Des distances de détection de plus de 440 pieds ont été obtenues avec un champ de vision instantané restreint de 13.2×13.2 mrad pour la tête optique tandis que des distances de plus de 230 pieds ont été atteintes pour un champ de vision de 13.2×87.3 mrad, plus adéquat pour la surveillance d'un édifice. Ces distances de détection ont été obtenues avec un homme comme intrus. Par contre, le système s'est montré moins efficace à l'extérieur à cause des nombreuses fausses alarmes produites par des nuages qui passaient ou par le vent. D'autres modifications devront être apportées pour l'utilisation d'un tel système d'alarme à l'extérieur.

8.0 REMERCIEMENTS

Je veux remercier tout spécialement M. M. Lessard pour les idées originales qu'il a apportées dans l'évaluation et la modification du système d'alarme d'intrusion. Je tiens aussi à remercier M. L. Paquet pour ses interventions fructueuses lors de l'étude et des modifications de la partie analogique, de même que le Dr G. Giroux et M. P. Côté pour leurs judicieux conseils.

NON CLASSIFIE

30

9.0 REFERENCES

- [1] Fournier, M., Tam, W. and Rancourt D., "Research in the field of digital filters and their application in electronic surveillance" Final Report, Contract No 2SR3-0011 (1975) UNCLASSIFIED
- [2] Tam, W. and Montminy, B., "Application of digital filtering to an infrared intrusion alarm device", DREV R-4055/77, January 1977, UNCLASSIFIED
- [3] Montminy, B., "Simulation de filtres digitaux avec application au système d'alarme d'intrusion", CRDV M-2395/76, août 1976, NON CLASSIFIE