

P.A.E., initiation à l'électronique

par H. BAROUX et J. HABRAN,
Collège de Nouvion-sur-Meuse (Ardennes).

Première partie :

PRESENTATION

1) CONDITIONS GENERALES DE TRAVAIL.

Pour la deuxième année consécutive, nous avons proposé à 12 élèves volontaires de 3^e de les initier à l'électronique. Nous avons été aidés par un professeur de mathématiques et un professeur d'éducation manuelle et technique.

Les T.P. -cours, de durée moyenne une heure et demie, ont eu lieu après l'horaire des cours, chaque mardi pendant 4 mois.

L'année scolaire précédente nous avons acheté, entre autres, 6 plaques montage LAB DEC 500 pour fixer sans soudure les composants (dépende : 600 F).

Cette année, la somme demandée (1 400 F) ayant été attribuée, nous avons réalisé 12 alimentations (~ 800 F) fournissant chacune une tension fixe de 5 volts. Notre plan de travail a abouti à la réalisation par chaque élève de 4 circuits imprimés, qu'il a pu emporter avec lui.

2) FABRICATION D'UN CIRCUIT IMPRIME.

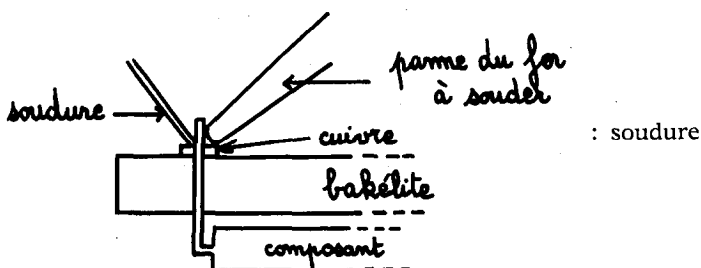
Nous avons choisi une méthode de tracé simple.

La plaque support du circuit imprimé est un isolant recouvert d'une pellicule de cuivre (une plaque PC Bakélite, 200 mm × 100 mm une face, est d'un prix voisin de 8 F). Elle se découpe avec une scie à métaux.

Chaque schéma de circuit est découpé, placé sur la plaque côté cuivre et fixée avec du papier adhésif. A l'aide d'un clou, on pointe l'emplacement de chaque trou. On retire alors le schéma. A l'aide d'un foret de diamètre 1 mm, on perce alors la plaque pour le passage des connexions des composants. On gratte

légèrement la plaque côté cuivre avec de la paille de fer pour éliminer les traces d'oxydation ; entre les trous, à l'aide d'un stylo feutre spécial (~ 30 F), on trace les diverses liaisons.

On place alors la plaque dans une cuve (en plastique ou en verre) contenant du perchlorure de fer (*) à température ordinaire. Il est conseillé d'agiter cette cuve. L'oxydation du cuivre non recouvert par le feutre nécessite moins de 15 minutes. Avec une pince brucelles on sort le circuit de la cuve, on le rince à l'eau et on le nettoie à l'alcool pour enlever le tracé au feutre.



Il faut chauffer à la fois le cuivre restant et la connexion ; on place la soudure de l'autre côté de la panne du fer à souder (qui sera retiré dès la fusion de la soudure). La soudure est de bonne qualité si elle présente un aspect brillant. Après refroidissement, on coupera l'excédent de connexion.

Deuxième partie :

TRAVAIL PROPOSE AUX ELEVES

1) FABRICATION D'UN GENERATEUR DE TENSION CONTINUE.

La fiche n° 1 page 701 est distribuée aux élèves.

Remarques.

* Il faut faire attention à la polarité du condensateur électrochimique et souder correctement le régulateur de tension avec le fer à souder débranché.

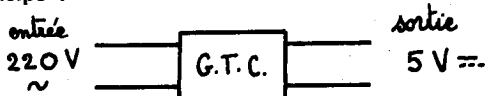
* L'ensemble « transformateur + circuit imprimé » a été placé dans une boîte en novopan de longueur 20 cm, de largeur 11 cm et de hauteur 7 cm ; entre le fond de la boîte et le circuit imprimé a été placée une feuille de mousse isolante.

(*) FeCl_3 .

Fiche n° 1 : FABRICATION D'UN GENERATEUR DE TENSION CONTINUE.

On va réaliser une source de tension continue de 5 volts (tout à fait semblable à une pile de 4,5 volts) alimentée en courant alternatif.

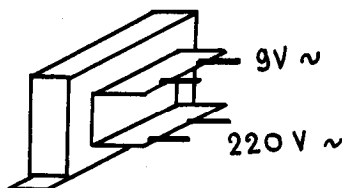
Principe :



Ce générateur servira à alimenter nos montages sous faible tension continue.

Composants :

- Transformateur.



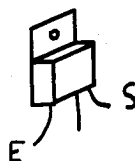
- Porte-fusible et fusible 500 mA.
- Pont de diodes.



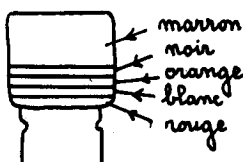
- Condensateur électrochimique : 2 200 μ F, 25 V.



- Régulateur de tension.



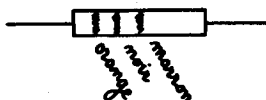
— Condensateur 10 nF.



— L.E.D.

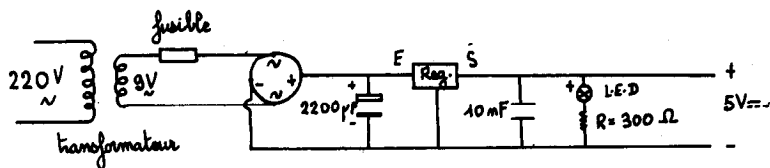


— Résistance électrique de 300 Ω .



— Fils conducteurs.

Schéma théorique :



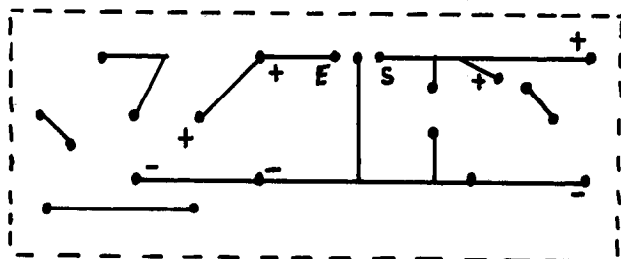
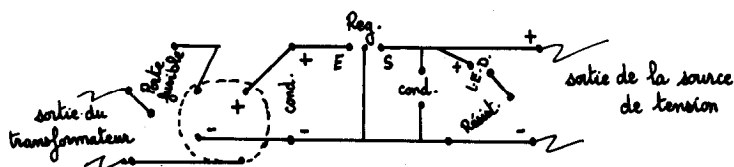
Circuit imprimé :

La plaque support du circuit imprimé est un isolant recouvert d'une pellicule de cuivre dont il ne subsistera que les parties qui auront été recouvertes par un stylo spécial après le bain dans une solution de perchlorure de fer ; d'où les traits de connexion représentés ci-après.

Les points sont les trous de diamètre 1 mm à percer pour permettre le passage des pattes métalliques des composants et des fils conducteurs.

La fixation définitive des éléments du circuit est obtenue par soudure à l'étain.

Vues de dessous :



2) ETUDE DES RESISTANCES ELECTRIQUES.

La fiche n° 2 est distribuée aux élèves.

Remarques.

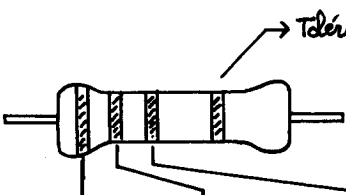
* Nous avons utilisé des résistances dont la puissance maximale dissipée est 1/2 watt (prix : de l'ordre de 25 centimes).

* Le contrôleur numérique utilisé est un BECKMANT 100 B dont le prix est voisin de 950 F.

Fiche n° 2 : RESISTANCES ELECTRIQUES.

A) Code des couleurs des résistances.

Ce sont des composants électriques à 2 bornes. L'unité de résistance électrique est l'ohm (symbole : Ω). La valeur d'une résistance est indiquée grâce à un code des couleurs :



Tolérance: { argent: 10%
or : 5%
Cette bague est un peu
éloignée des 3 autres

couleur ↓	1 ^{er} chiffre ↓	2 ^{ème} chiffre ↓	multiplicateur
noir	0	0	$\times 1 \Omega$
marron	1	1	$\times 10 \Omega$
rouge	2	2	$\times 100 \Omega$
orange	3	3	$\times 1000 \Omega$
jaune	4	4	$\times 10\,000 \Omega$
vert	5	5	$\times 100\,000 \Omega$
bleu	6	6	$\times 1\,000\,000 \Omega$
violet	7	7	
gris	8	8	
blanc	9	9	
or	—	—	$\times 0,1 \Omega$
argent	—	—	$\times 0,01 \Omega$

Voici un moyen mnémotechnique : Ne Manger Rien Ou Jeûner Voilà Bien Votre Grande Bêtise.

Premier exemple :

Jaune	Violet	Rouge	Or
↓	↓	↓	↓
4	7	$\times 100 \Omega$ à	5 %

d'où :

$$R_1 = 4\,700 \Omega \text{ à } 5\%,$$

$$\text{soit : } R_1 = 4\,700 \Omega \pm \frac{4\,700 \Omega \times 5}{100}$$

$$R_1 = 4\,700 \Omega \pm 235 \Omega,$$

ou :

$$4\,465\ \Omega < R_1 < 4\,935\ \Omega.$$

Remarques.

* Le constructeur n'indique qu'une valeur approximative de la résistance.

* $1\ \text{k}\Omega = 1\,000\ \Omega$. On notera donc : $R_1 \simeq 4,7\ \text{k}\Omega$ (kiloohms).

Deuxième exemple :

Bleu	Bleu	Marron		Or
↓	↓	↓		↓
6	6	$\times 10\ \Omega$	à	5 %

soit :

$$R_2 = 660\ \Omega \pm \frac{660\ \Omega \times 5}{100}$$

$$R_2 = 660\ \Omega \pm 33\ \Omega,$$

ou :

$$627\ \Omega < R_2 < 693\ \Omega.$$

Remarque.

* $1\ \text{M}\Omega = 1\,000\,000\ \Omega$ (1 mégaohm).

B) Mesure précise des résistances à l'ohm-mètre.

Le sens de branchement de la résistance n'a aucune importance car les 2 bornes sont équivalentes.

Exemple représenté : Il faut se placer sur le calibre 2 K, puisque $200\ \Omega < R < 2\,000\ \Omega$; brancher la résistance R, à l'aide de pinces crocodile; mettre l'ohmmètre en marche (position ON); on lit : 0,660 c'est-à-dire 0,660 k Ω ou :

$$0,660 \times 1\,000 = 660\ \Omega.$$

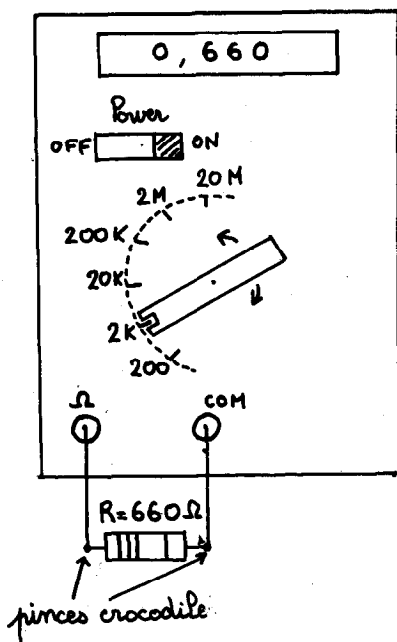
Autre exemple : Si le code des couleurs prévoit $R' \simeq 4\,700\ \Omega$, soit $2\ \text{k}\Omega < R' < 20\ \text{k}\Omega$ utiliser le calibre 20 K. On lira 4,7 soit

$$R' = 4,7\ \text{k}\Omega.$$

calibre 200 K : valeur maximale de la résistance : 200 k Ω ,

calibre 200 : valeur maximale de la résistance : 200 Ω ,

calibre 2 M : valeur maximale de la résistance : 2 M Ω
(2 000 000 Ω).



Si l'ordre de grandeur de la résistance est inconnu, placer le curseur sur le calibre le plus élevé, soit 20 MΩ, et réduire ensuite jusqu'à ce qu'une lecture satisfaisante soit obtenue.

Si enfin, la valeur de la résistance est supérieure au calibre, il y a affichage de la valeur 1 ; passer alors au calibre immédiatement supérieur.

Attention : Ce n'est pas ainsi que l'on mesure une résistance R dans un circuit parcouru par un courant électrique.

C) Mesures de quelques résistances.

Dans ce tableau, notez les chiffres correspondant à la couleur ; indiquez alors la valeur prévue de la résistance ; notez enfin la valeur indiquée par l'ohmmètre.

Avec l'ohmmètre, mesurez les résistances suivantes :

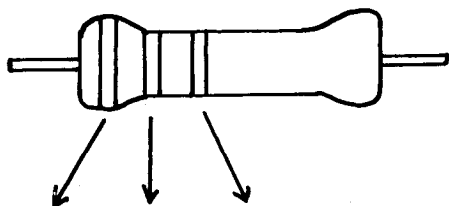
$R_{\text{corps humain}} = \dots\dots\dots$
(mains seches)

$R_{\text{corps humain}} = \dots\dots\dots$
(mains humides)

$R_{\text{verre}} = \dots\dots\dots$

$R_{\text{haut-parleur}} = \dots\dots\dots$

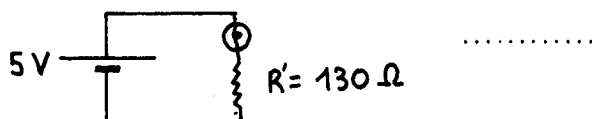
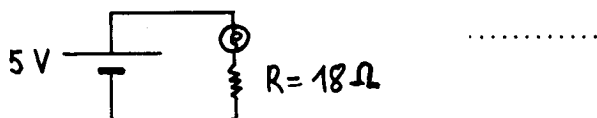
$R_{\text{lampe eteinte}} = \dots\dots\dots$



D) Notion de résistance électrique.

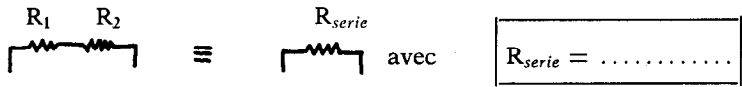
Manipulations :

Constatations expérimentales :



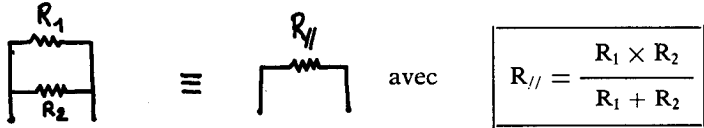
E) Associations de résistances.

— en série :



R_1 prévue	R_2 prévue	R_1 mesurée	R_2 mesurée	R_{serie} mesurée
1 kΩ	300 Ω			
22 kΩ	4,7 kΩ			

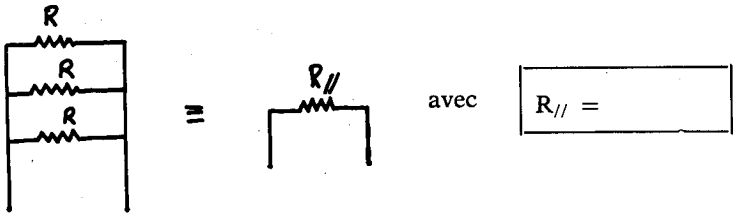
— en parallèle :



R_1 prévue	R_2 prévue	R_1 mesurée	R_2 mesurée	$R_1 \times R_2$	$R_1 + R_2$	$R_{//}$ calculée	$R_{//}$ mesurée
1 kΩ	300 Ω						
300 Ω	470 Ω						
1 kΩ	1 kΩ						
300 Ω	300 Ω						
1 kΩ	330 kΩ						
18 Ω	1 kΩ						

Conclusions —
—
—

Cas particulier :



Faire l'expérience avec $R = 1 \text{ k}\Omega \Rightarrow R_{//} = \dots\dots\dots$

et

avec $R' = 390 \text{ k}\Omega \Rightarrow R'_{//} = \dots\dots\dots$

Exercice.

Comment, en n'utilisant que des résistances de $1 \text{ k}\Omega$ et de 130Ω obtenir une résistance voisine de 560Ω .

Montage prévu théoriquement :

Valeur de la résistance mesurée à l'ohmmètre : $R = \dots\dots\dots$

F) Utilisation de potentiomètres.

Les potentiomètres sont des composants électroniques à 3 pattes, comportant, outre les extrémités, un curseur pouvant faire contact et se déplacer d'une extrémité à l'autre lorsqu'on le fait tourner autour de l'axe qui le porte.

Mesurer la résistance R à l'ohmmètre : $R = \dots\dots\dots$
(on prendra soit les potentiomètres notés $1 \text{ k}\Omega$ soit ceux notés 470Ω).



Vérifier que R ne dépend pas de la position du curseur.

Le curseur est en position intermédiaire.

Mesurer R_1 , puis, sans changer de place le curseur, mesurer R_2 .



$R_1 = \dots\dots\dots$

$R_2 = \dots\dots\dots$

Calculer alors $R_1 + R_2$: $R_1 + R_2 = \dots\dots\dots$

Comparer $R_1 + R_2$ avec la valeur de R précédemment obtenue.

Faire le même travail pour une autre position intermédiaire du curseur :

$$R'_1 = \dots\dots\dots$$

$$R'_2 = \dots\dots\dots$$

$$R'_1 + R'_2 = \dots\dots\dots$$

Comparer alors $(R_1 + R_2)$ à $(R'_1 + R'_2)$.

$R'_1 \neq R_1$: donc un des intérêts d'un potentiomètre est de pouvoir obtenir une résistance variable dont la valeur dépendra uniquement de la position du curseur.

3) LOI D'OHM.

La fiche n° 3 a été distribuée aux élèves.

Fiche n° 3 : LOI D'OHM.

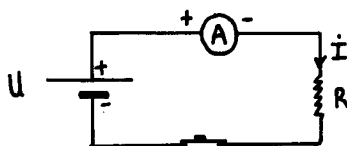
Enoncé.

La tension électrique U , aux bornes d'une résistance R , et l'intensité I du courant qui la traverse, sont liées par la relation :

$U = R \times I$

(en V) (en Ω) (en A)

Montage.



Remarques.

* Le + de l'ampèremètre (borne rouge notée + VA $\Rightarrow$) est relié à la borne positive du générateur de tension continue.

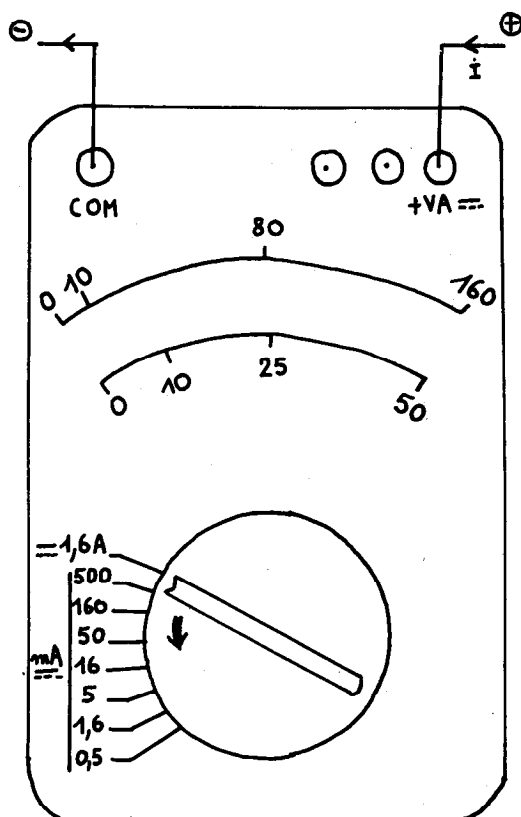
* Le — de l'ampèremètre est la borne noire marquée COM (borne commune).

* Le bouton-poussoir ne laisse passer le courant électrique (circuit fermé) que lorsqu'on appuie dessus : cela évite de faire débiter du courant électrique pendant un arrêt des mesures.

Première manipulation.

Utiliser un seul générateur de tension continue : $U = \dots\dots\dots$

Prendre une résistance $R = 330 \, \Omega$.



multimètre analogique utilisé en ampèremètre.

Utilisez l'ampèremètre de la façon suivante :

placez le sélecteur sur le calibre le plus élevé, soit $1,6 \, A = \dots\dots\dots$,

modifiez la position du sélecteur de manière à obtenir une déviation suffisante de l'aiguille,

si le sélecteur est placé à $1,6 \, A$, ou à $160 \, mA$, ou à $16 \, mA$, ou à $1,6 \, mA$, faire la lecture sur la graduation la plus haute ($0 \rightarrow 160$),

si le sélecteur est placé face à 500 mA, ou à 50 mA, ou à 5 mA, ou à 0,5 mA, faire la lecture sur la graduation inférieure (0 → 50).

$$I = \dots\dots\dots \text{ mA, or } 1 \text{ mA} = \frac{1}{1000} \text{ A,}$$

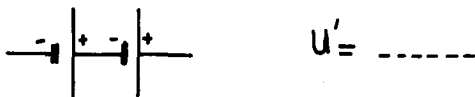
d'où $I = \dots\dots\dots \text{ A.}$

Vérifiez alors la loi d'Ohm : $U = R \cdot I.$

$R_{(\Omega)}$	$I_{(\text{mesuré})} \text{ (A)}$	$R_{(\Omega)} \times I_{(\text{A})}$	$U_{(\text{V})}$

Autres manipulations.

A) Le générateur de tension continue est remplacé par 2 générateurs de tension continue placés en série :



$R_{(\Omega)}$	$I'_{(\text{mA})}$	$I'_{(\text{A})}$	$R \times I'$	U'
330				

Conclusion :

B) Reprendre un seul générateur de tension continue et utiliser successivement les résistances suivantes :

R	$I_{(\text{mA})}$	$I_{(\text{A})}$	$R \times I$	
180 Ω				? U
1 k Ω				? U
10 k Ω				? U

Conclusion :

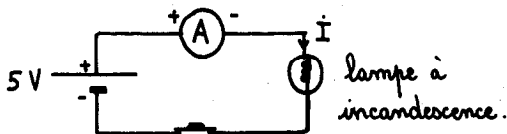
C) Remplacer R par un potentiomètre de résistance maximale $1\text{ k}\Omega$, mettre le curseur du potentiomètre en position moyenne. Appuyer alors sur l'interrupteur-poussoir et changer le calibre de l'ampèremètre et la position du curseur du potentiomètre jusqu'à obtenir $I = 8\text{ mA}$.

Déterminer alors la valeur de cette résistance :

$$R = \frac{U}{I} = \frac{\quad}{\quad} = \dots\dots\dots \Omega.$$

Vérifier ensuite, cette valeur de R , à l'aide de l'ohmmètre numérique.

D) Calculons la résistance électrique d'une lampe à incandescence allumée.

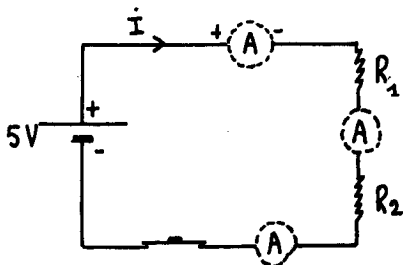


Mesurer : $I = \dots\dots\dots \text{mA} = \dots\dots\dots \text{A}.$

En déduire : $R = \frac{U}{I} = \frac{\quad}{\quad} = \dots\dots\dots \Omega.$
lampe allumée

Comparer : $R_{\text{lampe éteinte}}$ et $R_{\text{lampe allumée}}$

E) Cas de résistances en série.



Vérifier que la place de l'ampèremètre, monté en série avec les autres éléments du circuit, n'a pas d'importance.

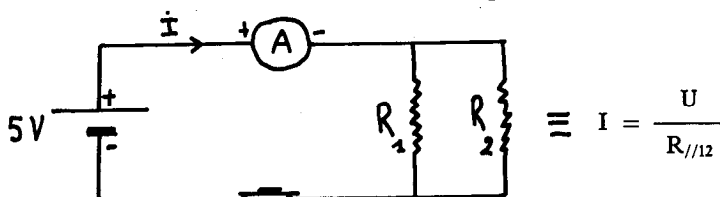
$$I = \frac{U}{R_{\text{serie}}}.$$

R_1	R_2	R_{serie}	I (A) <i>prévue</i>	I (mA) <i>prévue</i>	I <i>mesurée</i>
$180\ \Omega$	$300\ \Omega$				

F) Cas de résistances en parallèle.

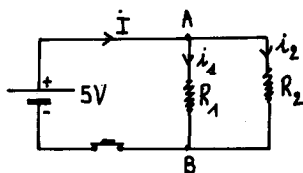
Premier exemple :

Calcul de l'intensité I dans le circuit principal.



R_1	R_2	$R_1 \times R_2$	$R_1 + R_2$	$R_{//12}$	I (A) <i>prévue</i>	I (mA) <i>prévue</i>	I <i>mesurée</i>
$180\ \Omega$	$300\ \Omega$						

Loi des nœuds ; calcul des intensités i_1 et i_2 traversant R_1 et R_2 .



Entre les 2 points A et B, il y a une tension électrique de 5 V. Donc, aux bornes de chaque résistance, est appliquée cette tension $U = 5\text{ V}$.

Aux bornes de R_1 , on a :

$$U = R_1 \times i_1 \Rightarrow i_1 = \frac{U}{R_1} = \text{---} = \text{---}$$

Aux bornes de R_2 , on a :

$$U = R_2 \times i_2 \Rightarrow i_2 = \frac{U}{R_2} = \text{---} = \text{---}$$

Placer correctement l'ampèremètre pour mesurer i_1 :

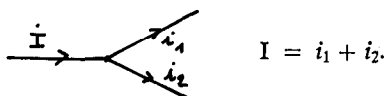
$$i_1 = \dots\dots\dots \text{mA.}$$

Placer ensuite correctement l'ampèremètre pour mesurer i_2 :

$$i_2 = \dots\dots\dots \text{mA.}$$

Calculez alors : $i_1 + i_2 = \dots\dots\dots \text{mA}$; comparez ce résultat avec $I_{\text{mesurée}}$.

Vous avez ainsi vérifié la loi des nœuds :



Deuxième exemple :

Calcul de l'intensité dans le circuit principal.

$$I = \frac{U}{R_{//12}}.$$

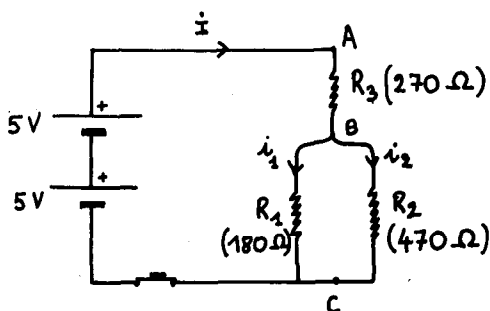
R_1	R_2	$R_1 \times R_2$	$R_1 + R_2$	$R_{//12}$	$I \text{ (A)}$ <i>prévue</i>	$I \text{ (mA)}$ <i>prévue</i>	I <i>mesurée</i>
130 Ω	560 Ω						

Calcul des intensités i_1 et i_2 traversant R_1 et R_2 .

$$\left. \begin{aligned} i_1 &= \frac{U}{R_1} = \dots\dots\dots \\ i_2 &= \frac{U}{R_2} = \dots\dots\dots \end{aligned} \right\} \begin{aligned} i_1 &= \dots\dots\dots \text{mesurée} \\ i_2 &= \dots\dots\dots \text{mesurée} \end{aligned} \quad i_1 + i_2 = \dots\dots\dots$$

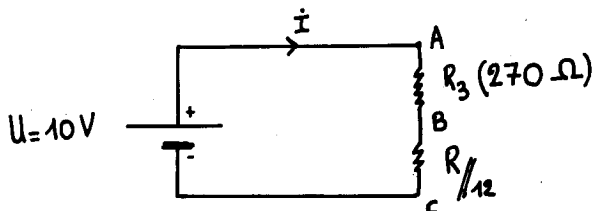
Vérifier la loi des nœuds : $I = i_1 + i_2$
mesurée mesurée mesurée

G) Circuit avec des résistances en série et en parallèle.



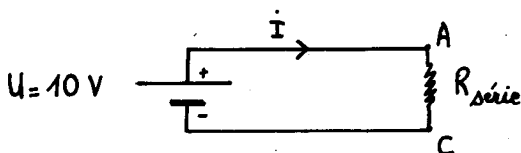
Pour déterminer l'intensité I dans le circuit principal, il faut déterminer un circuit équivalent plus simple.

Remplaçons R_1 et R_2 par leur résistance équivalente $R_{//12}$.



R_1	R_2	$R_1 \times R_2$	$R_1 + R_2$	$R_{//12}$

Déterminons la résistance équivalente entre A et C,



avec $R_{\text{série}} = R_3 + R_{//12} = \dots + \dots = \dots$

Calculons alors I : $I_{\text{prevue}} = \frac{U}{R_{\text{série}}} = \dots = \dots$

mesurez alors I dans le circuit principal : $I = \dots$

On ne peut pas — pour le moment — prévoir les valeurs de i_1 et de i_2 car on ne connaît pas la tension appliquée entre les points B et C.

Par contre, on peut mesurer ces deux intensités :

- placer l'ampèremètre dans la portion de circuit ne contenant que R_1 : $i_1 = \dots$
mesuree
- placer l'ampèremètre dans la portion de circuit ne contenant que R_2 : $i_2 = \dots$
mesuree

En déduire : $i_1 + i_2 = \dots$
mesuree mesuree

Conclusion : $\dots$

Quelle remarque peut-on faire concernant les 2 valeurs comparées de i_1 et de i_2 connaissant les 2 valeurs comparées de R_1 et de R_2 ?

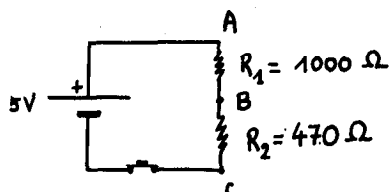
4) DIVISEUR DE TENSION.

La fiche n° 4 est distribuée aux élèves.

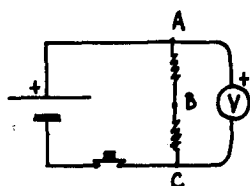
Fiche n° 4 : DIVISEUR DE TENSION.

Pour mesurer la tension électrique entre deux points d'un circuit, il faut disposer d'un contrôleur utilisé en voltmètre, monté en parallèle sur ce circuit.

Réalisez le circuit suivant :



Mesurez la tension électrique entre les points A et C :



$$U_{AC} = \dots\dots\dots \text{V}$$

mesuree

(c'est la tension électrique aux bornes du générateur).

En modifiant correctement le branchement du voltmètre, mesurez la tension électrique entre A et B :

$$U_{AB} = \dots\dots\dots \text{V},$$

mesuree

puis la tension électrique entre B et C :

$$U_{BC} = \dots\dots\dots \text{V}.$$

mesuree

Calculez alors $U_{AB} + U_{BC} = \dots\dots\dots \text{V}.$

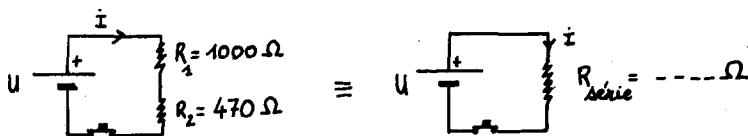
Conclusion :

Remarque.

* La tension aux bornes d'une des résistances étant plus petite que la tension aux bornes de l'ensemble, on a réalisé un diviseur de tension.

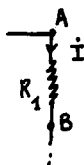
Pouvait-on prévoir ces valeurs de tension ?

Pour cela, on commence par calculer l'intensité I qui traverse les 2 résistances :



donc : $I = \frac{U}{R_{serie}} = \dots\dots\dots \text{ A.}$

I traverse R_1 :

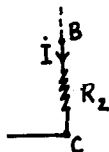


$U_{AB} = R_1 \times I = \dots\dots\dots \times \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{ V.}$
prevue

Comparez cette valeur avec U_{AB} *mesuree*.

de même :

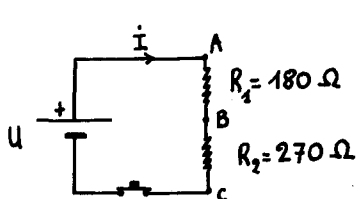
I traverse R_2 :



$U_{BC} = R_2 \times I = \dots\dots\dots \times \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{ V.}$
prevue

Comparez cette valeur avec U_{BC} *mesuree*.

Faire le même travail avec $R_1 = 180 \Omega$ et $R_2 = 270 \Omega$.



$U_{AC} = \dots\dots\dots$
mesuree

$U_{AB} = \dots\dots\dots$
mesuree

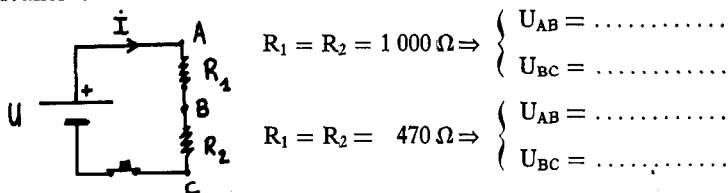
$U_{BC} = \dots\dots\dots$
mesuree

$U_{AB} + U_{BC} = \dots\dots\dots$

$$I_{prevue} = \frac{U}{R_{serie}} = \dots\dots\dots (A) \Rightarrow$$

$$\left\{ \begin{array}{l} U_{AB}^{prevue} = R_1 \times I = \dots\dots \times \dots\dots = \dots\dots\dots \\ U_{BC}^{prevue} = R_2 \times I = \dots\dots \times \dots\dots = \dots\dots\dots \end{array} \right.$$

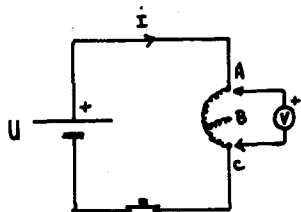
Mesurez U_{AB} et U_{BC} dans chacun des 2 cas particuliers suivants :



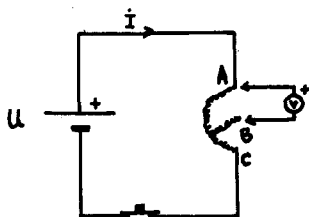
Conclusion :

Vérifiez que la tension U_{AC} est constante, quelque soit la position du curseur du potentiomètre (1 k Ω).

(U_{AC} est d'ailleurs égale à la tension du générateur).



Vérifiez que la tension $U_{AB}^{mesuree}$ peut prendre toutes les valeurs comprises entre 0 et U lorsqu'on modifie la position du curseur.



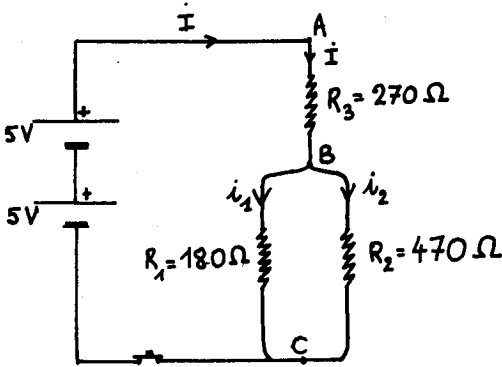
(Il en est de même pour la tension U_{BC}).

Pour une position donnée du curseur, déterminez U_{AB} puis U_{BC} .

$$\left. \begin{array}{l} U_{AB} = \dots\dots\dots \\ U_{BC} = \dots\dots\dots \end{array} \right\} \Rightarrow U_{AB} + U_{BC} = \dots\dots\dots$$

Conclusion :

Circuit avec des résistances en série et en parallèle.



On a déjà mesuré (paragraphe G, Fiche n° 3) :

$$\begin{array}{l} I = \dots\dots\dots \text{ mA} = \dots\dots\dots \text{ A,} \\ i_1 = \dots\dots\dots \text{ mA} = \dots\dots\dots \text{ A,} \\ i_2 = \dots\dots\dots \text{ mA} = \dots\dots\dots \text{ A.} \end{array}$$

I étant connue, peut-on prévoir i_1 et i_2 ?

I traverse R_3 donc on peut calculer la tension aux bornes de R_3 :

$$U_{AB} = R_3 \times I = \dots\dots\dots \times \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

calculée

Mesurez alors U_{AB} : $U_{AB} = \dots\dots\dots$

mesurée

On connaît $U_{AC} = 10 \text{ V}$ et on sait que $U_{AB} + U_{BC} = U_{AC}$,
donc : $U_{BC} = U_{AC} - U_{AB} = \dots\dots\dots - \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$

prevue mesurée

Mesurez alors U_{BC} : $U_{BC} = \dots\dots\dots$

mesurée

Cette tension U_{BC} existe aussi bien aux bornes de R_1 qu'aux bornes de R_2 , donc :

$$U_{BC} = R_1 \times i_1$$

mesuree

↓

$$i_1 = \frac{U_{BC}}{R_1} = \dots\dots (A)$$

prevue

$$U_{BC} = R_2 \times i_2$$

mesuree

↓

$$i_2 = \frac{U_{BC}}{R_2} = \dots\dots (A)$$

prevue

Comparez i_1 avec i_1 .

prevue *mesuree*

Comparez i_2 avec i_2 .

prevue *mesuree*

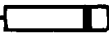
5) LA DIODE SEMI-CONDUCTRICE.

La fiche n° 5 a été distribuée aux élèves.

Remarque.

Les diodes utilisées sont du type 1 N 4007 (diode au silicium dont le prix est de l'ordre de 1,20 F).

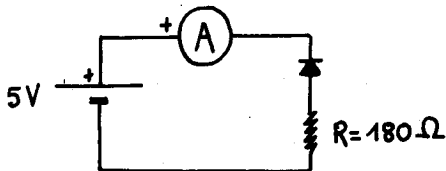
Fiche n° 5 : LA DIODE SEMI-CONDUCTRICE.

C'est un composant à 2 bornes : anode  cathode

On la schématise ainsi :



A) Courant continu.

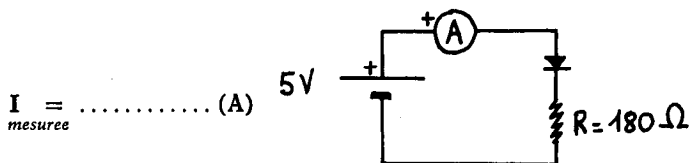


$$I = \dots\dots (A)$$

mesuree

Quand la cathode est reliée à la borne positive de la source de tension, la diode se comporte comme un interrupteur ; on dit qu'elle est polarisée en inverse ou qu'elle est bloquée.

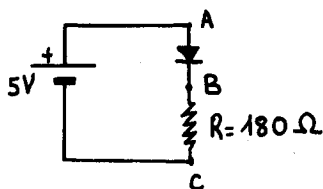
Inversez les 2 bornes de la diode :



$$I = \dots\dots (A)$$

mesuree

Quand l'anode est reliée à la borne positive de la source de tension, la diode se comporte du point de vue du courant électrique comme un interrupteur ; on dit qu'elle est polarisée en direct ou qu'elle est dans le sens passant.



A l'aide du voltmètre, mesurez :

$$U_{AC} = \dots\dots\dots (V)$$

$$U_{diode} = U_{AB} = \dots\dots\dots (V)$$

$$U_{BC} = \dots\dots\dots (V)$$

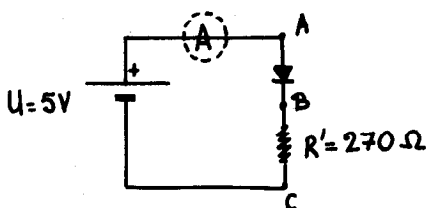
Vérifiez que : $U_{BC} = U_{AC} - U_{AB}$.

Connaissant la tension U_{BC} aux bornes de R , on peut en déduire l'intensité I qui la traverse (donc qui circule dans tout le circuit) :

$$I_{calculée} = \frac{U_{BC}}{R} = \dots\dots\dots (A).$$

Vérifiez que : $I_{calculée} = I_{mesurée}$.

Mêmes mesures avec $R' = 270 \Omega$:



$$I_{mesurée} = \dots\dots\dots (A)$$

puis

$$U_{AC} = \dots\dots\dots (V)$$

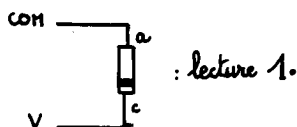
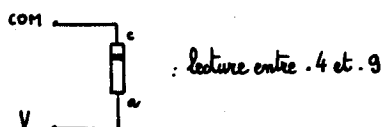
$$U_{diode} = U_{AB} = \dots\dots\dots (V)$$

$$U_{BC} = \dots\dots\dots (V)$$

$$I_{calculée} = \frac{U_{BC}}{R} = \dots\dots\dots (A).$$

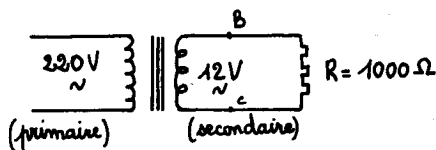
On remarque que pour 2 valeurs différentes de l'intensité qui traverse la diode, la tension aux bornes de celle-ci est sensiblement constante et égale à V : une diode, traversée par un courant, peut servir de source de tension.

Contrôle des diodes au multimètre numérique : placer le sélecteur de fonction sur la position diode test :  ; on doit faire les 2 lectures suivantes :

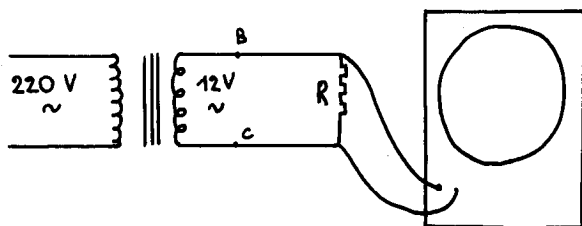


B) Courant alternatif.

Réalisons un circuit parcouru par du courant alternatif à l'aide du secondaire d'un transformateur et d'une résistance de $1\,000\ \Omega$.

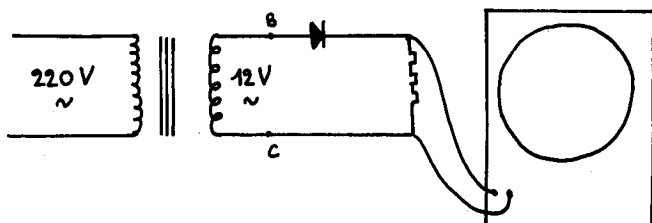


L'oscilloscope est un voltmètre particulier permettant de voir l'allure de la tension au cours du temps. Ici, visualisons la tension aux bornes de R : $u = R \times i$.



Vérifiez que l'on observe une même tension avec une résistance différente (par exemple $470\ \Omega$).

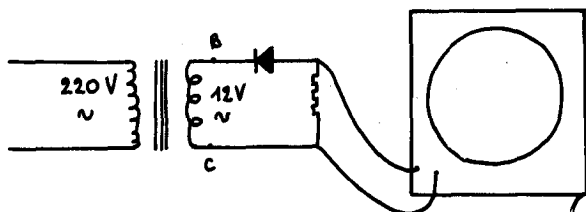
Introduisons une diode en série dans ce circuit.



La diode ne laisse passer que les alternances positives : on dit qu'on a effectué un redressement à une alternance.

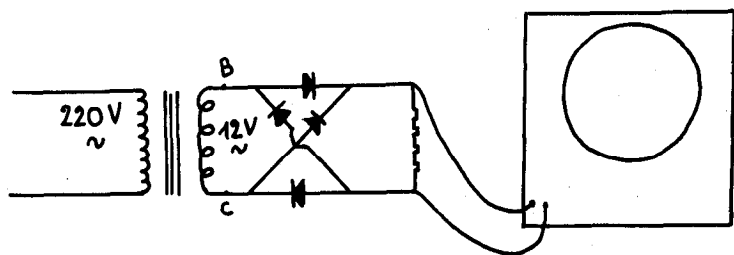
Remarque.

* Invertissons les 2 bornes de la diode :



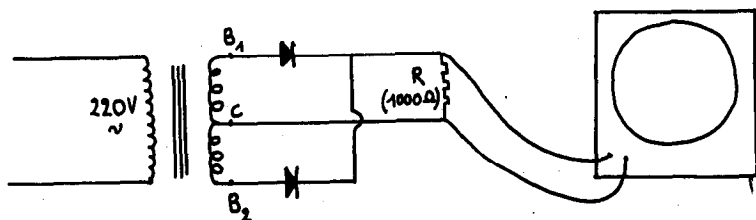
La diode ne laisse passer que les alternances négatives.

Redressement 2 alternances par pont de diodes.



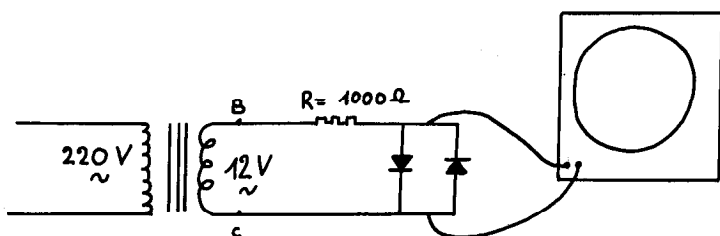
Interprétation :

Redressement 2 alternances avec transformateur à point milieu.



Interprétation :

Circuit limiteur.



Interprétation :

6) REALISATION DU CIRCUIT IMPRIME : TESTEUR DE POLARITE.

La fiche n° 6 a été distribuée aux élèves.

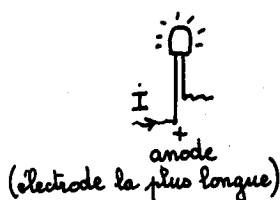
Remarques.

- * La plaque découpée est un carré de côté 3 cm.
- * Le prix d'une L.E.D. dépend de sa couleur ; il est de l'ordre de 1,50 F.

Fiche n° 6 : TESTEUR DE POLARITE.

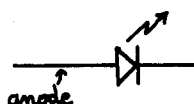
Les lampes d'usage courant s'allument quel que soit le sens de passage du courant qui les traverse.

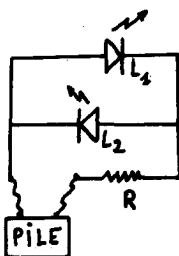
Par contre, les lampes notées L.E.D. (light emitting diode) ne s'allument que pour un sens donné du courant.



La L.E.D. s'allume pour un courant d'intensité au moins égale à 5 mA ($I_{maxi} = 50$ mA sous peine de destruction).

Notation des L.E.D.



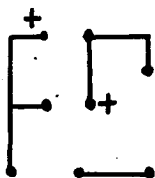
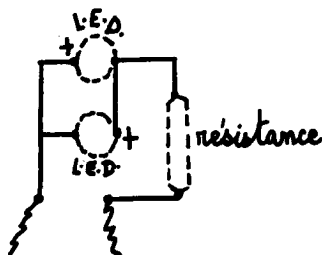
Montage théorique.

La résistance R sert à limiter l'intensité I traversant les L.E.D. ($R = 300 \Omega$).

Suivant le sens de branchement de la pile, c'est soit L_1 (L.E.D. rouge, par exemple), soit L_2 (L.E.D. verte, par exemple) qui s'allume.

Circuit Imprimé.

Vue de dessous :

**7) ETUDE SIMPLE D'UN TRANSISTOR.**

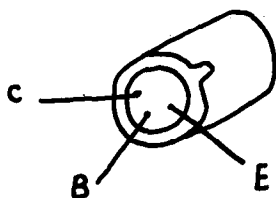
La fiche n° 7 a été distribuée aux élèves.

Remarque.

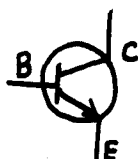
* Le prix d'un transistor BC 107 B est voisin de 2,20 F.

Fiche n° 7 : LE TRANSISTOR.

A) Présentation.



schématisation :
(type NPN)

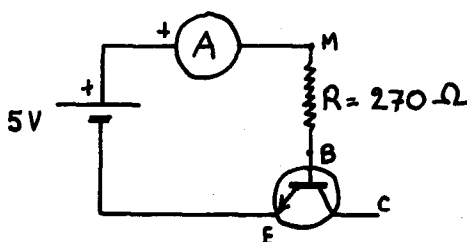


base : B
émetteur : E
collecteur : C

Remarque.

* Le boîtier métallique du transistor n'est pas isolé des 3 bornes ; la plupart du temps, il est relié au collecteur.

B) Etude de la jonction base-émetteur.



$$I = \dots\dots\dots \text{mA},$$

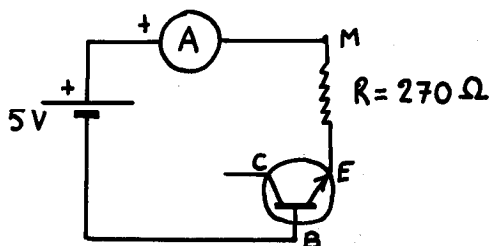
d'où, tension aux bornes de R :

$$U_{MB} = R \times I = \dots\dots\dots \times \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{V}.$$

En déduire la tension entre B et E :

$$U_{BE} = 5 - U_{MB} = \dots\dots\dots \text{V}.$$

Inverser les bornes B et E.



$I = \dots\dots\dots \text{mA}$.

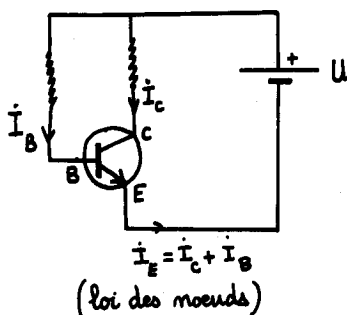
Conclusion : La jonction base-émetteur se comporte comme une diode dont l'anode est la base, et la cathode est l'émetteur.

Remarque.

* On pourrait tester de la même manière la jonction base-collecteur.

C) Transistor en amplification.

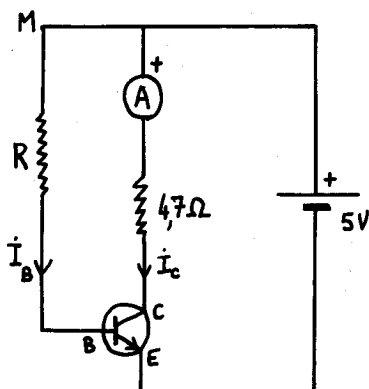
Principe.



Le transistor se comporte comme un amplificateur de courant lorsque l'intensité I_C est proportionnelle à l'intensité I_B (avec $I_C > I_B$); on a alors : $I_C = \beta \cdot I_B$.

Détermination du coefficient d'amplification β pour un transistor BC 107 B.

R	I_c
390 000 Ω	
195 000 Ω	
130 000 Ω	



$$U_{ME} = 5 \text{ V}, \quad U_{BE} = \dots\dots\dots \text{ V}, \text{ d'où :}$$

$$U_{MB} = U_{ME} - U_{BE} = \dots\dots\dots \text{ V}.$$

Dans le cas où $R = 390\,000 \, \Omega$,

$$U_{MB} = R \times I_B \Rightarrow I_B = \frac{U_{MB}}{R} = \text{---} = \dots\dots\dots \text{ A}$$

or : $I_C = \dots\dots\dots \text{ A},$

d'où : $\beta = \frac{I_C}{I_B} = \text{---} = \dots\dots\dots$

Remarque.

Il est inutile de recommencer le calcul du coefficient d'amplification β avec les 2 autres mesures de I_C , car si R est divisé par 2 (ou par 3), I_B est multipliée par 2 (ou par 3) et on a vérifié que I_C était également multipliée par 2 (ou par 3); par consé-

quent, le rapport $\frac{I_C}{I_B}$ est constant.

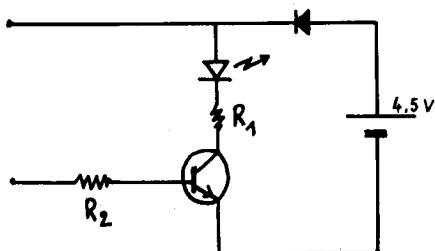
8) REALISATION D'UN TESTEUR ELECTRONIQUE OU TESTEUR DE CONDUCTIVITE.

La fiche n° 8 a été distribuée aux élèves.

Le schéma théorique simple est le suivant :

R_2 (10 k Ω) est une résistance de protection,

R_1 (180 Ω) permet de limiter le courant dans la L.E.D.



La plaque à découper est un rectangle de dimensions : $5\text{ cm} \times 3\text{ cm}$.

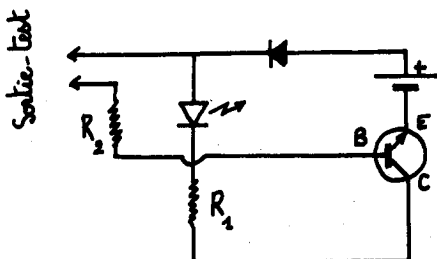
Fiche n° 8 : TESTEUR ELECTRONIQUE.

Ce montage, qui peut être alimenté par une pile plate de 4,5 V, comprend :

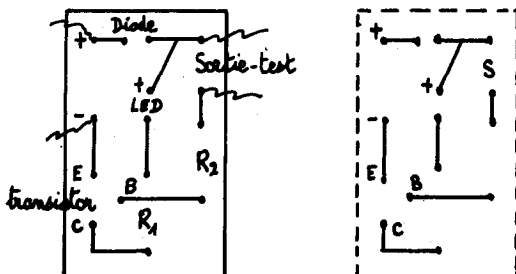
- une diode au silicium 1 N 4007 :   
- une diode électroluminescente ou L.E.D. :   
- un transistor BC 107 B (voir fiche n° 7);
- une résistance R_1 de $180\ \Omega$ et une résistance R_2 de $10\text{ k}\Omega$.

C'est un testeur de conductivité qui permet, par exemple, de montrer que le corps humain est un conducteur électrique, ou, que le verre est meilleur conducteur électrique à chaud qu'à froid, c'est-à-dire qu'il se comporte comme les semi-conducteurs.

Schéma théorique.



Circuit imprimé (vue de dessous, après retournement).



9) REALISATION D'UN DETECTEUR DE PASSAGE.

La fiche n° 9 a été distribuée aux élèves.

Remarques.

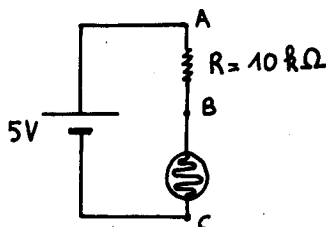
- * Le prix d'une photorésistance est de l'ordre de 20 F.
- * La plaque à découper est un rectangle de dimensions : 4 cm $\times$ 5 cm.

Fiche n° 9 : DETECTEUR DE PASSAGE.

Utilisation d'une photorésistance (ou L.D.R. : light dependant resistor) : .

Lorsque la lumière éclaire l'élément sensible de la photo-résistance, l'énergie lumineuse libère quelques électrons des liens qui les fixaient aux atomes. Le nombre des électrons libres qui permettent le passage du courant électrique augmente et le courant passe plus facilement : la résistance de la L.D.R. diminue lorsque la lumière est plus vive.

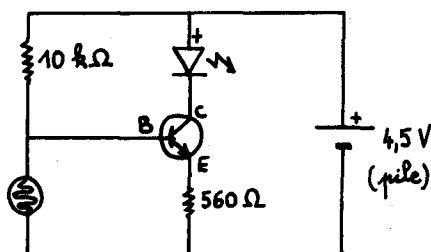
Réalisation d'un pont diviseur.



$$U_{AC} = 5 \text{ V.}$$

$$\begin{aligned} \text{L.D.R. vivement éclairée : } & \begin{cases} U_{AB} = \dots\dots\dots \\ U_{BC} = \dots\dots\dots < 0,7 \text{ V} \end{cases} \\ \text{L.D.R. dans l'obscurité : } & \begin{cases} U_{AB} = \dots\dots\dots \\ U_{BC} = \dots\dots\dots \end{cases} \end{aligned}$$

Montage théorique.



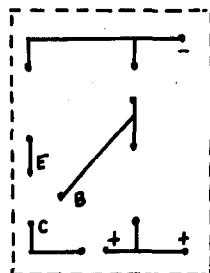
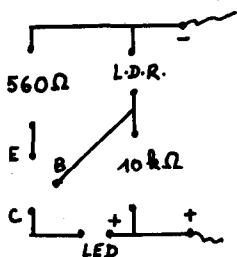
Lorsque la L.D.R. est vivement éclairée, le transistor est bloqué : la L.E.D. est éteinte.

Lorsque la L.D.R. est dans l'obscurité, le transistor est débloqué. Il joue alors son rôle d'amplificateur de courant ; la L.E.D. brille d'autant plus fortement que la L.D.R. sera moins éclairée.

Circuit imprimé.

On a intérêt à monter la L.D.R. sur des fils multibrins.

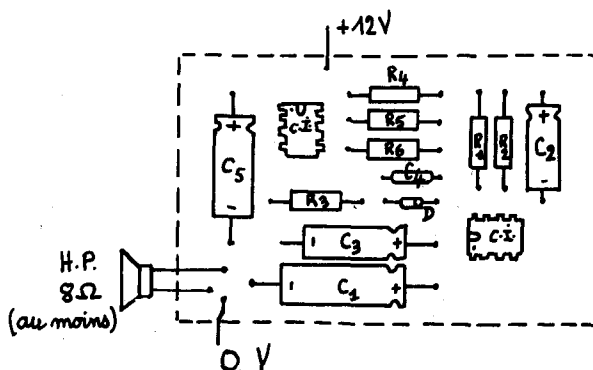
Vue de dessous, après retournement :



10) REALISATION D'UNE SIRENE D'ALARME.

Les élèves ont exprimé le vœu de réaliser un circuit imprimé contenant des circuits intégrés. Nous avons proposé le circuit

suivant sans explication théorique. (Ce montage n'était pas prévu lors de notre demande de P.A.E.).



$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega,$$

$$R_4 = 100 \text{ k}\Omega,$$

$$R_2 = 220 \text{ k}\Omega,$$

$$R_5 = R_6 = 39 \text{ k}\Omega.$$

$$R_3 = 8,2 \text{ k}\Omega,$$

C.I. : 555.

D : diode 1 N 914 ou 1 N 4148.

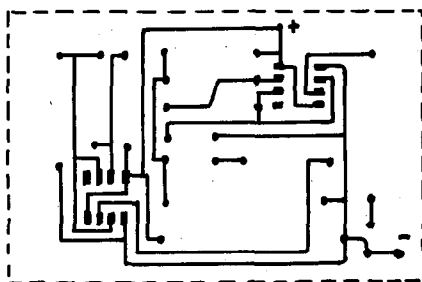
$C_1 = 220 \text{ }\mu\text{F}/24 \text{ V}$ chimique,

$C_4 = 10 \text{ nF}$ mylar,

$C_2 = 10 \text{ }\mu\text{F}/24 \text{ V}$ chimique,

$C_5 = 100 \text{ }\mu\text{F}/24 \text{ V}$ chimique.

$C_3 = 100 \text{ }\mu\text{F}/24 \text{ V}$ chimique,



Remarques.

* Avant de souder, à l'aide du contrôleur numérique, il faut vérifier la continuité électrique des portions de cuivre.

* Il faut souder les supports de circuits intégrés et ce n'est que lorsque toutes les soudures auront été faites que les circuits intégrés pourront être placés.

* La tension d'alimentation doit être supérieure à 6 V mais inférieure à 15 V (par exemple 12 V - batterie de voiture). L'intensité du son produit dépend de cette tension.

* Quelques secondes sont nécessaires pour que la sirène fonctionne normalement.

* En régime normal, un des circuits intégrés chauffe.

CONCLUSIONS.

Nous pensons avoir développé chez nos élèves le goût du soin, de la précision, leurs initiatives expérimentales. Leur comportement s'est modifié de façon très positive au fur et à mesure de l'avancement du projet et leur enthousiasme fut souvent communicatif. Les bons contacts ainsi établis entre nous ne sont pas prêts d'être oubliés.

Toute suggestion, correction ou remarque visant à améliorer ce projet d'action éducative est la bienvenue.
