

NOS OUTILS DE BASE

On reconnaît, paraît-il, un bon artisan à ce qu'il possède de bons outils... et qu'il sait correctement s'en servir. Si simples qu'ils soient, nos moyens d'expérimentation méritent un peu d'attention, avant même de débiter les premières manipulations.

Il est important, en effet, que nous puissions nous consacrer à l'essentiel, c'est-à-dire aux composants et montages électroniques, la mise en œuvre de l'outillage, les « tours de main », étant acquis une fois pour toutes...

LES BATTERIES

Vendues un peu partout sous l'appellation discutable de « piles rechargeables », les batteries au cadmium-nickel sont devenues très populaires ces dernières années. Précisément, parce qu'elles se rechargent (avec des appareils spéciaux), et que l'on amortit bien vite leur prix d'achat après quelques recyclages. Les éléments que nous recommandons ressemblent à des piles du gabarit « AA » ; chaque bâton est indiqué pour une tension nominale de 1,2 V.



Batteries et porte-batterie.

Il faut pour nos expériences en monter quatre dans un « porte-pile » ad hoc : les éléments sont bout à bout, en série, ce qui donne une tension nominale à l'ensemble de $4 \times 1,2 \text{ V} = 4,8 \text{ V}$. En fait, la réalité est un peu plus compliquée que cela, comme on le constatera sur essai.

Le bloc de quatre accumulateurs se relie par deux fils rouge (pôle +) et noir (pôle - ou « masse ») aux montages expérimentaux.

LE CONTRÔLEUR

C'est une version bon marché du célèbre « contrôleur universel » des électriciens et électroniciens. Son principe est celui d'un instrument appelé galvanomètre : une petite bobine de cuivre est solidaire de l'aiguille, montée sur le même axe. Cette bobine est placée dans un champ magnétique (aimant), de telle sorte qu'elle constitue un petit moteur électrique, qui a tendance à suivre le champ de l'aimant lorsqu'un courant la parcourt.

Un ressort en spirale s'oppose à ce mouvement, de telle sorte que l'aiguille s'arrête au

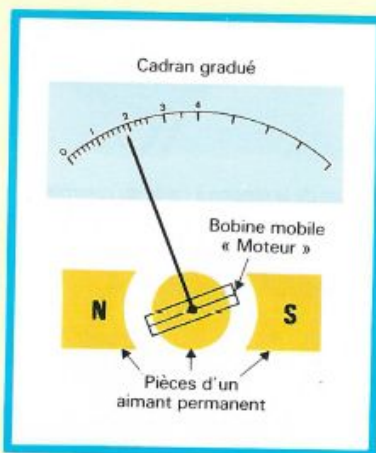


Fig. 1. – Principe du contrôleur universel...

point où l'action du courant et du ressort s'équilibrent. L'ensemble mesure ainsi le courant qui passe dans le contrôleur ; indirectement, on peut, de cette manière, mesurer une tension, une résistance... en n'oubliant jamais que le contrôleur consomme inévitablement une (petite) partie du courant mis en jeu.

LA PLANCHE A PAIN

Ainsi nommé parce que sa forme plate évoque effectivement les planchettes de bois sur lesquelles on coupe le pain (en anglais : bread-board), cet accessoire constitue le « socle » pour la construction des montages.

Autour d'une « rigole » marquant l'axe, on trouve des rangées de petits trous, qui donnent autant de contacts reliés, cinq par cinq, perpen-



... Pour mesurer courant, tension et résistances.

diculaires à la « rigole ». L'intervalle entre les trous n'est pas choisi au hasard : c'est le pas de $1/10^{\circ}$ de pouce (2,54 mm), qui correspond à l'espacement standard des broches des circuits intégrés.

En bordure, deux rangées de contacts (ou plus, selon modèles), reliés entre eux parallèlement à l'axe de la planchette. Ces rangées sont destinées à être les « pistes d'alimentation » du montage.

Cet objet est relativement onéreux, car chaque trou arrive sur un contact de haute qualité, flexible en « tulipe » : de telle sorte qu'il pince efficacement l'extrémité d'un fil, les broches d'un circuit intégré, etc. Cette qualité se paie, mais il ne faut pas le regretter : le « mauvais contact » est la plus frustrante des plaies de l'électronique...

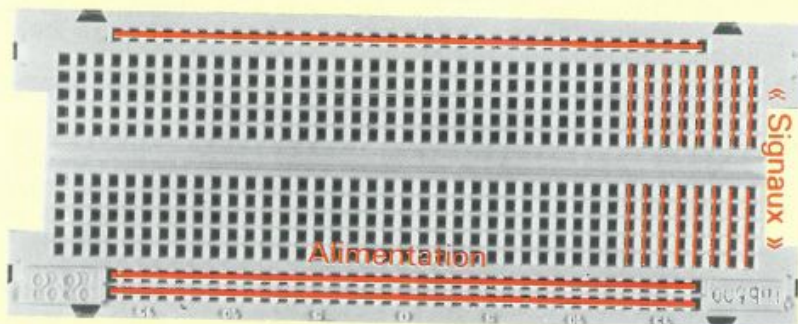


Fig. 2. – Un « socle » adapté pour la construction des montages.

LISTE PREVISIONNELLE DES COMPOSANTS POUR LES THEMES 1, 2 ET 3

Résistances

toutes 1/4 W	
1 k Ω	10 pièces
4,7 k Ω	5 pièces
10 k Ω	10 pièces
470 k Ω	5 pièces

Potentiomètre

linéaire, 10 k Ω : avec deux fils soudés-terminés entre un point extrême et un point milieu.

Condensateurs

100 μ F	1 pièce
1 μ F	1 pièce
10 μ F	1 pièce
100 μ F	1 pièce

tous chimiques, tension de service 10 V.

Diodes

1N914	5 pièces
LED rouge	2 pièces
LED verte	1 pièce

Transistor

2N2222	2 pièces
--------	----------

Circuits intégrés

74LS00	2 pièces
74LS03	2 pièces
74LS05	2 pièces

OUTILLAGE

- Planchette genre « LAB-DEC 200 Contacts » ou plus.
- Pèse-signaux. Avec fils terminés pour renvoi alim (rouge +, noir masse).
- Porte-pile pour 4 bâtons type « AA » cadmium-nickel, avec connecteur à pression, duquel émanent deux fils (rouge +, noir -).
- Contrôleur universel avec fonctions volt-mètre, ohmmètre (la classe 1 k Ω /volt suffit). Cordons et pointes de touche.

Facultatif (le lecteur peut trouver sur place) :

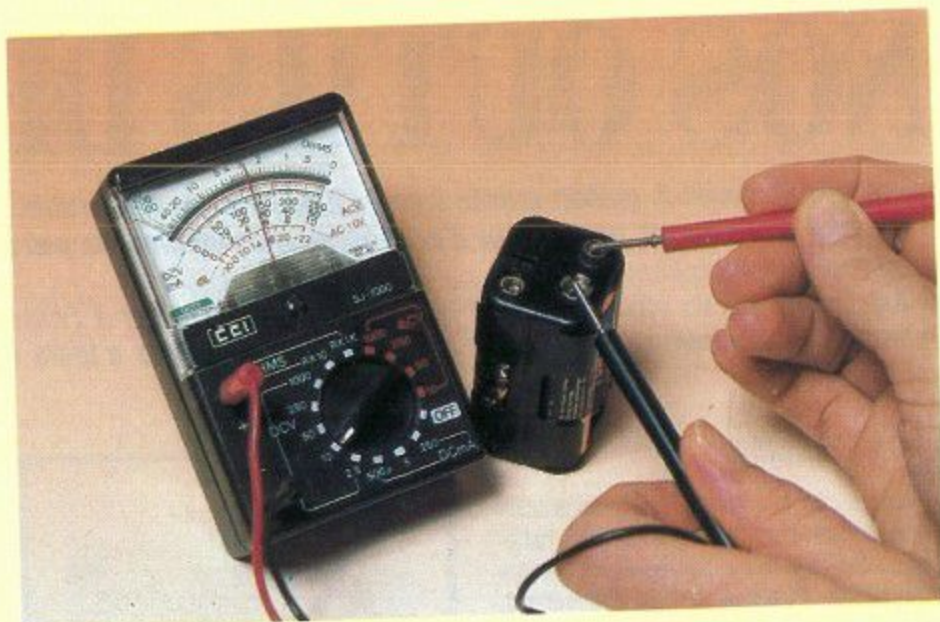
- 8 (2 x 4) bâtons cadmium-nickel type « AA » (nominal 1,2 V)
- Chargeur adapté.
- Lot de fils pré-coupés pour câblage volant

3 cm	x 10
5 cm	x 10
10 cm	x 10

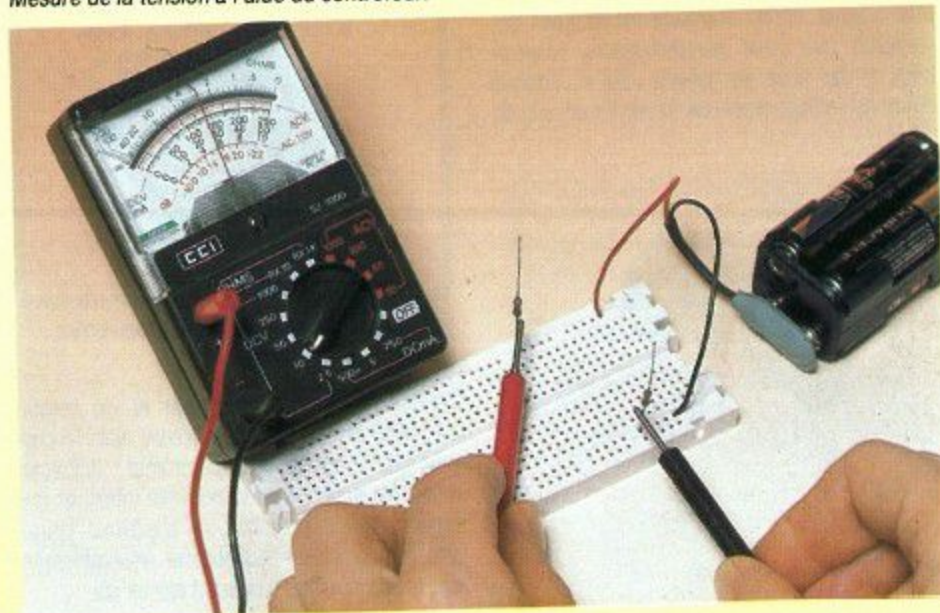
Ces fils « terminés » sont :

- soit assez rigides pour se « piquer » sans difficulté dans les trous de la planchette,
- soit soudés à de petits morceaux de fil rigide (pour la même raison).

Les lecteurs intéressés pourront obtenir tout ce matériel auprès de la société Beta-Time, rue de Brie, cour n° 14, 94520 Mandres-les-Roses.



Mesure de la tension à l'aide du contrôleur.



On peut constater, grâce au contrôleur, la continuité de la distribution de courant.

MESURE DE LA TENSION

Montez dans le porte-pile quatre éléments sortant de la charge. Piquez les deux fils des « pointes de touche » du contrôleur dans leur logement, et tournez le commutateur de ce dernier sur une position marquée DCV 10 (DC : direct courant ou courant continu) ; ce qui signifie que la tension se lira sur une échelle marquée de 0 à 10 (volts).

Touchez avec les pointes les deux contacts-pression du porte-piles.

Dans la bonne position, on doit lire une indication, non de 4,8 V (comme on s'y attendrait) mais de 5,1 à 5,2 V. C'est normal : avec l'usage, la tension baissera, pour se stabiliser entre 4,8 et 5 V pour une longue période... puis chutera brutalement, auquel cas il est temps de faire une re-charge d'entretien. Les montages de circuits logiques tolèrent en général une tension d'alimentation de 5 V à 5 % près : soit un maxi

de 5,25 V et un minimum de 4,75 V. Notre source est donc pratiquement idéale... et sans danger.

RACCORDEMENT A LA PLANCHE

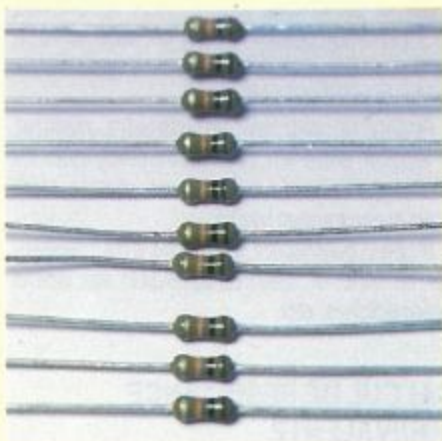
Prenez une résistance, et enfoncez sa « queue » dans un trou encore inemployé. Il faut « forcer » un peu pour la première fois ; après cette espèce de rodage, les autres contacts seront bien plus faciles. Un conseil, « dépucelez » de cette manière les rangées qui recevront les broches de circuits intégrés : qu'il ne faut forcer sous aucun prétexte !...

Reliez les fils du porte-pile aux deux points extrêmes sur les lignes d'alimentation. En promenant les queues de deux résistances, on peut constater avec le contrôleur la continuité de la distribution de courant.

LES RESISTANCES

Les résistances sont, à coup sûr, les plus simples des composants électriques. Elles ne doivent pas pour autant être traitées à la légère, car c'est souvent de montages judicieux de résistances en protection, polarisation, etc. que dépend la fiabilité ou la durée de vie d'un système... si sophistiqué soit-il.

Elles constituent, en outre, une bonne introduction à l'électronique « logique », car beaucoup d'autres éléments peuvent en première analyse être considérés comme des résistances variables, et se comprendre en tant que telles.



Quelques résistances...

RESISTANCE ET COURANT

Deux facteurs concourent à limiter un débit (n'importe quel débit) : l'étroitesse des « chemins » et la quantité d'obstacles qu'il faut « contourner ». Pour les électrons, un gros fil de cuivre est à peu près l'équivalent d'une autoroute en bitume, tandis qu'une mince couche de carbone est un étroit couloir du genre « parcours du combattant ».

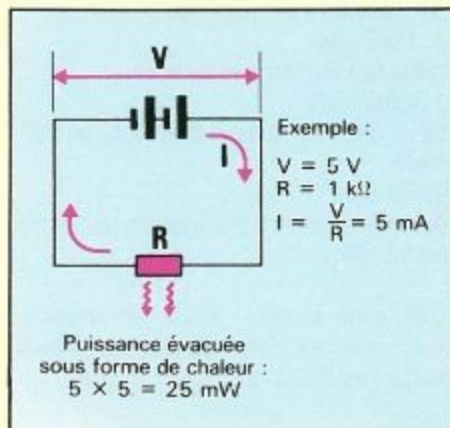
La résistance d'une charge soumise à une tension donnée détermine le courant selon la relation dite loi d'Ohm :

$$\text{Tension} = \text{Résistance} \times \text{Courant}$$

que l'on écrit habituellement sous la forme bien connue :

$$V = R \times I$$

Le passage d'un courant dans une charge résistive se traduit toujours par une perte d'énergie sous forme très banale d'échauffement (le chauffage électrique ne fonctionne pas



autrement). Si l'échauffement est excessif, la résistance de n'importe quelle charge finit toujours par augmenter ; jusqu'à la catastrophe (bien utile) du fusible !

LES COMPOSANTS

La forme la plus commune d'une résistance, en électronique, est un petit cylindre prolongé par deux « queues » métalliques (pour la raccorder, la souder, sur d'autres conducteurs). Elle est quelquefois marquée « en clair » avec sa valeur en ohm. Plus fréquemment, elle sera identifiée par un code coloré. Pour le lire :

- on dispose l'anneau doré ou argenté vers sa droite ;
- on lit les deux premiers chiffres par les couleurs des deux premiers anneaux à gauche ; par exemple : marron (1) et noir (0) donnent « 10 » ;
- on multiplie par 10, 100, 1 000... selon la couleur du troisième anneau ; ainsi rouge ($\times 100$), avec les couleurs marron/noir déjà lues, donne :
 $10 \times 100 = 1\,000 \Omega$, ou $1 \text{ k}\Omega$ (kilo-ohm)

1 ^{re} bague : 1 ^{er} chiffre	2 ^e bague : 2 ^e chiffre	3 ^e bague : multiplicateur	4 ^e bague : tolérance
1	0	1	
2	1	10	
3	2	100	
4	3	1 000	
5	4	10 000	
6	5	100 000	
7	6	1 000 000	
8	7		
9	8		
	9		

Fig. 4. - Le code des couleurs.

L'anneau doré indique que cette valeur est donnée à 5 % près ; d'argent, à 10 % près.

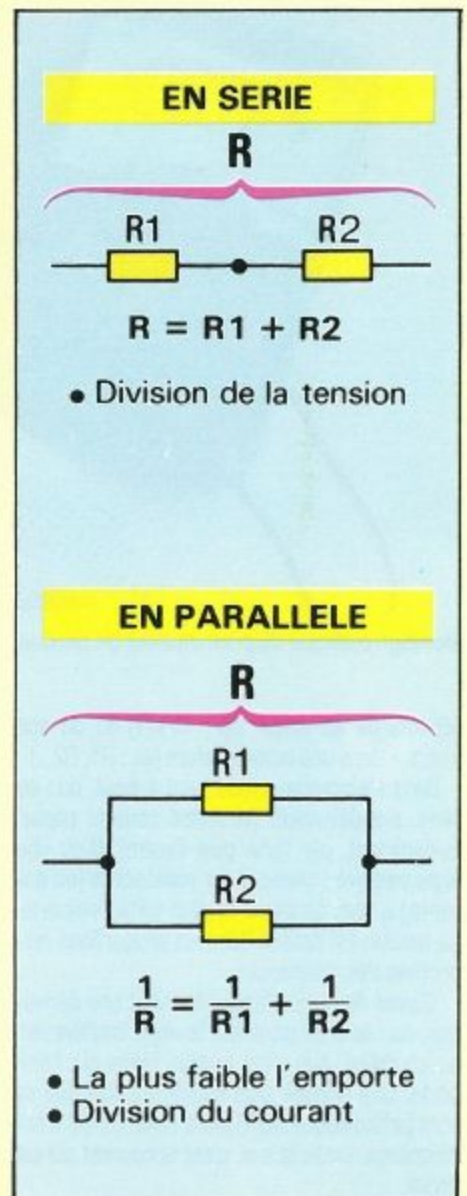
Il existe d'autres présentations, en « rangées », dans des boîtiers ayant l'aspect de circuits intégrés, etc. Mais nous y reviendrons à d'autres occasions.

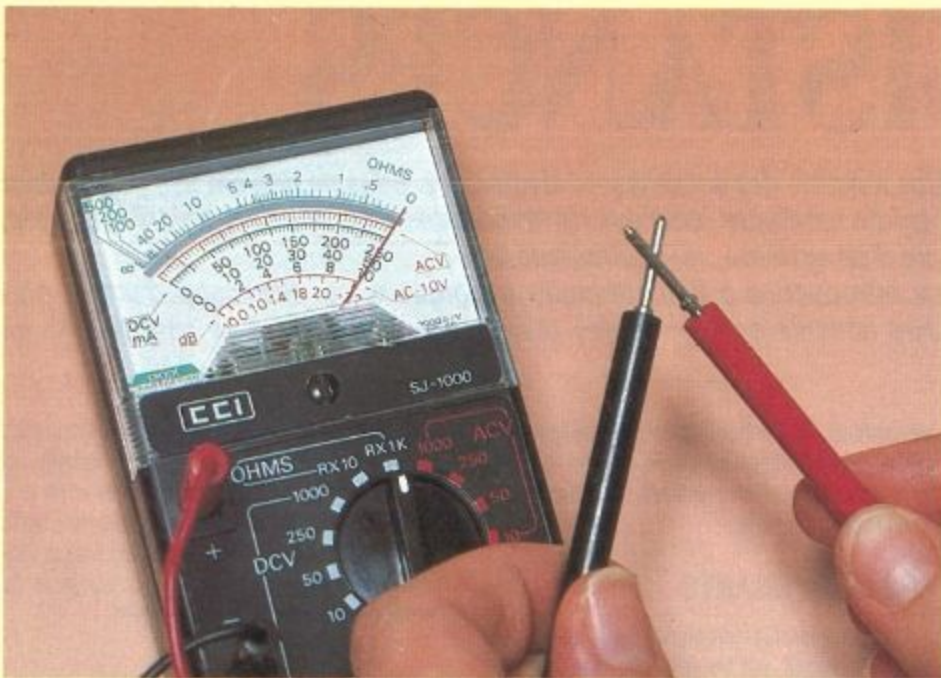
On trouve des résistances de même valeur marquée, mais de volume très différent. Les

plus grosses admettent un échauffement plus important sans perdre leurs caractéristiques. En électronique digitale, la catégorie « 1/4 W » est en général suffisante, les courants usuels n'étant que de quelques milliampères sous tension courante de 5 V, soient des dissipations de l'ordre du 1/10^e de watt par élément.

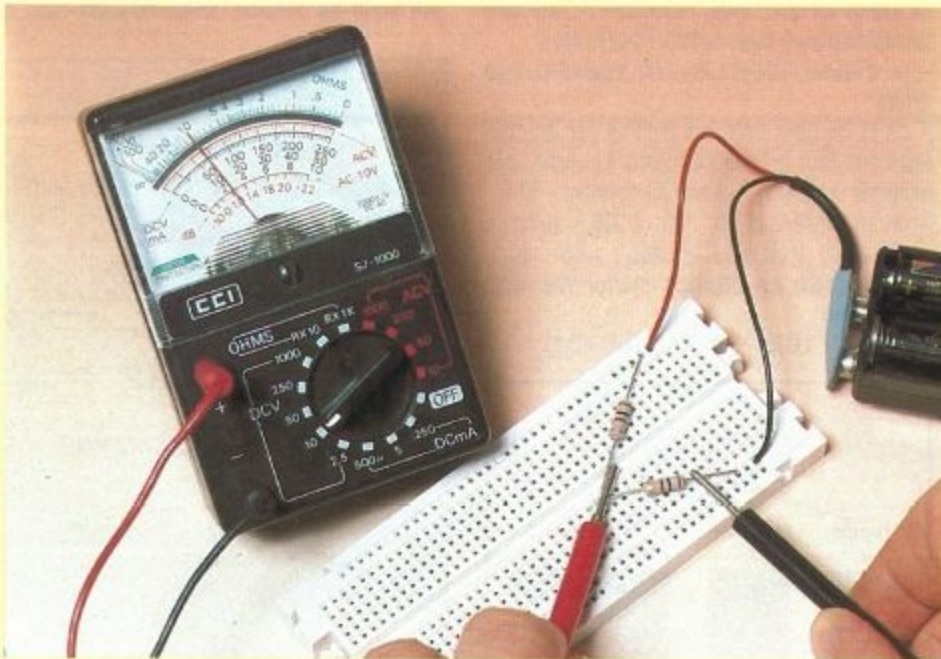
EN SERIE, EN PARALLELE

Le symbole usuel pour une résistance est une sorte de tortillon, avec indication sur le





Les deux pointes de touches en contact : résistance nulle.



Montage pratique du pont diviseur de tension.

schéma de sa valeur (ex : 10 kΩ) ou de son « nom » dans une nomenclature (ex : R1, R2...)

Deux résistances mises bout à bout, ou : en série, s'additionnent (le même courant passe, évidemment, par l'une puis l'autre). D'où une règle intuitive : quand deux résistances (ou davantage) sont en série, la plus forte l'emporte. La tension est divisée dans les proportions respectives des résistances.

Quand deux résistances forment une dérivation, ou : sont en parallèle, la règle intuitive est, au contraire, que c'est la plus faible qui l'emporte. Une analyse plus subtile montre que ce sont (arithmétiquement) leurs inverses qui s'additionnent. Cette fois-ci, c'est le courant qui est divisé.

LE CONTRÔLEUR EN OHMMÈTRE

Le contrôleur universel possède une position pour la mesure des résistances. En fait, on utilise, dans ce cas, une petite pile incorporée (qu'il faut parfois changer !), et le cadran indique, en fait, le courant qui parcourt l'ensemble.

En principe, l'appareil doit mesurer 0 Ω quand les deux pointes de touche sont en contact direct, en court-circuit. Si ce n'est pas le cas, on forcera l'aiguille à cette position zéro par un bouton molleté prévu exprès. Ce réglage doit être repris quand la tension de la pile varie, donc le courant maximum...

Ce réglage fait, décryptez les valeurs des résistances que vous avez à votre disposition grâce au code coloré. Puis, faites-vous confirmer le résultat par le contrôleur.

ATTENTION ! Le contrôleur ne marche en ohmmètre que si la résistance n'est pas soumise à une autre tension, comme ce serait le cas dans un montage en fonction ! L'ohmmètre ne mesure un vrai courant, donc une vraie résistance, que s'il est l'unique source.

LE PONT DIVISEUR

Sur la planchette, insérez deux résistances de 1 kΩ (marron-noir-rouge) en série entre la ligne « + 5 V » et la « masse ». Voyez, sur la photo un montage pratique.

Plaçant le contrôleur en voltmètre, mesurez la tension entre les deux extrémités, puis au « point milieu ». Vous trouverez comme c'est logique une tension moitié.

Montez maintenant de même trois résistances en série, et mesurez la tension aux points intermédiaires. etc.

CALCUL DE RESISTANCE EQUIVALENTE

Rien de plus simple avec une calculatrice « 4 opérations à mémoire » que de prédire la valeur équivalente aux deux résistances de 4,7 kΩ et 1 kΩ en parallèle. La méthode a de quoi scandaliser les amateurs d'arithmétique scolaire, mais elle est commode (encadré). Substituez ce couple de résistances à l'une des 1 kΩ précédentes, et interprétez les nouvelles valeurs divisées de la tension.

METHODE POUR EXPLOITER

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Exemple où
 $R_1 = 1\ 000\ \Omega$
 $R_2 = 4\ 700\ \Omega$

CM remettre à zéro la mémoire
 1 : 1 000 = M+
 calcul de $1/R_1$, rangé en mémoire
 1 : 4 700 = M+
 calcul de $1/R_2$, cumulé avec $1/R_1$ en mémoire
 1 : RM =
 donne le résultat R en inversant ce cumul (égal à $1/R$)

Dans notre exemple : 825 Ω en arrondissant ; mais souvenez-vous que les valeurs sont à 5 ou 10 % près !

LES NIVEAUX LOGIQUES

On dit souvent que les ordinateurs travaillent avec les deux « symboles » 0 et 1. C'est vrai en un certain sens : on peut, en effet, représenter les deux états d'une « logique binaire » par ces symboles.

Mais la physique ne sait pas ce que 0 et 1 veulent dire : les composants électroniques sont sensibles à des tensions ou à des courants, pas à des symboles.

L'immense majorité des composants usuels sont définis selon une convention de niveaux (de tension) que nous allons voir, et qui représentent convenablement, si l'on s'y prend bien, les fameux 0 et 1...

NIVEAUX « TTL » ET « C.MOS »

Deux familles de composants imposent des standards de fait en logique électronique. Ces standards font référence à la technologie de leur fabrication : TTL signifie « Transistor-Transistor Logic », C.MOS est l'abréviation de « Complementary Metal-Oxyde-Silicon ». Les détails de fabrication nous concernent assez peu, pour l'instant.

Une des principales différences entre les deux familles est l'échelle des tensions qui spécifie les niveaux logiques auxquels les composants de l'une et l'autre famille sont sensibles.

La plupart des montages sont alimentés par une seule source, de tension + 5 V, par rapport à une référence (dite masse). Par convention, le « 1 » logique est un niveau haut et le « 0 » un niveau bas ; autrement dit, des tensions légèrement inférieures à + 5 V, d'une part, et légèrement supérieures à 0 V (masse), d'autre part.

Une sorte de no man's land sépare les deux domaines du « 1 » et du « 0 ». Les frontières de cette zone d'incertitude (ni « 1 » ni « 0 » !) diffèrent pour les deux familles (voir figure 6).

DES SOURCES DE NIVEAUX LOGIQUES FIXES...

La source de « 1 » la plus rudimentaire est donc le raccordement direct à l'alimentation positive. De même, le « 0 » peut être fourni le plus simplement par un raccordement direct à la masse.

Il est toujours dangereux d'effectuer sans précaution de tels raccords, car toute la puissance de l'alimentation est disponible, capable de fournir un courant élevé... et destructeur par échauffement. On préfère insérer des résistan-



Des composants familiers : transistors, circuits intégrés et diodes électroluminescentes.

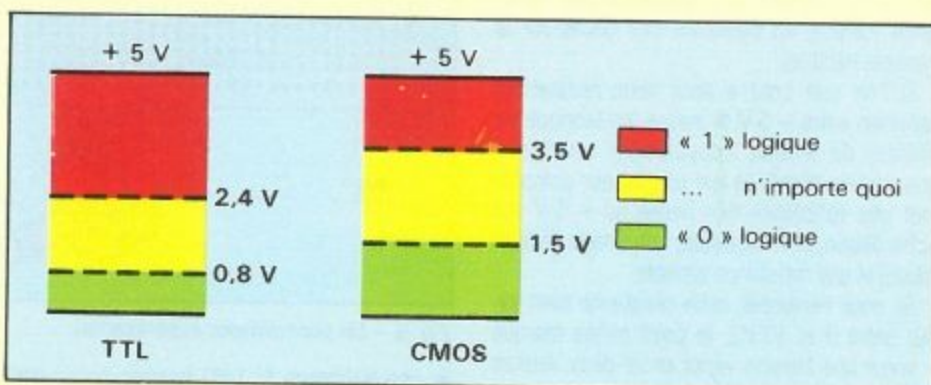


Fig. 6. – Les trois domaines des niveaux logiques.

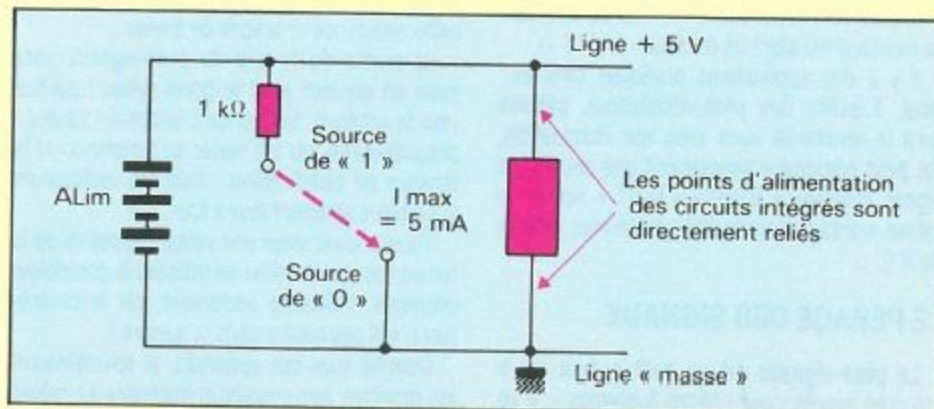


Fig. 7. – Alimentation et sources des niveaux « 1 » et « 0 ».

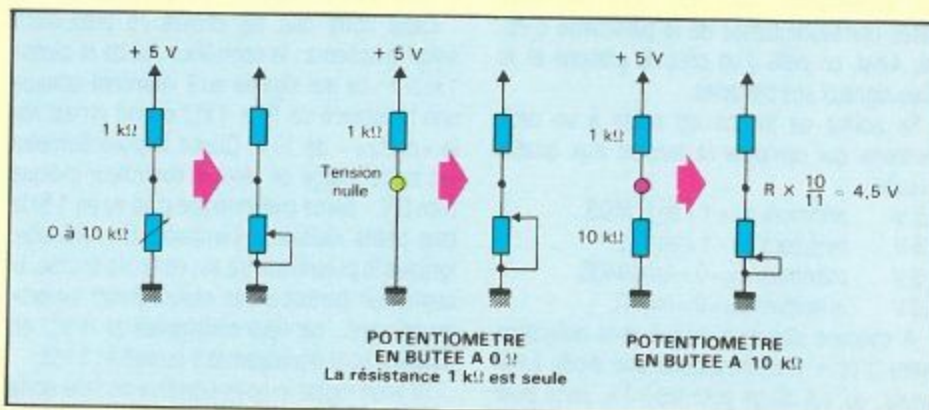


Fig. 8. – Principe d'alimentation des ensembles électroniques.

ces de limitation. Sur la figure 7, on représente ainsi une source de « 1 » logique usuelle : une résistance de 1 k Ω est en série avec le(s) circuit(s) d'utilisation, de telle sorte que le courant appelé ne peut excéder 5 mA au maximum (cas d'un court-circuit pur et simple entre la source de « 1 » et la masse).

Cette précaution suffit : on peut dès lors utiliser, sans autre forme de procès, la masse comme source de « 0 » logique, puisqu'elle ne peut plus être reliée qu'à des sources de « 1 » dûment protégées.

On alimente en général les ensembles électroniques selon le schéma général figure 8.

... ET VARIABLES

Les sources ci-dessus sont fixes : tout le jeu de la « logique électronique » est de mettre en œuvre des sources variables (sorties) sensibles aux variations d'autres niveaux (entrées).

Il existe un grand nombre de dispositifs qui présentent des résistances variables ; le plus classique est le potentiomètre, organe dans lequel un contact mobile relie une longueur plus ou moins longue d'une « piste » de matériau résistant à un point courant, faisant ainsi varier la résistance entre l'extrémité de cette piste et ledit point courant. On représente une résistance variable en dessinant une flèche sur le symbole habituel.

Si l'on met bout à bout deux résistances variables entre + 5 V et masse, on fabrique un diviseur de tension « doublement variable » ; une version simplifiée est un diviseur comportant une résistance fixe (reliée au + 5 V sur notre dessin, pour respecter notre règle de limitation) et une résistance variable.

Si, pour l'exemple, cette résistance peut varier entre 0 et 10 kΩ, le point milieu marqué * verra une tension varier entre deux valeurs extrêmes : zéro quand la résistance variable est à zéro (car le montage est équivalent à la seule 1 kΩ), et 10/11* de + 5 V en « fin de course » (le montage est alors un diviseur « 1 + 10 »).

Il y a des applications pratiques directes ; ainsi, il existe des photorésistances, cellules dont la résistance varie avec leur illumination. On peut construire simplement une source de signal logique « JOUR »/« NUIT » selon le même montage de principe (et d'autres valeurs de R !).

LE PESAGE DES SIGNAUX

Le **pèse-signaux** est un petit gadget qui a été créé exprès pour « Micro-Systèmes ». Il se relie à nos montages en piquant les deux fils de son alimentation, dans des trous des deux pistes correspondantes de la planchette d'essai. Ainsi, on relie d'un coup la planche et le pèse-signaux aux batteries.

Sa pointe de touche est reliée à un petit montage qui compare la tension aux quatre « seuils » :

- 3,5 V minimum du « 1 » en C.MOS
- 2,4 V minimum du « 1 » en TTL
- 1,5 V maximum du « 0 » en C.MOS
- 0,8 V maximum du « 0 » en TTL.

A chacune des cinq plages ainsi délimitées entre 0 et + 5 V correspond une diode lumineuse, qui est rouge pour les « 1 », verte pour les « 0 » et jaune/orangé pour les « n'importe quoi ».

Vous allumerez les diodes rouges et vertes extrêmes en touchant les points d'alimentation.

TOUS LES NIVEAUX, AVEC LE POTENTIOMETRE

On obtient un pont diviseur expérimental en reliant, en série :

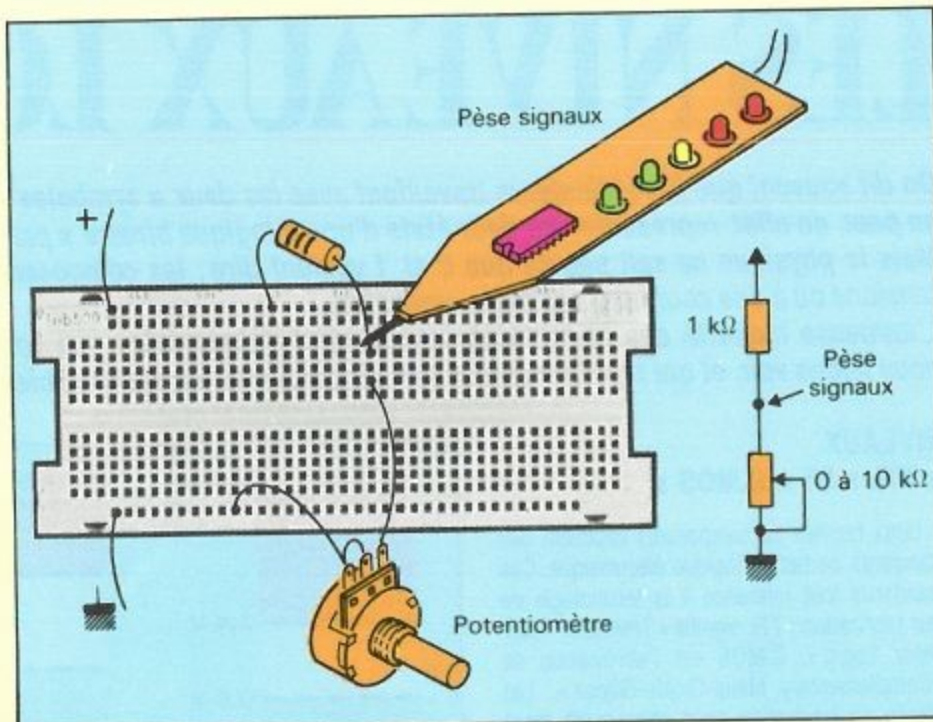


Fig. 9. - Un pont diviseur expérimental.

- une résistance de 1 kΩ (marron-noir-rouge) à la ligne de + 5 V,
- les deux fils du potentiomètre 10 kΩ entre cette résistance et la ligne de masse.

La pointe de touche du pèse-signaux sera mise en contact avec le point milieu (marqué * sur le schéma). En tournant lentement l'axe du potentiomètre, on fait varier sa résistance et la tension au point milieu : tous les indicateurs lumineux s'allument tour à tour.

Vous pouvez avoir une valeur indicative de la tension au point milieu en utilisant le contrôleur universel. Indicative seulement, car le contrôleur n'est pas neutre dans la mesure !

Comme tous ces appareils, et spécialement les modèles bon marché il intervient lui-même comme une résistance supplémentaire, venant se mettre en parallèle du montage mesuré.

Dans notre cas, les choses se présentent selon le schéma : le contrôleur est de la classe 1 kΩ/V : ce qui signifie qu'il intervient comme une résistance de 10 x 1 kΩ quand on est sur le « calibre » de 10 V. Quand le potentiomètre est au voisinage de zéro, le contrôleur indique bien 0 V... parce que (principe déjà vu en 1 B) la plus petite résistance l'emporte. En revanche, lorsque le potentiomètre est en fin de course, le contrôleur perturbe très sérieusement sa propre mesure... car deux résistances de 10 kΩ en parallèle sont équivalentes à la moitié : 5 kΩ.

Si vous réglez le potentiomètre de telle sorte que l'on soit près du changement de niveau « 1 » vers le haut (c'est-à-dire lorsque, partant de « zéro », la diode rouge extrême vient juste de s'allumer à la place de l'avant-dernière), la simple présence du contrôleur entre masse et point milieu va rallumer le niveau « 1 TTL ».

Le pèse-signaux lui-même n'est pas neutre : mettant en jeu des impédances de l'ordre de quelques centaines de kΩ, simplement cela ne se voit pas (encore : la plus petite l'emporte !).

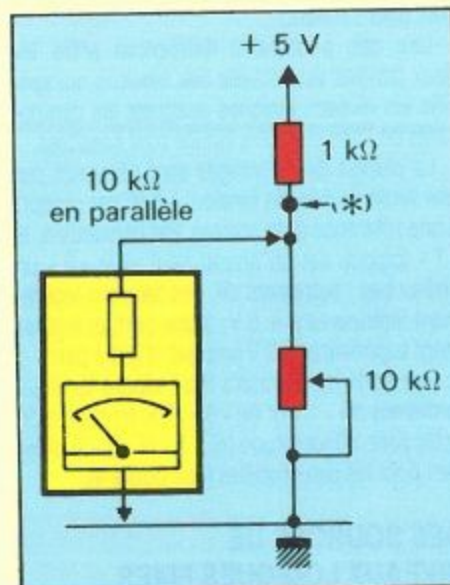


Fig. 10. - L'influence du contrôleur dans le montage.

LE PESE-SIGNAUX : QUAND TELLE LAMPE EST ALLUMÉE...

- Tension supérieure à 3,5 V : « 0 » pour C.MOS et TTL.
- Tension comprise entre 2,4 V et 3,5 V : c'est « 0 » pour TTL ; c'est déjà n'importe quoi pour C.MOS (*)
- Franchement pas un niveau logique correct !
- Tension inférieure à 1,5 V mais supérieure à 0,8 V : c'est déjà « 0 » pour C.MOS, encore indéterminé pour TTL.
- Tension inférieure à 0,8 V : en toutes logiques

(*) Certains composants en technologie C.MOS sont « alignés » sur les niveaux TTL ; alors, ne prenez pas comme absolues les conventions indiquées...

INDICATEUR LOGIQUE A DIODE LUMINEUSE

Les diodes lumineuses sont présentes dans la quasi-totalité des appareils électroniques familiers : témoins de l'autoradio, indicateur de sélection de canal sur le téléviseur, etc. Et, bien sûr, « arbre de Noël » des faces avant des baies d'électronique digitale.

Ce sera notre premier contact avec les composants à semi-conducteurs. Contact utile, car les niveaux logiques deviennent immédiatement visibles... ce qui est la meilleure définition générale des applications des « LEDs ».

LIGHT EMITTING DIODES...

Il faut se faire une raison : les abréviations anglaises sont les plus usitées : FM pour modulation de fréquence, CB pour bande ouverte aux citoyens, etc. Alors, appelons LED (Light Emitting Diode) ces petites punaises lumineuses.

La LED, au départ, n'est qu'une diode à semi-conducteur comme les autres, c'est-à-dire un « collage » de deux morceaux de matériau semi-conducteur, respectivement enrichis en porteurs de charges Négatifs (N), en clair : les électrons ; ou en porteurs Positifs (P)... « trous » : qui sont des électrons « manquants ».

A la jonction des deux matériaux, les électrons et les trous vont se recombiner à condition que l'on « pompe » par une alimentation disposée dans le bon sens qui apporte des électrons côté N et les absorbe côté P. Il y a donc du courant... en sens inverse de la circulation des électrons (puisque Benjamin Franklin s'est trompé).

Dans l'autre sens d'alimentation, les porteurs de charge sont, à l'inverse, « aspirés au loin » de la jonction : pas de recombinaison, donc pas (ou plus précisément, presque pas) de courant.

Incidentement, le courant qui passe (dans le bon cas) a divers effets sur la diode elle-même : il l'échauffe comme n'importe quelle résistance, mais surtout la jonction diffuse du rayonnement : conséquence, maintenant bien connue, de l'agitation des électrons autour des atomes.

Les LEDs sont des diodes spécialement... brillantes en ce domaine ; il se trouve que le matériau semi-conducteur appelé arséniure de gallium est particulièrement adapté pour faire des diodes lumineuses. Divers artifices permettent de varier les « couleurs » privilégiées : rouge, vert... mais aussi l'invisible infrarouge.

LA LED-COMPOSANT

Pratiquement, les LEDs les plus usuelles se présentent sous forme d'un petit bulbe coloré (ou transparent, pour l'infrarouge, par exemple) avec deux longues « queues » qui sont reliées

aux deux parties de la diode proprement dite : petit morceau de cristal caché sous le bulbe.

Sur les schémas, on représente les diodes comme une pointe prenant appui sur un petit plateau, quelquefois avec un rond autour. La pointe correspond au sens « habituel » du courant ; autrement dit, le courant passe à condition que la tension de ce côté soit plus élevée que de l'autre. De vieilles habitudes, qui nous viennent du temps des tubes à vide (les « lampes »), font que certains appellent toujours anode le côté « pointe » et cathode le côté « plateau ».

Quant aux LEDs on les représente en général comme des diodes ordinaires, avec sur le côté une petite flèche tordue... qui suggère très bien l'émission de lumière.

LE « DOMAINE DE VOL » DES LEDs

Comme la plupart des composants à semi-conducteurs, les diodes, dont les LEDs, sont des organes fragiles, en ce sens qu'elles sont aisément détruites par un mauvais branchement. En revanche, et c'est là un autre trait commun, elles sont virtuellement « increva-

bles » si on les exploite dans leur domaine privilégié : en pratique, certaines conditions de tension/courant.

La LED est, en pratique, inséparable d'une résistance de limitation en série. En effet, les modèles courants donnent de la lumière de manière significative quand elles sont traversées par des courants compris entre 5 mA et 20 mA. Et il ne faut pas aller au-delà !

Car (comme toutes les diodes) la LED se comporte comme une résistance variable avec la tension à ses bornes. Et cela, de manière « explosive » : si vous reliez par malheur une LED, dans le « bon » sens, à votre batterie de 5 V, elle sera immédiatement détruite parce qu'elle présentera une résistance très faible, trop faible... et que l'échauffement qui s'ensuivra la « détruira » presque instantanément.

En revanche, connectée à n'importe quel point (*) sur le schéma d'un montage logique, via une résistance de 300 à 1 000 Ω (valeurs indicatives), votre LED ne court aucun danger et vivra presque indéfiniment.

Elle s'allumera chaque fois que le montage logique en question sera dans des conditions telles qu'il absorbe assez de courant ; ou, ce qui revient au même, qu'il impose au point (*)

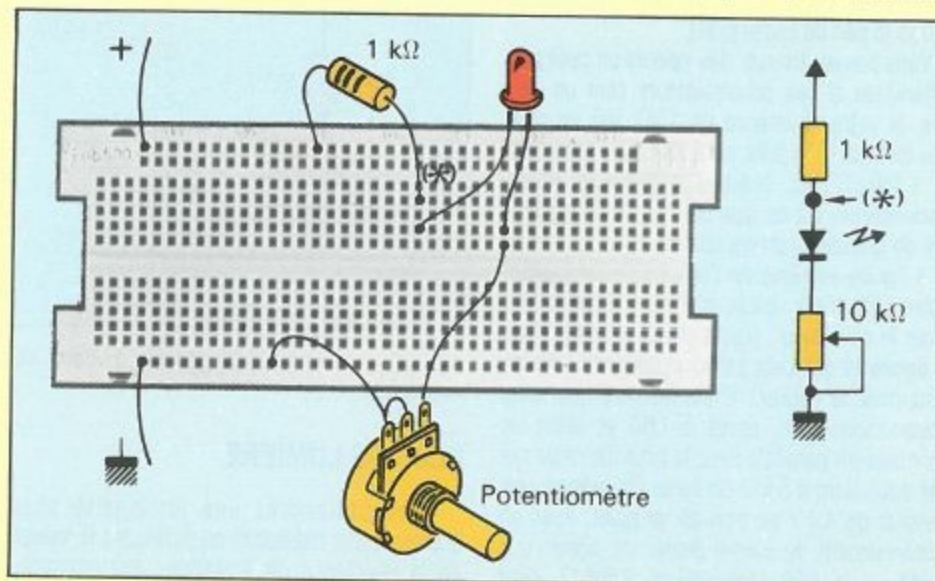


Fig. 11. - Le montage d'une diode lumineuse avec une résistance variable.

une valeur assez voisine de 0 V.
Donc la LED s'allumera sur un « 0 » logique.

MONTAGE LED + RESISTANCE VARIABLE

Si vous disposez encore (sur la planche) du montage de la fiche 1C, la modification est minime.

Il s'agit, en effet, de monter une LED rouge entre la résistance de 1 kΩ et le potentiomètre de 10 kΩ, comme on le voit sur la **figure 11**.

Repérez le sens de la LED ; il y en a évidemment deux possibles pour le branchement. Si vous avez de la chance, vous allumerez tout de suite la LED (au besoin, en manœuvrant le potentiomètre). Sinon, vous devez y arriver en changeant de sens. A défaut, changez de LED, car elle peut être détruite. En tout état de cause, votre montage doit fonctionner... si les connexions sont correctes.

Notez, une fois pour toutes, ce sens, qui peut être repéré, car les deux queues du composant sont de longueur différente ; exprès, selon une convention universelle.

AUX EXTREMES

Avec le potentiomètre, vous pouvez obtenir une variation importante de la luminosité. Poussez-la d'abord au maximum, et avec le contrôleur, vous pouvez mesurer au point représenté par un (+) dans la **figure 11**, une tension de l'ordre de 1,8 V (les quelque 10 kΩ du contrôleur perturbent peu cette mesure). Il est facile de calculer que la diode est équivalente, dans ce cas, à une résistance de quelque 500 Ω. Pour votre curiosité, on peut « raisonner » ainsi :

- la tension aux bornes de la résistance de 1 kΩ est de $5,2 - 1,8 = 3,4$ V : n'oubliez pas de mesurer l'alimentation !

- donc le courant est de $3,4 / 1000 = 3,4$ mA.

Le même courant circule dans la diode, donc cette diode a une résistance de $1,8 / 0,0034 = 530$ Ω (à peu de chose près).

Vous pouvez trouver des valeurs un petit peu différentes si vos accumulateurs sont un peu bas, si votre résistance de 1 kΩ est un petit peu forte (à 10 % près, cela peut faire entre 900 et 1100 Ω), etc. N'attachez pas une valeur « scientifique » à ce type de mesure ; mais l'ordre de grandeur restera correct.

A l'autre extrême de l'échelle de luminosité, votre LED n'est visible que dans l'obscurité... Avec le contrôleur, placez-vous au point (+) de la **figure 12** qui n'est pas le même ; ceci, afin de détourner le courant d'une manière que nous connaissons bien, après la LED et selon un montage en parallèle avec le potentiomètre qui est équivalent à 5 kΩ en série. On mesure une tension de 4,4 V environ en ce point. Avec un raisonnement du même genre, on déduit que 1 kΩ + la LED font environ 3500 Ω, dont 2500 Ω attribués à la LED.

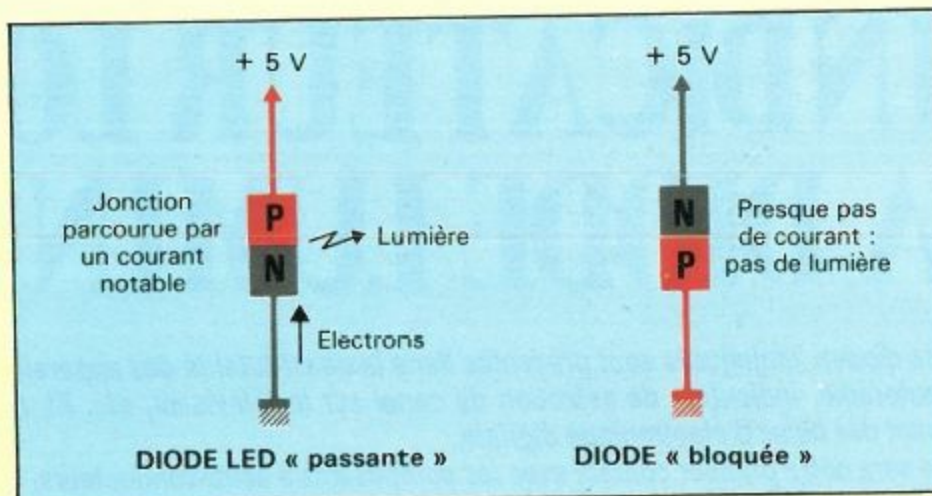


Fig. 13. – La diode est « passante » ou « bloquée ».

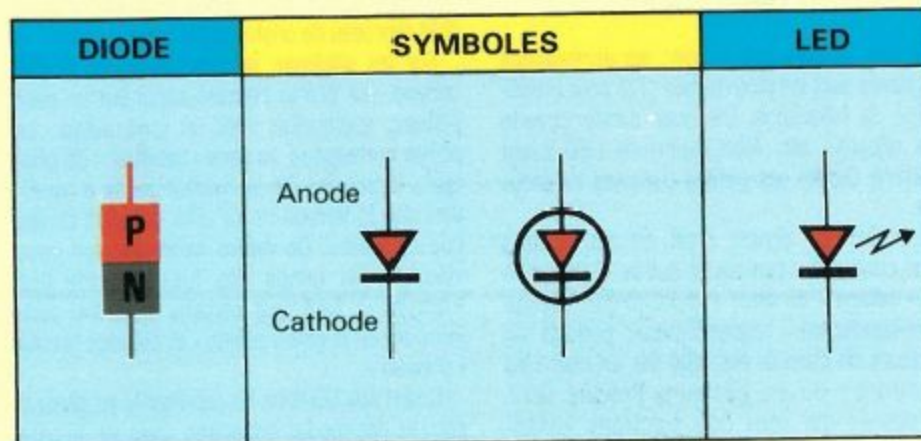


Fig. 14. – Les symboles utilisés pour la représentation des diodes et « LED ».

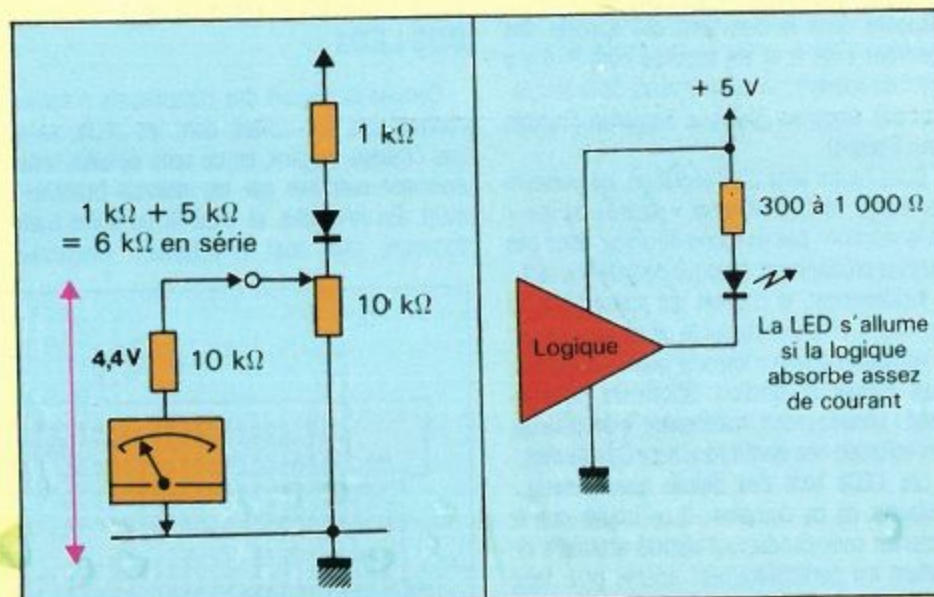


Fig. 12. – Mesure de la tension à l'aide du contrôleur.

Fig. 15. – Montage classique d'une « L.E.D. ».

PLUS DE LUMIERE

Vous obtiendrez une luminosité plus conforme aux habitudes en diminuant la valeur de la résistance de limitation : par exemple, avec 1 kΩ en parallèle avec la première résis-

tance de cette valeur, vous obtenez 500 Ω, valeur très voisine de celles habituellement conseillées (470 Ω est la plus classique). Recommencez les deux mesures précédentes et concluez... intuitivement ! Nous ne sommes pas à l'école...