

Option sciences expérimentales en première S
Étude et réalisation d'une barrière infrarouge

par Jacques ROYER
Professeur de Sciences Physiques
et Éric GINDRE
Technicien de Laboratoire - Lycée Aristide Briand
Avenue Pierre de Coubertin - 44606 Saint-Nazaire

RÉSUMÉ

Le travail relaté dans cet article a été effectué dans le cadre de l'enseignement optionnel de sciences expérimentales de première S avec un groupe de dix-huit élèves. Le contenu pédagogique des cinq séances de travaux pratiques de trois heures ainsi que toutes les informations nécessaires à la fabrication de la barrière infrarouge sont fournis.

INTRODUCTION

Le thème «**conception et réalisation en électronique**» du programme de l'option sciences expérimentales a été abordé au deuxième trimestre à l'issue de l'unité «**rayonnement et couleur**». Il était alors naturel d'envisager un montage électronique utilisant un rayonnement électromagnétique. L'objectif pédagogique étant également d'appliquer et d'approfondir les connaissances en électricité et électronique acquises au collège et en seconde, c'est sur l'étude et la réalisation de cette barrière infrarouge que notre choix s'est arrêté.

Outre son intérêt pratique de détecteur de passage, ce montage peu onéreux (environ soixante francs par élève) présente l'avantage d'utiliser des composants connus des élèves : résistance, diode, LED, amplificateur opérationnel et condensateur, mais aussi des composants opto-électroniques simples auxquels ils sont moins habitués : photo-transistor et diode électroluminescente infrarouge.

L'émetteur et le récepteur, dont les schémas électriques sont donnés par les figures 1 et 2, ont été conçus sur plaquette de montage

Électrome P60 de manière raisonnée et étape par étape lors des quatre premières séances. Le montage final sur circuits imprimés et l'insertion dans les boîtiers ont été effectués lors de la dernière séance.

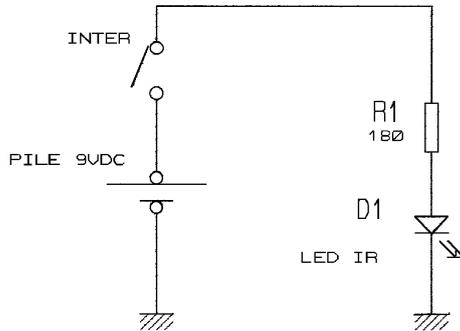


Figure 1 : Schéma électrique de l'émetteur infrarouge.

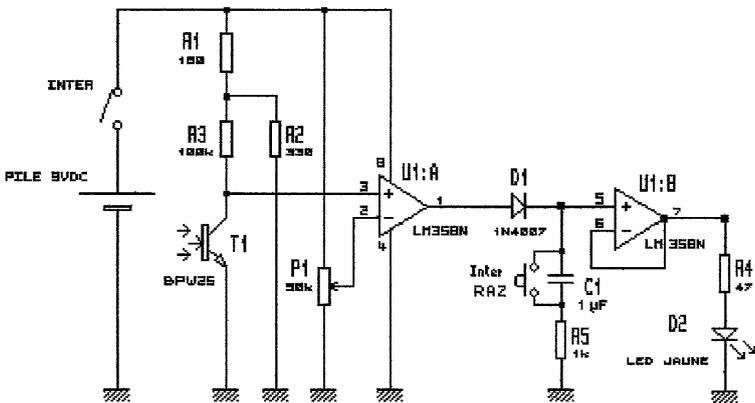


Figure 2 : Schéma électrique du récepteur. Le composant LM358N contenant les deux amplificateurs opérationnels nécessaires est alimenté de manière dissymétrique : + 9 V ; masse (0).

Au terme de ces cinq séances, chaque élève est devenu l'heureux propriétaire d'un détecteur de passage aux performances modestes (distance maximale émetteur-détecteur de l'ordre du mètre) mais conçu et réalisé par ses propres soins.

PREMIÈRE SÉANCE

a - Rôle de la barrière infrarouge et principe de fonctionnement
(figure 3)

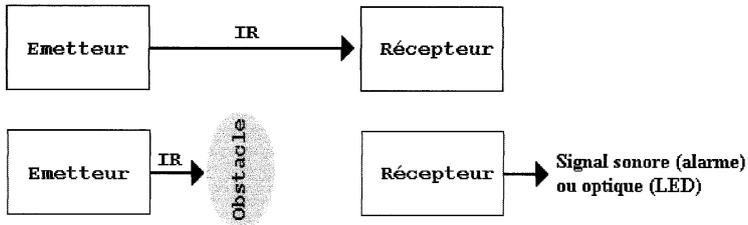


Figure 3 : Rôle de la barrière infrarouge.

b - Étude de l'émetteur

- Tracé de la caractéristique de la diode infrarouge LD271 point par point ou à l'oscilloscope et exploitation : tension de seuil de l'ordre de 1,1 à 1,2 V et résistance de l'ordre de 1Ω .
- Tracé de la caractéristique de la pile de f.é.m. 9 V à l'aide d'une table traçante (figure 4) et exploitation : résistance interne de l'ordre de 20Ω .

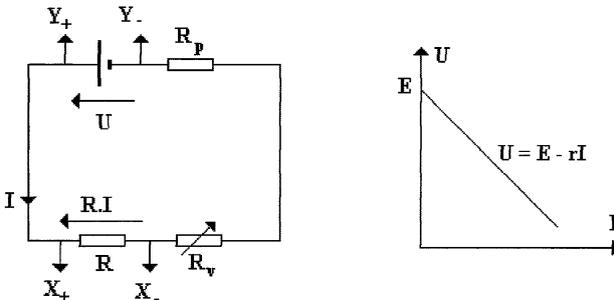


Figure 4 : Méthode d'obtention de la caractéristique intensité-tension de la pile 9 V à l'aide d'une table traçante. En faisant décroître doucement la valeur de la résistance R_v (potentiomètre $2 \text{ k}\Omega$), on trace facilement $U = f(I)$. Valeurs des résistances employées : $R = 10 \Omega$; $R_p = 47 \Omega$. Sensibilités de la table traçante : voie X : $0,1 \text{ V.cm}^{-1}$; voie Y : 1 V.cm^{-1} .

- Détermination, par calcul de la résistance de protection R_1 à insérer dans le circuit série constituant l'émetteur afin de limiter l'intensité de fonctionnement à environ 40 mA : $R_1 = 180 \Omega$. La diode supporte un courant maximal de 130 mA (figure 5).

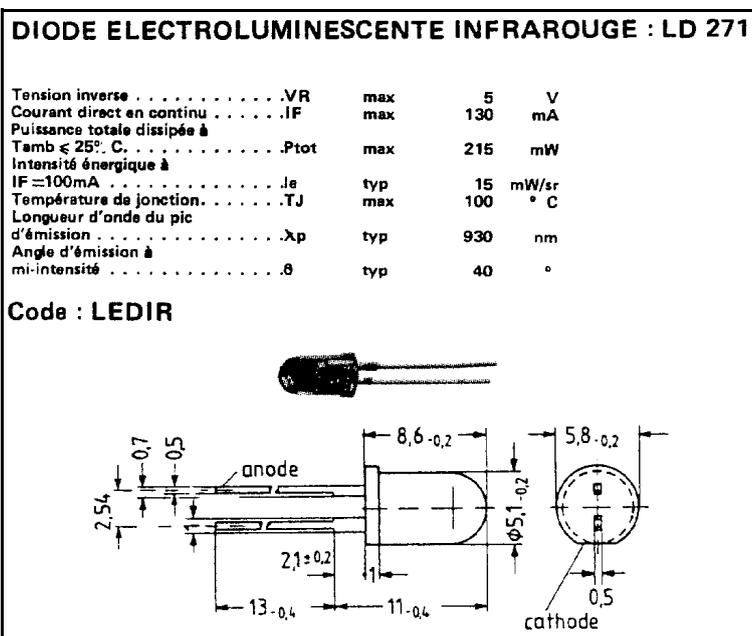


Figure 5 : Caractéristiques techniques de la diode infrarouge LD271.

– Réalisation de l'émetteur sur plaquette P60 et vérification de son fonctionnement à l'aide d'un détecteur infrarouge (B.U.P. n° 737 - page 1213).

DEUXIÈME SÉANCE

Le matériel classique employé en classe de seconde convient parfaitement pour cette séance. Pour l'aspect théorique, l'article de G. LAVERTU dans le B.U.P. n° 687 (page 1269) peut constituer un bon support.

Les amplificateurs opérationnels sont généralement alimentés symétriquement (+ V_{alim} et - V_{alim}). Le récepteur étudié contient le composant LM358N à deux A.O (voir brochage en annexe 2) spécialement prévu pour être alimenté de manière dissymétrique (+ 9 V et masse) grâce à l'unique pile. On peut aussi employer un LM1458.

a - L'amplificateur opérationnel en montage suiveur (figure 6)

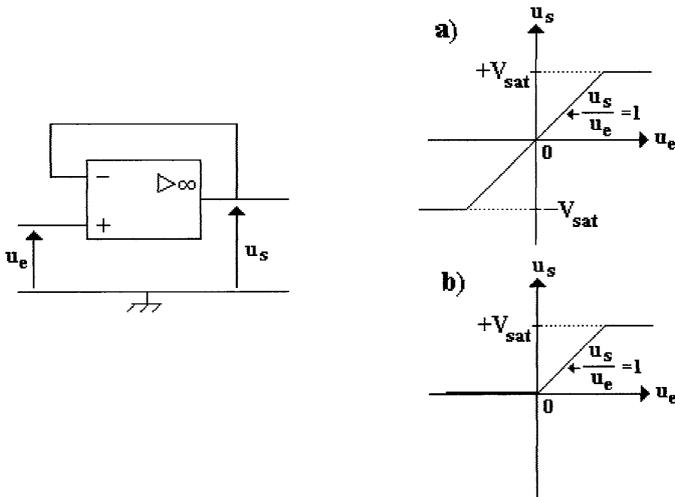


Figure 6 : La caractéristique de transfert d'un montage suiveur dans le cas d'un A.O alimenté de façon :

a - Symétrique ; $(+V_{alim} ; -V_{alim})$;

b - Dissymétrique $(+V_{alim} ; \text{masse})$.

- Tracé de la caractéristique de transfert en tension soit point par point, soit à l'aide de l'oscilloscope. Mise en évidence du régime linéaire tel que l'amplification $u_s/u_e = 1$ et du régime de saturation tel que $u_s = \pm V_{sat}$ lorsque l'A.O est alimenté symétriquement ou $u_s = +V_{sat}$ ou 0 lorsque l'A.O est alimenté de manière dissymétrique $(+V_{alim}$ et 0) comme dans le récepteur de la barrière infrarouge.

- Intérêt pratique du montage suiveur de tension pour réaliser une source de tension idéale.

b - L'amplificateur opérationnel en mode comparateur (figure 7)

- Notion de tension de référence u_{ref} .

- Intérêt pratique du montage comparateur :

alimentation symétrique de l'A.O $(+V_{alim}$ et $-V_{alim})$:

si $\varepsilon = u_+ - u_- > 0$ alors $u_s = +V_{sat}$; si $\varepsilon < 0$ alors $u_s = -V_{sat}$;

alimentation dissymétrique de l'A.O (+ V_{alim} et 0) :

si $\varepsilon > 0$ alors $u_s = +V_{sat}$; si $\varepsilon < 0$ alors $u_s = 0$.

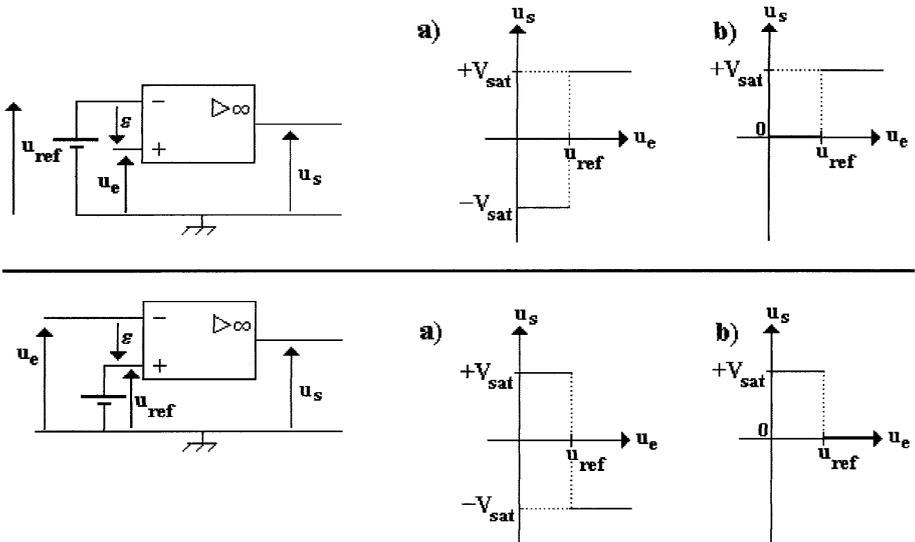


Figure 7 : La caractéristique de transfert d'un montage comparateur ($u_{ref} = u_+$ ou u_-)

dans le cas d'un A.O alimenté de façon :

a - Symétrique (+ V_{alim} ; - V_{alim}) ;

b - Dissymétrique (+ V_{alim} ; masse).

TROISIÈME SÉANCE

a - Le pont diviseur de tension : intérêt pour la polarisation du phototransistor.

b - Le montage potentiométrique : utilisation pour le réglage de la tension de référence du comparateur.

c - Le phototransistor BPW25 : utilisation pour transformer une information optique en information électrique (voir montage de la figure 8).

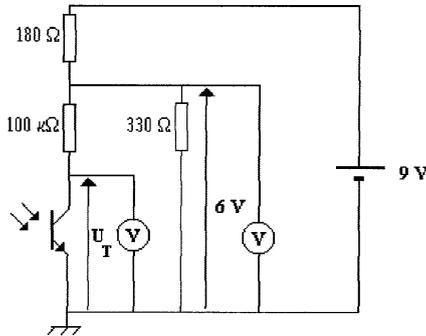


Figure 8 : Étude du comportement du phototransistor BPW25 polarisé sous environ 6 V grâce à un pont diviseur de tension. La tension U_T vaut 6 V en pleine obscurité et seulement 0,1 V environ en pleine lumière. Cette tension prend une valeur intermédiaire en fonction de l'éclairement du phototransistor.

d - Le condensateur : utilisation de sa charge pour la mémorisation d'une information électrique.

QUATRIÈME SÉANCE

a - Conception raisonnée de la barrière infrarouge sur plaquette Électrome P60

– Élaboration d'un schéma synoptique (figure 9).

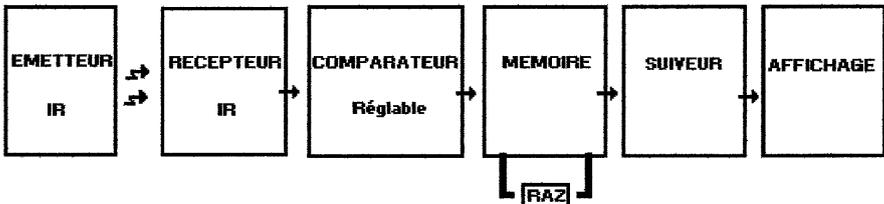


Figure 9 : Schéma synoptique de la barrière infrarouge.

- Amélioration de la fiabilité de la barrière infrarouge en pleine lumière en plaçant un filtre rouge devant le phototransistor.
- Nécessité d'un réglage de la tension de référence du comparateur en fonction de la luminosité ambiante.
- Mémorisation de l'interruption de la détection du rayonnement par le phototransistor à l'aide d'un condensateur placé à la sortie du comparateur.

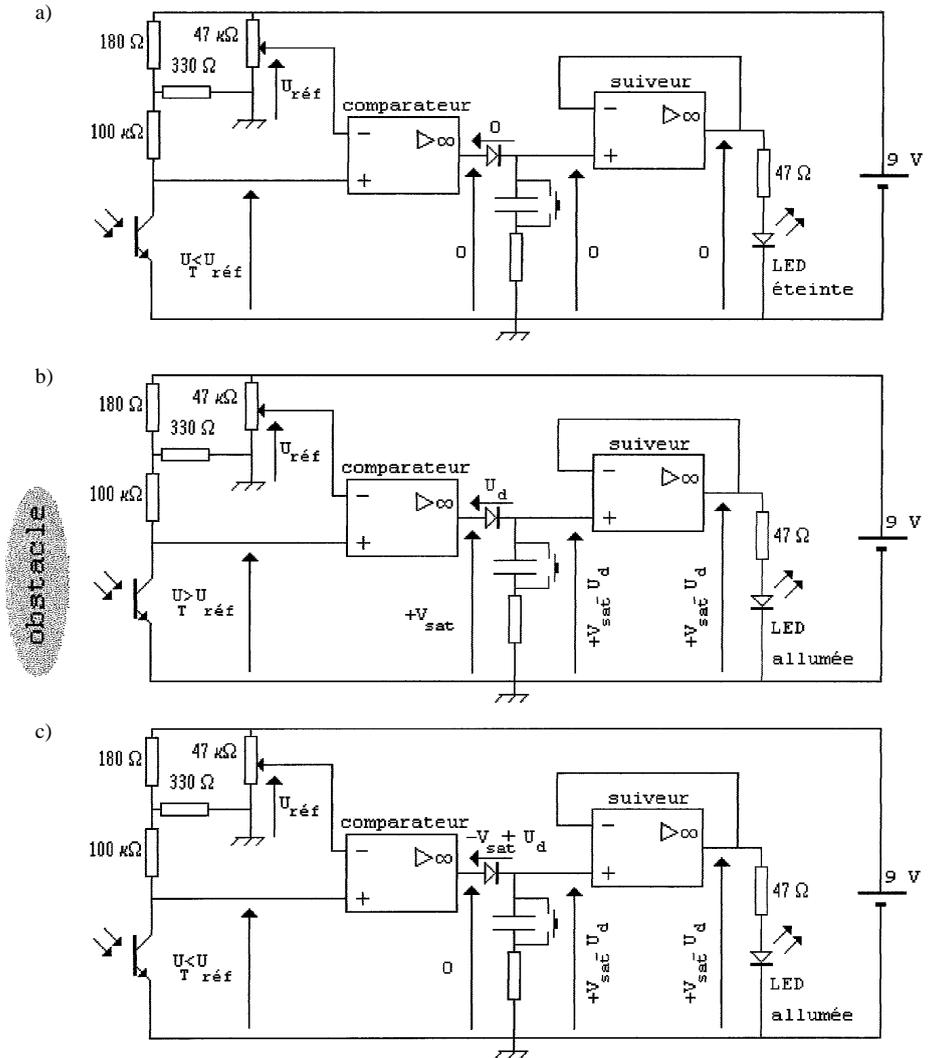


Figure 10 : Comportement des composants du récepteur :

a - Lorsque le phototransistor reçoit le rayonnement infrarouge en provenance de l'émetteur ;

b - Au moment de l'interruption de la réception du rayonnement infrarouge ;

c - Après mémorisation du passage par le condensateur et avant remise à zéro.

Les connexions d'alimentation dissymétrique (+ 9 V ; masse) du composant LM358N, contenant les deux A.O, ne sont pas schématisées.

- Nécessité d'une diode pour empêcher la décharge du condensateur vers la sortie du comparateur.
- Nécessité d'un montage suiveur pour éviter la décharge du condensateur dans la LED.
- Nécessité d'une remise à zéro du récepteur par décharge du condensateur.

La figure 10 récapitule le comportement des composants du récepteur lorsque le phototransistor est «éclairé» ou dans l'obscurité.

b - Amélioration du montage (démonstration aux élèves) : déclenchement d'une alarme lors de la détection d'un passage entre l'émetteur et le récepteur (figure 11). L'alarme est commandée par un relais précédé d'un amplificateur de courant.

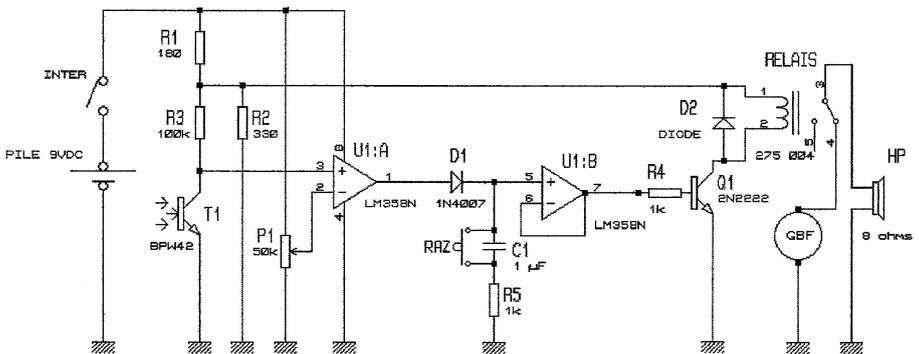


Figure 11 : Amélioration du montage en remplaçant la LED d'affichage par une alarme.

CINQUIÈME SÉANCE

a - Technique de réalisation d'un circuit imprimé : exposé d'un élève et démonstration rapide des différentes étapes de la fabrication.

b - Réalisation finale : montage des composants sur les circuits imprimés (figures 12 et 13), insertion dans les boîtiers et réglages.

La liste des composants et du matériel, le brochage des principaux composants, les typons à l'échelle 1 et les cotes pour la sérigraphie sont fournis en annexes.

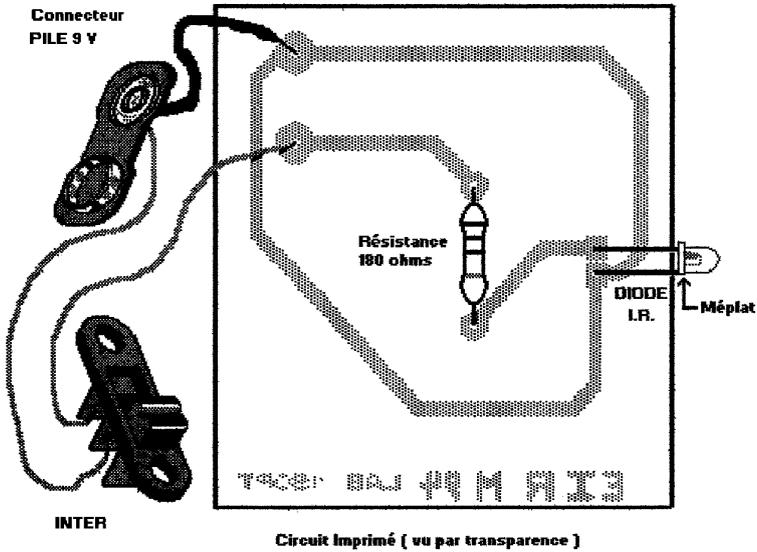


Figure 12 : Implantation des composants de l'émetteur.

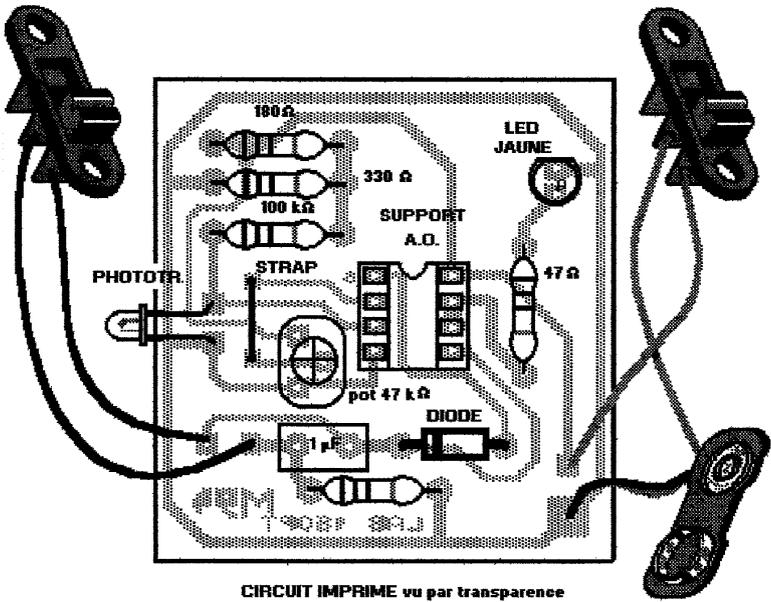


Figure 13 : Implantation des composants du récepteur.

Annexe 1

Composants et matériel

COMPOSANTS

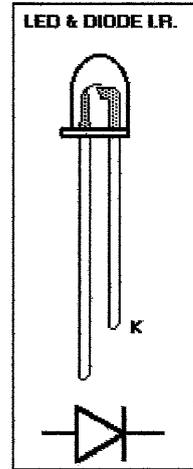
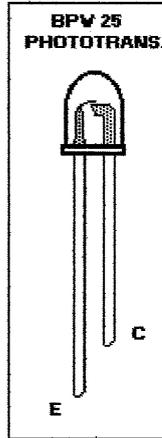
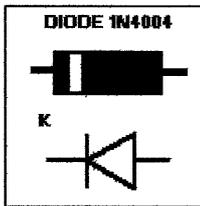
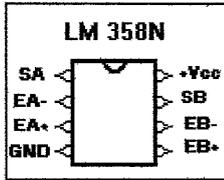
- Un phototransistor BPW25.
- Une LED infrarouge LD271.
- Une LED jaune.
- Un A.O double LM358N.
- Une diode 1N4004.
- Un condensateur 1 μ F 63 V.
- Une résistance ajustable 47 k Ω .
- Une résistance 47 Ω .
- Deux résistances 180 Ω .
- Une résistance 330 Ω .
- Une résistance 1 k Ω .
- Une résistance 100 k Ω .

MATÉRIEL

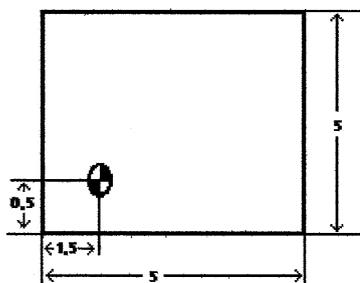
- Deux coffrets 80 \times 54 \times 20.
- Deux coupleurs à pile 9 V.
- Trois interrupteurs inverseurs à glissière.
- Deux circuits imprimés (voir typons annexe 4).
- Deux piles 9 V.

Annexe 2

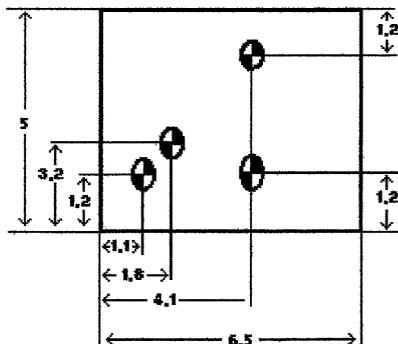
Brochage des composants



Annexe 3
Cotes en centimètre pour la sérigraphie
des boîtiers émetteur et récepteur



EMETTEUR I.R.



RECEPTEUR I.R.

Annexe 4

*Typons à l'échelle 1 directement photocopiables
sur transparent*

