

Réalisation d'une barrière à infrarouges

par P. MALLÉUS,
Nancy.

Il arrive souvent que le laboratoire de Sciences physiques ne possède pas de détecteur photoélectrique compact, fiable et performant.

D'un emploi répandu, les photorésistances au sulfure de cadmium ou séléniure de cadmium polycristallin présentent une « mémoire » de l'éclairement reçu qui les rend inutilisables au-delà de quelques dizaines de hertz. Les photodiodes et phototransistors pourtant connus depuis longtemps sont peu utilisés dans les laboratoires et encore moins dans des manipulations pour élèves. Le présent article propose l'étude et la réalisation d'un capteur complet.

1. RAPPELS SUCCINCTS.

On constate sur les courbes de la fig. 1 que si la photodiode ou le phototransistor au silicium répondent sur une grande largeur du spectre, leur maximum de sensibilité (autour de 900 nm) se situe dans la zone du maximum d'émission de la diode électroluminescente à infrarouges (à base d'arséniure de gallium).

Comment choisir entre photodiode et phototransistor ? Pour un même éclairage, le phototransistor peut laisser passer un courant 100 à 1 000 fois supérieur à celui d'une photodiode. Par contre, le défaut principal de la photodiode — sa capacité parasite — est amplifié dans le même rapport. Dans l'étude de phénomènes rapides (fréquences au-delà de quelques centaines de kilohertz), la photodiode s'impose. Les modèles de phototransistors proposés dans le commerce sont bien plus nombreux que les photodiodes. Dans tous les cas, le prix unitaire excède rarement 25 F.

Nous utilisons ici le couple émetteur (TIL 31) et récepteur (TIL 81) recommandé par le constructeur Texas. Chacun de ces composants est muni d'une lentille de focalisation augmentant la sensibilité.

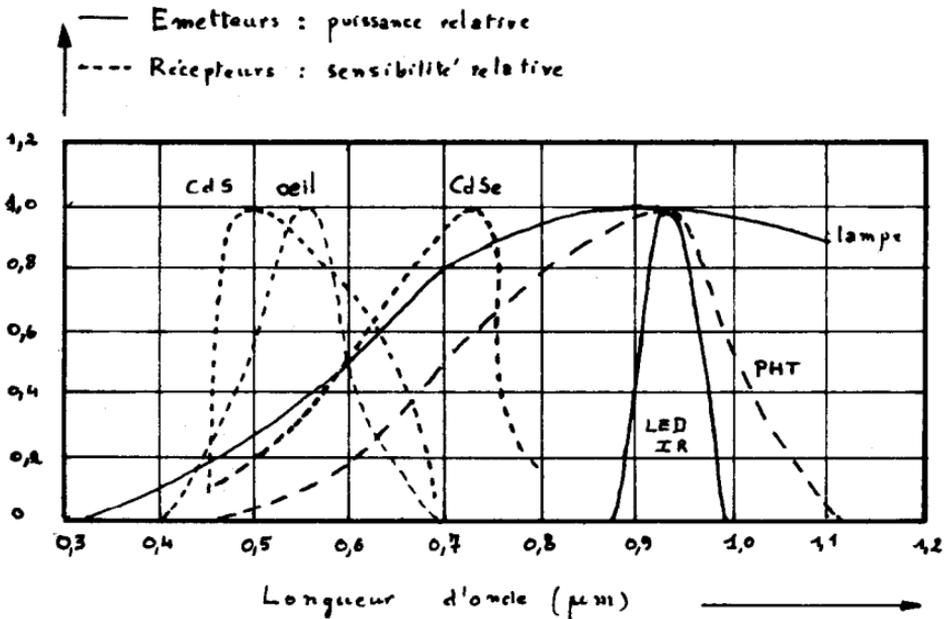


Fig. 1. — Spectre de quelques émetteurs (lampes à incandescence, diode à infrarouge) et de quelques récepteurs (œil, photo-résistance au sulfure et sélénure de cadmium, phototransistor ou photodiode).

2. PRINCIPE DU MONTAGE.

La solution retenue est celle d'un capteur par tout ou rien compatible avec les circuits de logique TTL, et dont l'électronique est intégrée dans le boîtier du capteur. Ce choix permet notamment de relier directement le capteur (moyennant un connecteur approprié) à l'une des huit entrées d'un port de PIA ou contrôleur d'interface de micro-ordinateur. La manipulation mise au point à l'I.N.R.P. sous l'impulsion de F.-M. BLONDEL et J.-C. LE TOUZÉ (référence 4) a inspiré le cahier des charges d'un capteur interchangeable avec ceux de la marque JEULIN. Dans la même publication I.N.R.P., on trouvera le schéma d'un boîtier permettant de raccorder quatre de ces capteurs au socle « Cannon D 25 » du contrôleur de communication du micro-ordinateur T 07 ou T 07-70.

2.1. Le récepteur (fig. 2).

Lorsque le phototransistor TIL 81 est éclairé, il alimente la base du transistor T. Le transistor T est vite saturé, le potentiel de son collecteur est alors voisin de zéro. Une première porte

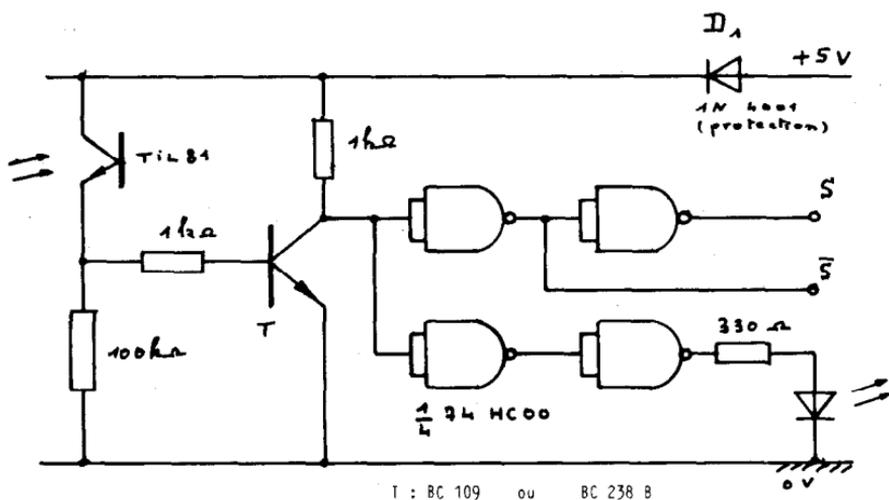


Fig. 2. — Récepteur.

NON ET permet d'inverser le signal et de disposer à sa sortie d'un signal \bar{S} de 5 V. Une deuxième porte NON ET permet de retrouver le même signal qu'au collecteur de T mais en totale compatibilité avec les circuits de logique TTL. Le signal S correspondant est nul lorsque le phototransistor est éclairé. Il passe à 5 V lorsque le phototransistor est à l'obscurité.

Les deux autres portes NON ET du même circuit intégré (74 HCOO) sont utilisées pour visualiser à l'aide d'une diode électroluminescente verte ou rouge l'état logique de la sortie S.

On peut s'interroger sur la complication apparemment inutile apportée par les portes NON ET : pourquoi ne pas prélever le signal S directement au collecteur de T ? En effet, à la saturation, le transistor T est aisément capable de « puiser » (sink current) le courant de 1,6 mA nécessaire au maintien à l'état bas de l'entrée d'une porte TTL.

Par contre, à l'état haut, le transistor T ne peut pas allumer une LED sans que la chute de tension due au courant d'alimentation de la LED à travers la résistance de collecteur de 1 k Ω ne fasse chuter la tension de collecteur d'une quantité inacceptable.

Le courant de fuite d'entrée d'une porte NON ET de la série HC est inférieur au microampère. Quand l'entrée de la porte est maintenue à l'état haut, la chute de tension à travers la résistance de collecteur, de l'ordre du millivolt reste tout à fait acceptable.

La fonction de transfert d'une porte NON ET de la série HC est rappelée fig. 3 ainsi que le montage d'étude du seuil de basculement.

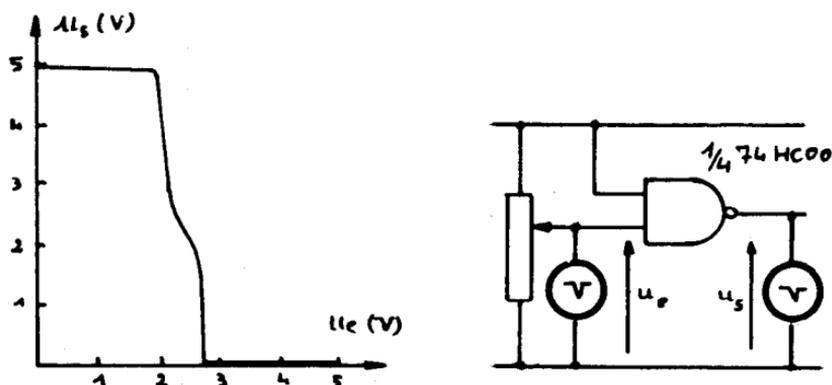


Fig. 3. — Etude de la fonction de transfert d'une porte NON ET.

La diode D_1 permet d'éviter la destruction du circuit intégré en cas d'inversion accidentelle de la polarité de l'alimentation. La chute de tension à travers D_1 (environ 0,7 V) réduit à 4,3 V la tension maximum à l'état haut d'une sortie de porte logique. Cela n'est pas gênant car les circuits de logique qui seront branchés sur la sortie S interpréteront comme un état haut toute tension supérieure à :

- 2 V dans le cas de la série 74LS,
- 2,7 V dans le cas de la série 74HC.

2.2. L'émetteur (fig. 4).

La diode infrarouge TIL 31 est alimentée à travers une résistance de 47 ohms, 1 watt ; la tension aux bornes de la diode étant de l'ordre de 1,2 V, le courant qui la traverse est de l'ordre de 80 mA. La diode D_2 sert à protéger la diode émettrice en cas d'inversion des polarités, sa tension inverse maximum de 2 V la rendant très sensible à ce genre d'erreur.

3. FONCTIONNEMENT ET MONTAGE.

Le récepteur et l'émetteur (fig. 5) sont réalisés à l'aide de pièces en PVC gris qui sont utilisées dans les canalisations électriques : tube « IRO » dit de « 11 » (dont le diamètre intérieur est de 15,5 mm), té, coude, caoutchouc de boîte de dérivation type « Legrand ». L'émetteur et le récepteur sont reliés par un

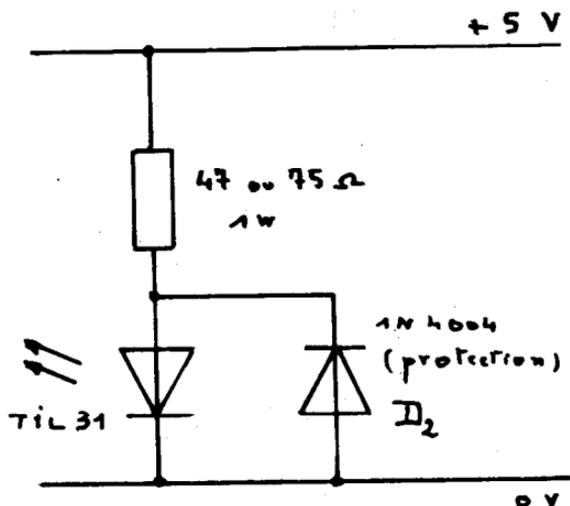


Fig. 4. — Emetteur IR.

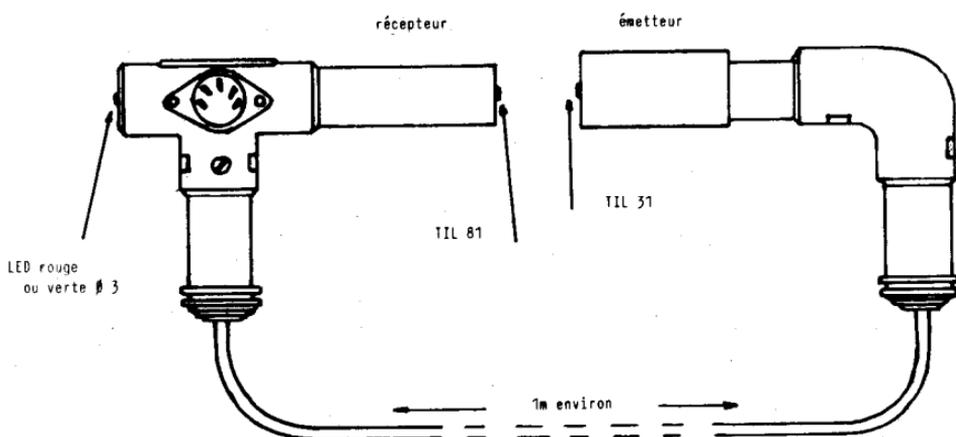


Fig. 5. — Vue d'ensemble de la barrière à infrarouges.

câble à deux conducteurs constituant les lignes d'alimentation : sa longueur d'environ un mètre permet de détecter le passage d'objets volumineux et d'orienter en toute liberté l'émetteur par rapport au récepteur.

Les composants optiques sont centrés dans les tubes à l'aide de bouchons percés (ne pas forcer sur les connections).

Le brochage des composants électroniques est rappelé fig. 6. Ils sont soudés sur une plaque de circuit imprimé pré-percé au

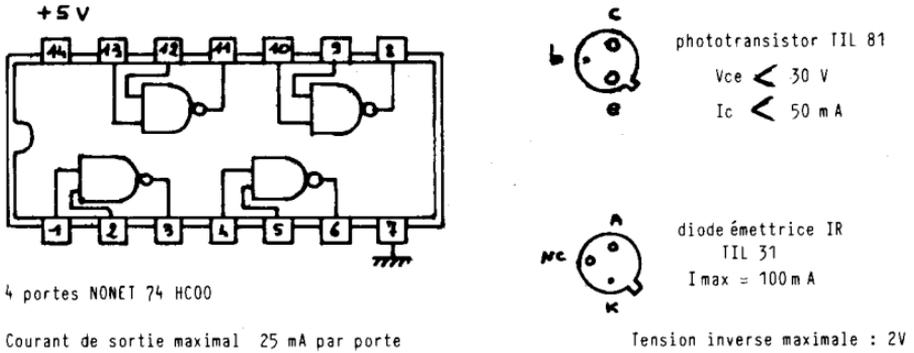


Fig. 6. — Composants utilisés.

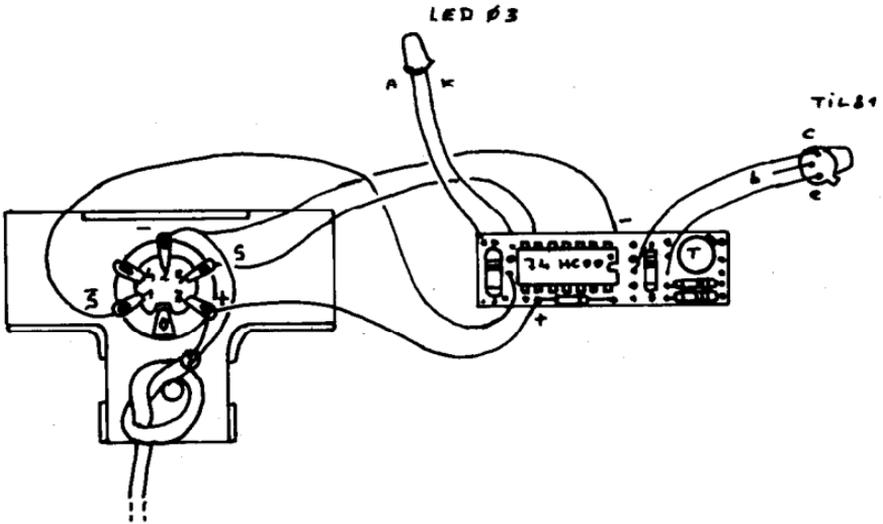


Fig. 7. — Vue interne du récepteur.

pas de 2,54 mm (fig. 7). La plaque munie de ses composants doit pouvoir coulisser facilement dans le tube. Un montage possible des composants de l'émetteur est indiqué fig. 8.

Le récepteur porte une embase châssis DIN 5 broches à 45° (prise dite « 5 pôles stéréo »). Un câble à cinq conducteurs muni d'une fiche mâle à chaque extrémité (non figuré) relie le capteur à un boîtier ou une plaquette (fig. 9) permettant la conversion au « standard » de nos laboratoires, la fiche banane 4 mm. Ce câble comporte les deux lignes d'alimentation, le signal S et son complément logique \bar{S} . Une cinquième broche reste disponible pour la réalisation d'un capteur double.

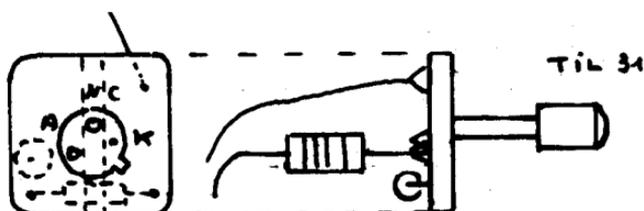


Fig. 8. — Montage de l'émetteur.

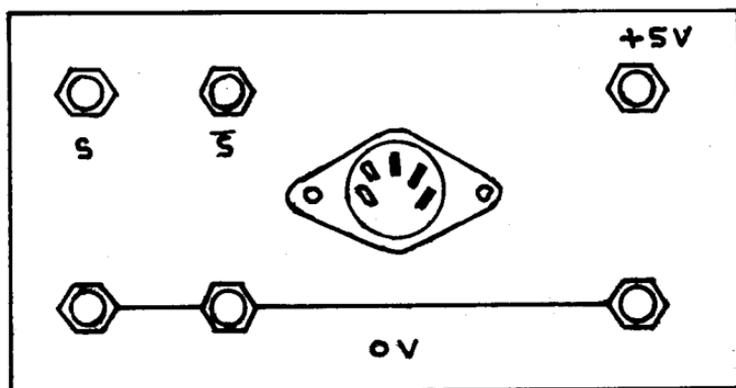


Fig. 9. — Exemple de plaquette de raccordement.

Lorsque le récepteur capte un rayonnement, la petite diode électroluminescente rouge ou verte située à l'arrière s'éteint, ce qui permet de réaliser facilement l'alignement de la barrière à infrarouges. Tout franchissement ou dérèglement du faisceau fait passer la sortie S à 5 V tandis que la diode de réglage s'allume. On prendra soin de ne pas diriger le capteur vers la fenêtre ou vers une surface blanche diffusant la lumière (table, carrelage).

Toute alimentation stabilisée à 5 V et pouvant débiter 100 mA sera suffisante. On trouve facilement, pour une dizaine de francs des circuits intégrés du type 7805 qui transforment des redresseurs pour batteries ou des générateurs 12 V non régulés en alimentation stabilisée à 5 V et 1 A.

Dans certaines applications, il peut être nécessaire de faire passer le signal S par un circuit monostable pour obtenir des impulsions de durée parfaitement calibrée.

4. LES UTILISATIONS PEDAGOGIQUES DU CAPTEUR.

4.1. L'étude du montage pour lui-même.

Il peut d'abord être étudié en fin de classe de troisième comme synthèse de l'emploi du transistor en commutation et des circuits intégrés logiques vus en cinquième.

En classe de seconde, il peut avoir sa place dans « l'analyse de la structure d'un dispositif électronique et de la fonction de ses différents sous-ensembles ». Dans tous les cas, le petit nombre de composants facilite la réalisation d'une maquette didactique moins compacte que le capteur complet et dont la mise au point ne pose aucun problème.

Parvenu en classe terminale, l'élève saura que la photoémission d'électrons dans le vide n'est pas le seul effet photoélectrique ni le plus couramment rencontré.

4.2. Le capteur comme outil de laboratoire.

Citons brièvement quelques exemples :

- la détermination de positions et de vitesses linéaires en mécanique,
- le comptage d'objets et la mesure de vitesses de rotation,
- la mise en évidence du rayonnement infrarouge en cours et l'étude des lois de la réflexion des IR sur une surface métallique en TP,
- le comptage de gouttes dans les dosages en chimie.

Le lecteur saura certainement imaginer d'autres applications.

Enfin, rien ne s'oppose à monter des capteurs doubles dans les mêmes boîtiers puisqu'une connection reste libre dans les prises DIN et que de la place subsiste dans la poignée du récepteur. Un seul capteur double suffit alors à déterminer une vitesse linéaire sur une distance de l'ordre du centimètre.

Pour environ 70 F par capteur, il est possible, même à un laboratoire aux ressources modestes, de mettre en œuvre une grande variété d'applications pédagogiques.

REFERENCES

- [1] H. SCHREIBER. — *Initiation aux infrarouges*, E.T.S.F.
 - [2] *Catalogue SIEMENS opto-électronique*.
 - [3] *Optoélectronic Products Selection Guide General Instrument*, 5-7, rue Amiral-Courbet, 94160 Saint-Mandé.
 - [4] F.-M. BLONDEL, J.-C. LE TOUZÉ. — *Ordinateur outil de laboratoire. Banc à coussin d'air*, I.N.R.P.
-