

Électronique en classe de cinquième

par F. SARAILLÉ,

Collège M.-de-Navarre, 64000 Pau.

L'article qui suit est un compte rendu d'expérience, faite en classe de 5^e, avec du matériel permettant de traiter la partie électronique.

Le matériel utilisé est celui qui a été fourni pour animer les réunions d'informations sur les nouveaux programmes dans l'académie de Bordeaux.

Nous aborderons successivement les aspects suivants :

- présentation de l'expérience et du matériel simplifié,
- exemple de démarche pédagogique avec deux contrôles,
- informations supplémentaires indispensables pour le bon fonctionnement et la sécurité des composants.

I. PRESENTATION DE L'EXPERIENCE.

1.1. **Le programme de 5^e** contient dans la rubrique « Electricité » un paragraphe intitulé :

- « Fonctions logiques de deux variables,
Opérations logiques : ET, OU, NON ET à circuits intégrés,
Le transistor utilisé en interrupteur commandé ».

1.2. **Le matériel électronique** a été conçu par M. MOREAU, I.G. de Physique et a été diffusé par la société Electrome (*).

Il se présente de la manière suivante :

- 3 plaquettes supportant les circuits intégrés (ET, OU, NON ET),
- 1 plaque principale permettant de commander et de visualiser le fonctionnement du C.I. Sur cette plaque principale on a rajouté un transistor.

(*) Electrome : rue Fondandège, 33000 Bordeaux - 18, rue de Madagascar, 33000 Bordeaux,

Electrome : 4, rue Pasteur, 64000 Pau.

Dans les fig. 1 et 2, on trouvera les *représentations simplifiées* du matériel.

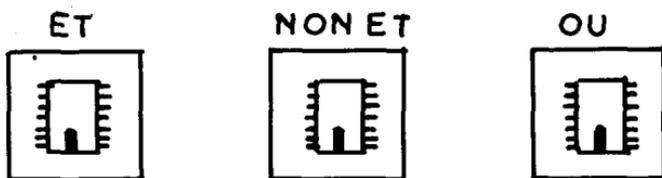


Fig. 1. — Plaquettes supportant les C.I.

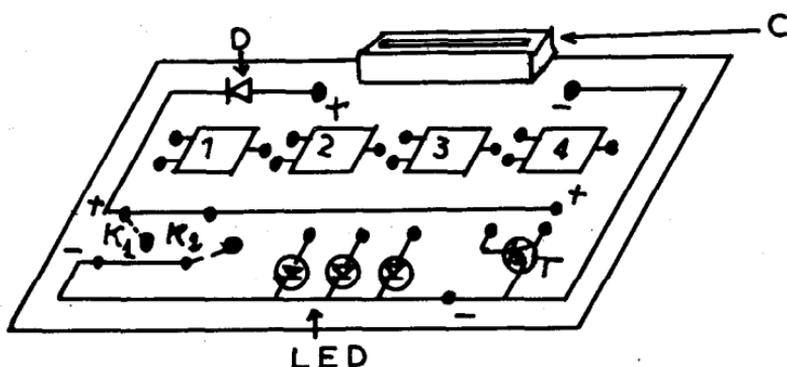


Fig. 2. — Plaque principale.

C : connecteur femelle,

D : diode,

K₁, K₂ : commutateurs,

LED : diodes électroluminescentes,

T : transistor,

1, 2, 3, 4 : représentation sur la plaque des opérateurs logiques.

Nous adopterons pour l'instant cette représentation car elle sera en accord avec la démarche pédagogique qui suit.

1.3. L'expérience a été faite avec **deux classes** après accord de M. DURANDEAU, I.P.R. de sciences physiques à Bordeaux. J'avais à ma disposition 8 plaques principales et 24 plaquettes avec C.I. (8 ET, 8 NON ET et 8 OU). Une classe comprenait 28 élèves et était dédoublée pour l'heure de semaine, l'autre classe était à 24 élèves.

II. DEMARCHE PEDAGOGIQUE.

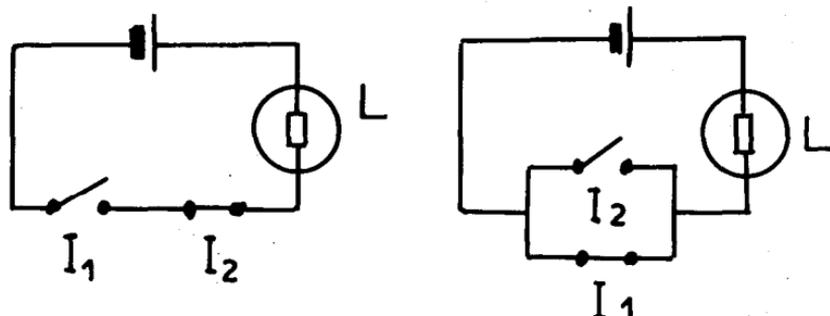
II.1. Avant de commencer l'étude du C.I., nous avons traité le paragraphe 4 de la partie électricité du programme de 6^e; partie intitulée : « CIRCUIT ET et CIRCUIT OU » :

« Montage permettant d'introduire deux fonctions logiques élémentaires (ET et OU) de deux variables » (montage ne mettant en œuvre que des lampes et des interrupteurs).

Les tableaux logiques ET et OU ont été ainsi acquis après avoir défini les états logiques 0 et 1 pour les interrupteurs et pour la lampe. Les conventions adoptées ont conduit aux tableaux de vérité suivants :

CIRCUIT ET			CIRCUIT OU		
I_1	I_2	L	I_1	I_2	L
0	0	0	0	0	0
→ 0	1	0	0	1	1
1	0	0	→ 1	0	1
1	1	1	1	1	1

avec les montages ci-après :



11.2. Exemple de progression pour l'étude des opérateurs logiques.

a) LE CIRCUIT INTÉGRÉ UTILISÉ EN CLASSE.

On constate que le C.I. possède 14 bornes, on donne des explications :

2 bornes pour l'alimentation (borne + et borne -),

↓

restent 12 bornes qui sont reliées à 4 opérateurs logiques,

↓

qu'est-ce qu'un opérateur logique ? C'est un dispositif qui a deux entrées et une sortie. A ce stade, l'élève est capable de répondre à la question « Constitution du C.I. utilisé en classe » (Q_1 partiel),

↓

exemple d'opérateur logique : l'opérateur logique ET. On fait ensemble le tableau de vérité en appelant e_1 (entrée 1); e_2 (entrée 2) et s (sortie). Il vient :

e_1	e_2	s
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Ceci est parfaitement acquis car c'est un prolongement du programme de 6^e.

b) L'ENVIRONNEMENT DU CIRCUIT INTÉGRÉ.

Pour expliquer la liaison entre la plaquette C.I. et la plaque principale, on peut utiliser le rétroprojecteur (ceci donne d'excellents résultats).

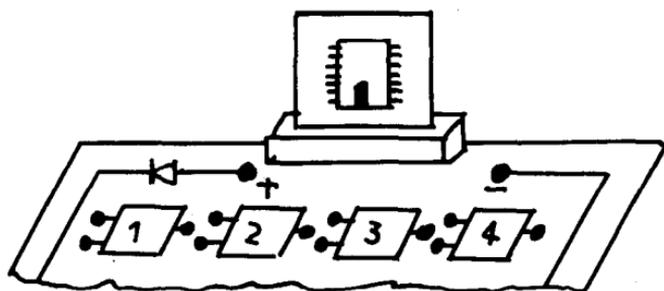


Fig. 3. — (Projection n° 1).

Sur la plaque principale, on trouve 12 bornes.



A quoi sont-elles reliées ? Aux 12 bornes du C.I., le nouvel acquis est le suivant : sur la plaque principale on a les 4 opérateurs logiques du C.I., chaque opérateur a deux entrées et une sortie.

c) LE FONCTIONNEMENT D'UN OPÉRATEUR LOGIQUE, autrement dit : comment réaliser 0 ou 1 sur les entrées, que signifie l'obtention d'un 0 ou d'un 1 à la sortie ?

* { En ce qui concerne les entrées : pour avoir 1, il faut relier l'entrée à la borne + ; pour avoir 0, il faut relier l'entrée à la borne —.



Existe-t-il un dispositif qui permette de relier un point tantôt à la borne + et tantôt à la borne — ?



Les élèves ont étudié le va-et-vient et connaissent le commutateur.



On arrive aux deux schémas ci-après :



puis :

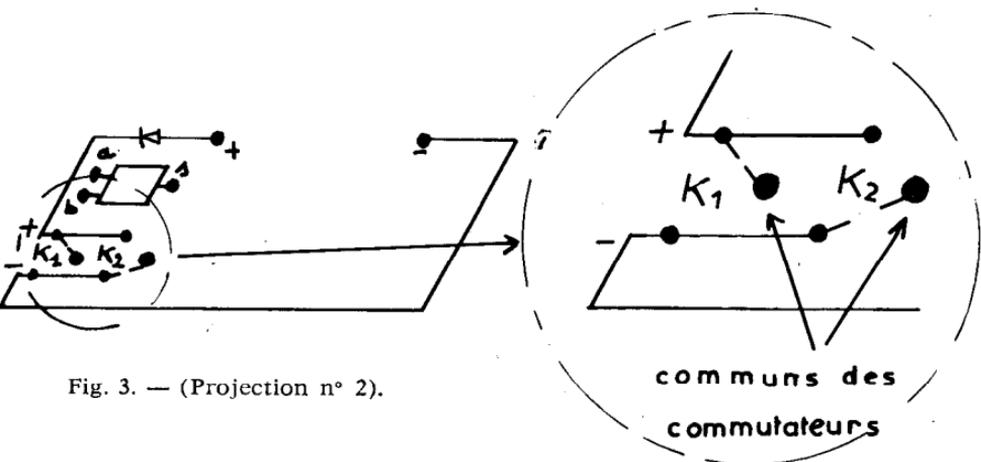


Fig. 3. — (Projection n° 2).

On complète le schéma au tableau : si on met un fil entre K_1 et a , l'entrée a sera à l'état 1 ; si on met un fil entre K_2 et b , l'entrée b sera à l'état 0.

* Comment va-t-on savoir si :

- } a est à l'état 0 ou 1
- } b est à l'état 0 ou 1 ?

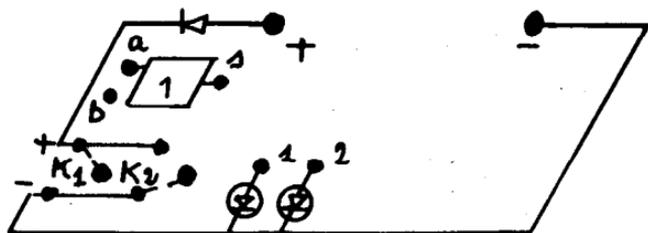


Fig. 4. — (Projection n° 3).

On introduit les diodes électroluminescentes (LED). Si on met un fil entre K_1 et 1 : la diode s'allume. Si on met un fil entre K_2 et 2 : la diode reste éteinte. On donne les explications :

Donc : l'état 0 équivaut à une LED éteinte,
l'état 1 équivaut à une LED allumée.

* } Réponse au c) en ce qui concerne la sortie : Comment
} va-t-on savoir si s est à l'état 0 ou 1 ?

On met une 3^e LED et on reliera la sortie à cette diode. Quand la diode brille (état 1), tout se passe comme si on avait relié (3) au +, quand elle est éteinte, comme si on avait relié (3) à la masse (fig. 5).

d) Mise en place des fils : toute cette approche avec le rétroprojecteur et les quelques notes prises, dure environ 20 minutes. A ce moment, les élèves attendent les plaques avec impatience. Avant de les leur donner, on complète le tirage suivant en mettant les fils (tracés en pointillé).

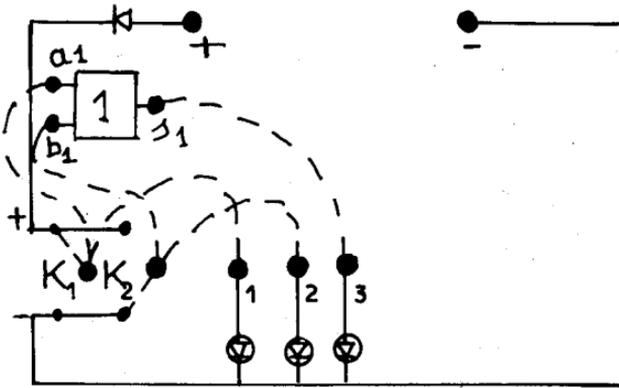


Fig. 5. — (Tirage).

e) Distribution des plaques avec le C.I. ET. Beaucoup d'effervescence dans la classe, effervescence parfaitement justifiée. Beaucoup de questions aussi car la plaque est plus compliquée que ce que nous avons vu (nous y reviendrons plus loin). Après avoir calmé les esprits, on repère tout ce qu'on a déjà vu : les bornes + et - ; a_1, b_1, s_1 ; a_2, b_2, s_2 ; ... ; K_1, K_2 ; 1, 2 et 3.

On passe à la réalisation du montage. Pour certains élèves, c'est l'échec car le repérage a été mal fait. On reprend point par point à l'aide de la fig. 5 :

$$\begin{array}{lll} K_1 \rightarrow a_1 & K_1 \rightarrow 1 & s \rightarrow 3, \\ K_2 \rightarrow b_1 & K_2 \rightarrow 2. & \end{array}$$

Nouvelle effervescence, les LED s'allument, s'éteignent, se rallument au bruit des commutateurs.

f) A-t-on l'opération logique ET ?

On relève le tableau de vérité en observant l'état des LED.

LED 1	LED 2	LED 3	a_1	b_1	s_1
éteinte	éteinte	éteinte	0	0	0
allumée	éteinte	éteinte	1	0	0
éteinte	allumée	éteinte	0	1	0
allumée	allumée	allumée	1	1	1

g) On démonte et on remonte car l'objectif de savoir-faire est prévu dans le contrôle.

On vérifie aussi que les opérateurs logiques 2 et 3 donnent le même résultat. Il en serait de même pour l'opérateur n° 4 à condition de modifier le montage que nous avons utilisé (voir plus loin paragraphe III.1).

h) On termine rapidement avec le circuit intégré NON - ET. Il suffit de remplacer les plaquettes et de relever le tableau de vérité.

On introduit la négation logique :	a_1	b_1	s_1
	0	0	1
	0	1	1
	1	0	1
	1	1	0

II.3. Contrôle n° 1.

OBJECTIF :

Savoir.

Q_1 : Constitution du C.I. utilisé en classe.

Donnez le tableau de vérité d'un opérateur logique ET puis d'un opérateur logique NON ET.

Comment s'y prend-on pour avoir les états logiques 0 et 1, aux entrées des opérateurs. Représentez deux schémas simplifiés montrant l'état 0 et l'état 1.

OBJECTIF :

Savoir, Savoir-faire et Méthodologie.

Q'_1 : Complétez le schéma ci-après (schéma de la fig. 5) en mettant les fils qui permettent de faire fonctionner l'opérateur logique n° 1 et de visualiser son fonctionnement.

Comment est la LED n° 1 ? Expliquez.

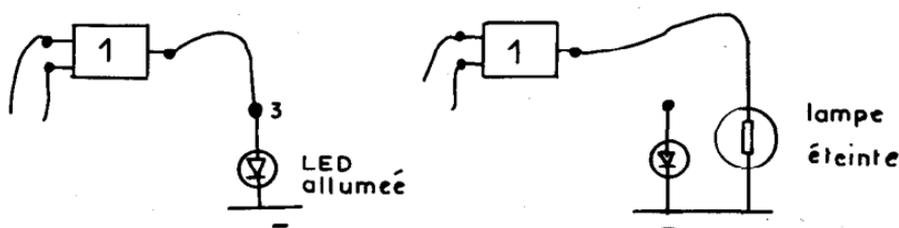
Comment est la LED n° 2 ? Expliquez.

Faites le montage avec le circuit intégré 74 HC 032 et vérifiez qu'il s'agit d'un opérateur OU en relevant le tableau de vérité.

II.4. Utilisation du transistor.

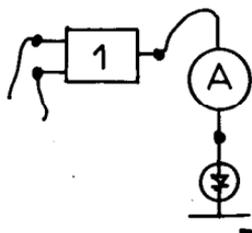
a) Il faut introduire les limites du C.I. en sortie et montrer que, s'il est capable d'allumer une LED, il ne peut pas allumer une ampoule de lampe de poche (3,5 V).

La manipulation est la suivante :



Question : Combien faut-il de courant pour allumer la lampe ?

Il faut introduire l'ampèremètre et adopter ici un enseignement très directif. Tous les appareils étaient sur le bon calibre et les élèves ont suivi pas à pas mes consignes. Le montage est le suivant :



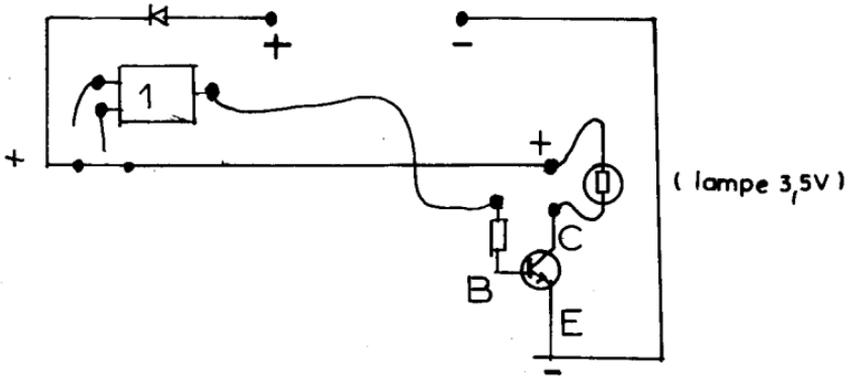
Les résultats se situent aux environs de 10 mA.

Conclusion : cette intensité est trop faible pour l'ampoule de lampe de poche. Il faudrait un dispositif qui permette le passage d'un courant important lorsqu'il en reçoit peu.

b) Le transistor : observations, repère (E.B.C. et ergot) - schéma normalisé - montage.

Pour le montage, nous utiliserons la partie inférieure droite de la plaque.

On constate que la lampe s'allume ou s'éteint suivant la position des commutateurs.



Pour terminer cette étude, on mesure l'intensité du courant qui passe dans la lampe avec les ampèremètres sur le calibre 500 mA. On la notera I_C .

Conclusion : Le transistor fonctionne en interrupteur commandé. La commande se fait ici par la sortie d'un opérateur logique à circuit intégré. Le transistor, lui, commande l'ampoule.

II.5. Contrôle n° 2.

OBJECTIF :

Savoir et Savoir-faire.

Q_2 : Le transistor : aspect extérieur, schéma normalisé, que commande le transistor utilisé en classe et comment ?

Q'_2 : Schéma du montage montrant la sortie de l'opérateur logique n° 2, le transistor, la lampe 3,5 V et les fils. Ne pas oublier de noter les bornes + et -.

Q''_2 : On mesure I_B avec un ampèremètre de calibre 10 mA, il y a 10 graduations et l'aiguille vient sur 6. Valeur de I_B ? Pour I_C , le calibre est 500 mA et l'aiguille vient sur 2,3. Valeur de I_C sachant qu'il y a 5 graduations ?

III. PRECISIONS SUR LE MATERIEL UTILISE EN CLASSE.

III.1. Le circuit intégré est du type HCMOS (technologie la plus récente). L'intérêt de cette technologie par rapport aux plus anciennes (C.M.O.S. ou T.T.L.) est qu'on peut avoir une alimentation avec une pile plate ($2\text{ V} < U < 7\text{ V}$) et que le courant à la sortie des opérateurs est suffisant pour allumer une LED (ceci est très important car on visualise ainsi l'état de la sortie). Les C.I. HCMOS présentent cependant un inconvénient : si les entrées ne sont pas reliées au potentiel le plus élevé, ils fonctionnent de manière aléatoire. Il faut donc mettre sur chaque entrée une résistance de 47 k Ω reliée au potentiel haut.

La plaquette représentée à la fig. 1 se trouve modifiée par le montage de ces résistances.

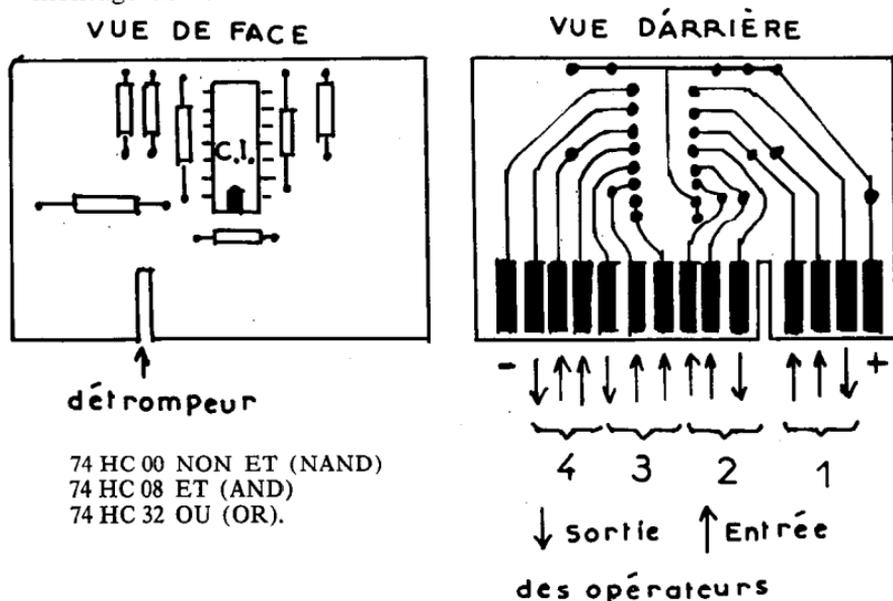
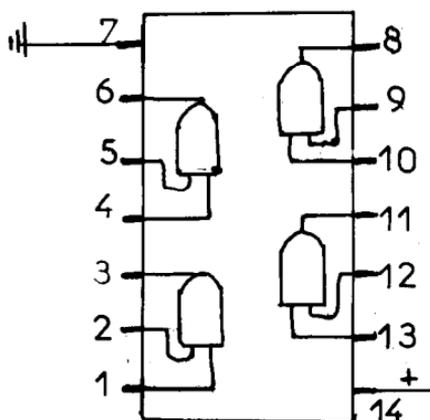


Fig. 8. — Plaquette support des C.I. :

En accord avec la fig. 8 vue d'arrière, on trouvera ci-après le brochage d'un opérateur HC MOS utilisé en classe.



Brochage des opérateurs HC MOS utilisés en classe.

Sur la fig. 8 n'apparaissent que 7 résistances car on avait laissé volontairement une entrée de l'opérateur n° 4 libre pour

un autre montage. En observant l'arrière de la plaquette, on peut repérer l'entrée libre (4^e à partir de la gauche), il suffit alors de mettre une résistance entre cette ligne et la ligne + (en haut) si on veut fixer le potentiel de toutes les entrées.

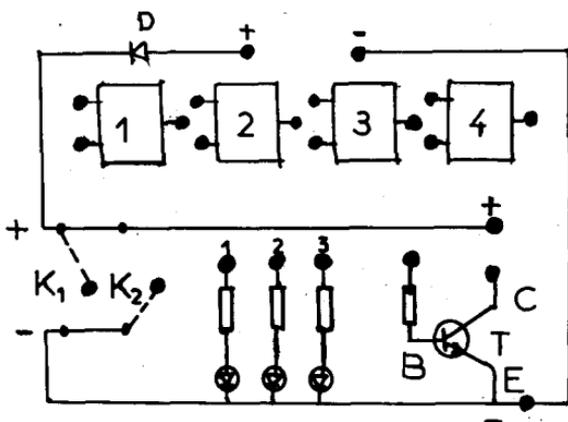
Sur la plaquette a été mis un détrompeur afin qu'il n'y ait pas inversion lors du branchement dans le connecteur femelle.

III.2. Sur la plaque principale, nous avons représenté les LED 1, 2 et 3 sans protection. En réalité, on a en série avec chaque LED une résistance de 390Ω pour éviter un courant trop intense si on reliait directement 1, 2 ou 3 sur la borne +.

D'autre part, on a mis une diode pour annuler le courant s'il y avait inversion dans le branchement car dans ce cas le circuit intégré serait détruit.

Sur la base du transistor est montée également une résistance de 390Ω .

Tous les éléments cités précédemment sont apparents, le nouveau schéma est :



III.3. Pour éviter d'autres fausses manœuvres, en particulier relier le + à la sortie des opérateurs, nous avons mis en série avec cette sortie des résistances de 68Ω . Ceci protégera le C.I.

Le transistor sera lui aussi protégé par une résistance de 10Ω reliant l'émetteur et la borne - au cas où il y aurait court-circuit entre le collecteur et la borne +.

Les cinq résistances citées ci-après sont mises sous la plaque.

III.4. Liste des éléments utilisés par les élèves de 5^e.

- 1 circuit imprimé sérigraphie,
- 3 supports circuit intégré,
- 3 C.I. 74 HC 00 (NON ET) NAND,
74 HC 08 (ET), AND
74 HC 32 (OU) OR
- 1 diode 1 N 4004,
- 2 LED vertes 1 LED rouge,
- 7 R de 47 k Ω (1/4 W),
- 4 R de 68 Ω (1/4 W),
- 4 R de 390 Ω (1/4 W),
- 1 R de 10 Ω (1 W),
- 2 commutateurs inverseurs,
- 1 T 2 N 2711 NPN,
- des rivets.

Remarque.

Le montage EPHY 001 diffusé par ELECTROME est plus compliqué que ce que nous avons représenté dans cet article. Il est cependant utilisable en ne montant que les éléments dont nous avons parlé.

Le montage complet est prévu pour le Professeur (nous reviendrons éventuellement sur ce sujet).

III.5. Quelques conseils de montage.

Il est nécessaire d'avoir un bon fer à souder. Evitez les soudures partielles, car le HC MOS risque de fonctionner de manière aléatoire. Il faut bien enfoncer les éléments avant de les souder, dans le cas contraire, les tiges vont se tordre (en particulier pour les LED) et vont casser.

IV. CONCLUSION.

L'expérience que j'ai eu la chance de faire me permet de tirer quelques enseignements :

- l'objectif de savoir atteint avec cette partie de programme permet d'apporter des précisions sur certains mots tels que : circuit imprimé, circuit intégré, diode électroluminescente, diode, transistor (émetteur, base, collecteur), résistance électrique.

Il sera plus facile à un élève de lire une revue de vulgarisation scientifique, revues qui existent pour les élèves du collège. Ce sera aussi l'occasion de prolongements entre l'élève et l'enseignant, si celui-ci veut réaliser un montage particulier ;

- cette partie du programme doit aussi permettre de fixer les premiers ordres de grandeurs dans les valeurs des intensités. On pourra retenir que dans une LED il passe 10 mA environ, dans une lampe (3,5 V) 200 mA ; en 4^e on rajoutera la valeur pour une installation domestique ou pour un démarreur de voiture ;
- le montage que j'ai réalisé à partir des éléments m'a posé quelques problèmes (soudures mal faites, oubli des éléments sous la plaque, inversion d'un C.I. qui a été détruit au branchement) mais ceci est un excellent apprentissage pour la connaissance du circuit imprimé ;
- à mes collègues qui hésiteraient pour faire cet enseignement (n'avons-nous pas toujours trop peur de ne pas en savoir assez ?) je leur dis tout simplement : il n'y a aucune difficulté, les encouragements viennent des élèves et du matériel proposé. N'oublions pas que les circuits intégrés HC MOS n'ont que quelques années d'existence, à nous de trouver des applications pour les élèves de 4^e et de 3^e par exemple dans le cadre de P.A.E. Il ne faut pas rater le train de l'électronique, nous avons tous suffisamment de connaissances pour réussir la mise en place de cet enseignement nouveau dans le premier cycle.

Je remercie tout particulièrement Monsieur MOREAU pour l'aide qu'il m'a apportée pour la rédaction de cet article.
