



Cette première période vous permet de prendre connaissance avec le matériel et les habitudes du laboratoire. Cela dit, ne vous y trompez pas! Ces premières manipulations semblent très simples mais elles cachent néanmoins toutes les difficultés qui posent systématiquement problème aux élèves.

Objectifs :

- Utiliser une alimentation DC
- Mesurer une tension, un courant et une résistance avec un multimètre
- Câbler sur une breadboard
- Conduire et rédiger une analyse
- Dessiner le schéma du circuit câblé en respectant les normes

Les dipôles en DC

- [Rappels du cours d'électricité de 3^{ème}](#)

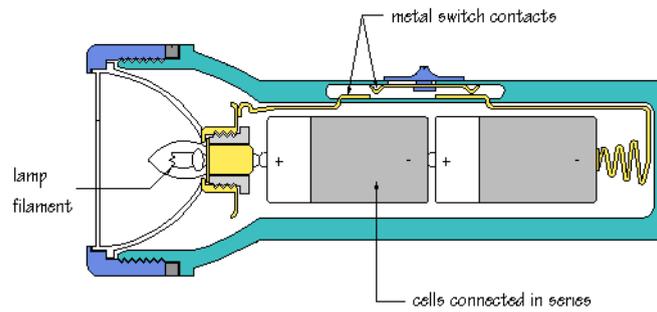
1. Introduction & schémas

Pour expliquer les bases de l'électricité, partons d'un appareil électrique. Prenons le plus simple d'entre d'eux, la lampe de poche. Pas besoin d'être électronicien pour en comprendre le fonctionnement. Pourtant, on peut déjà dire énormément de choses à partir de ce circuit qui ne compte que quatre parties : une (ou des) pile(s), une ampoule, un interrupteur et quelques tiges de métal.

Le reste ne servant qu'au support ou à la protection ces différentes parties.

Fig. 1. Dessin du circuit électrique le plus simple qui soit : le circuit d'une lampe de poche.

© GS-softs



Tout le monde sait qu'il faut bien visser l'ampoule et qu'il faut parfois tapoter la lampe pour qu'elle fonctionne, c'est-à-dire qu'il peut y avoir des *faux contacts*. Autrement dit, il faut que les différentes parties du circuit soient en contact pour que cela fonctionne. En électricité on dit que le circuit doit être *fermé*. Un circuit *ouvert* ne peut pas fonctionner parce que l'air est un *isolant* pour l'électricité, contrairement aux métaux (par ex.) qui sont *conducteurs*.

Une fois que l'ampoule brûle, on dit qu'un *courant électrique circule* dans le circuit. Il circule en boucle comme des F1 à Francorchamps ou comme l'eau d'un circuit hydraulique, bien que l'image des maillons d'une chaîne soit plus proche de l'idée que l'on peut se faire des électrons dans la matière..

N.B. • Un interrupteur qui laisse passer l'électricité est appelé un interrupteur *fermé*. Un interrupteur *ouvert* ne laisse pas passer le courant.

Fig. 2. Tout circuit électrique est à l'image de ce circuit hydraulique : le courant permet de transmettre une énergie tout comme l'eau de ce circuit ne fait que transmettre une énergie. Elle entre et ressort... comme le courant dans les appareils électriques.



Cette analogie hydraulique est fondamentale pour comprendre ce qui se passe dans un circuit électrique. Remarquez que l'eau entre et ressort de l'hélice. De même le courant entre et ressort de l'ampoule. Mais pour que l'eau circule, il faut une pompe hydraulique qui crée une différence de pression. De même *pour qu'un courant circule, il faut une pompe électrique qui crée une différence de potentiel, une tension*. En électricité on appelle cela un générateur (ou une source) de tension. Dans le cas de la lampe de poche c'est la chimie de la pile (préalablement chargée en énergie chimique) qui joue ce rôle.

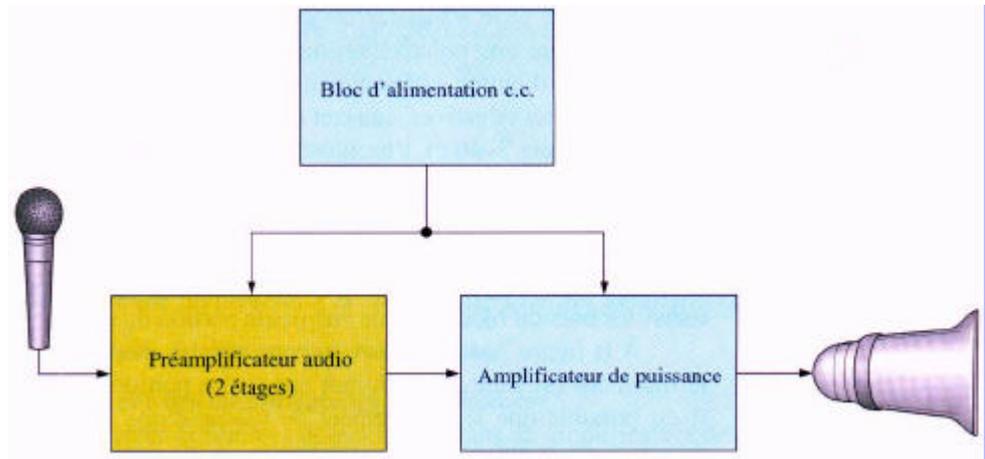
N.B. • Un courant continu (DC en anglais) est un courant constant. Un courant alternatif (AC en anglais) est un courant qui change régulièrement de sens.

- Pour fonctionner un appareil électrique doit être *traversé* par un courant.
- Un courant ne peut circuler *que* dans un circuit fermé.
- Pour qu'un courant traverse un appareil, il faut une tension entre les deux bornes de l'appareil.

• Le langage des électroniciens : les schémas

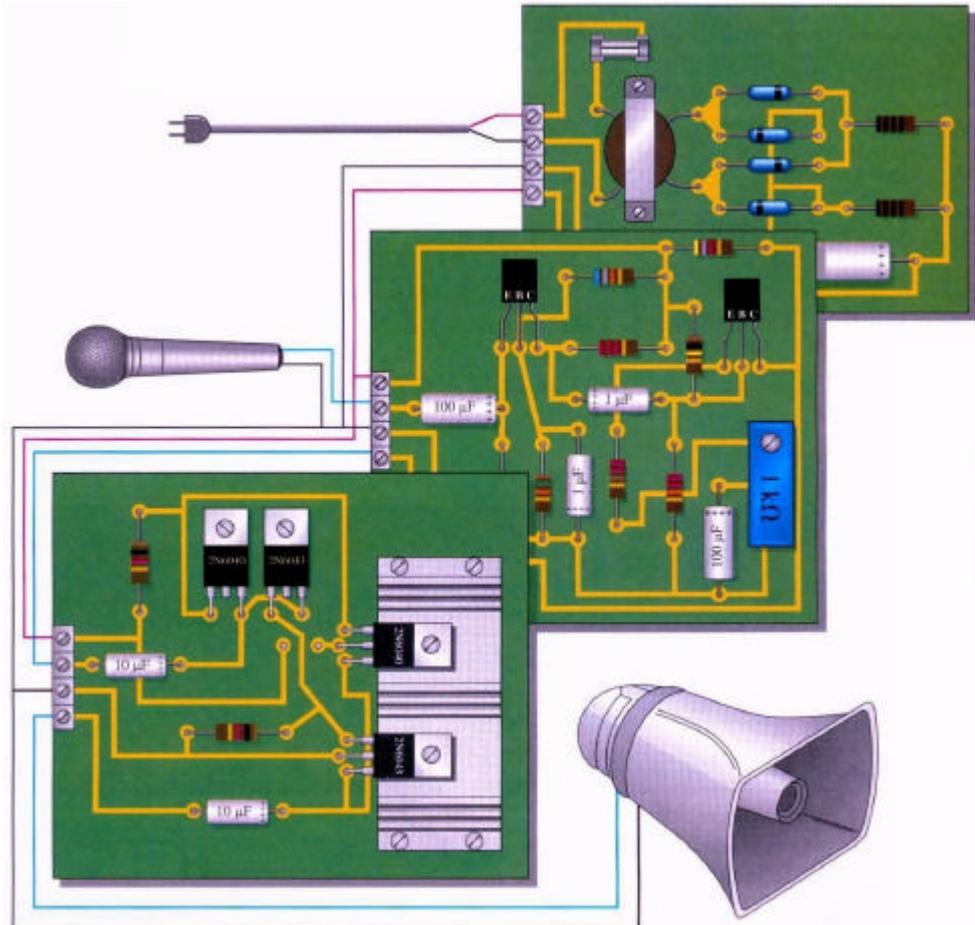
L'électronique ne s'arrête pas à la lampe de poche. Pour continuer, prenons un deuxième exemple qui permettra d'aller plus loin : Un petit système de sonorisation. Conçu pour des applications limitées tels que des communiqués par haut-parleur lors d'une fête ou d'une manifestation, cet appareil comprend 3 blocs, les deux amplis et l'alimentation (qui fournit l'énergie), plus le micro et le H.P.

Fig. 3. Schéma bloc d'un système de sonorisation.
© Electronique, Floyd - Ed. R. Goulet, 2000



A l'intérieur, on trouvera des *circuits* (ensemble de composants interconnectés par des *conducteurs*), qui sont *imprimés* sur des plaques vertes. Mais ce genre d'image est incompréhensible même pour un électronicien. Tout élec-

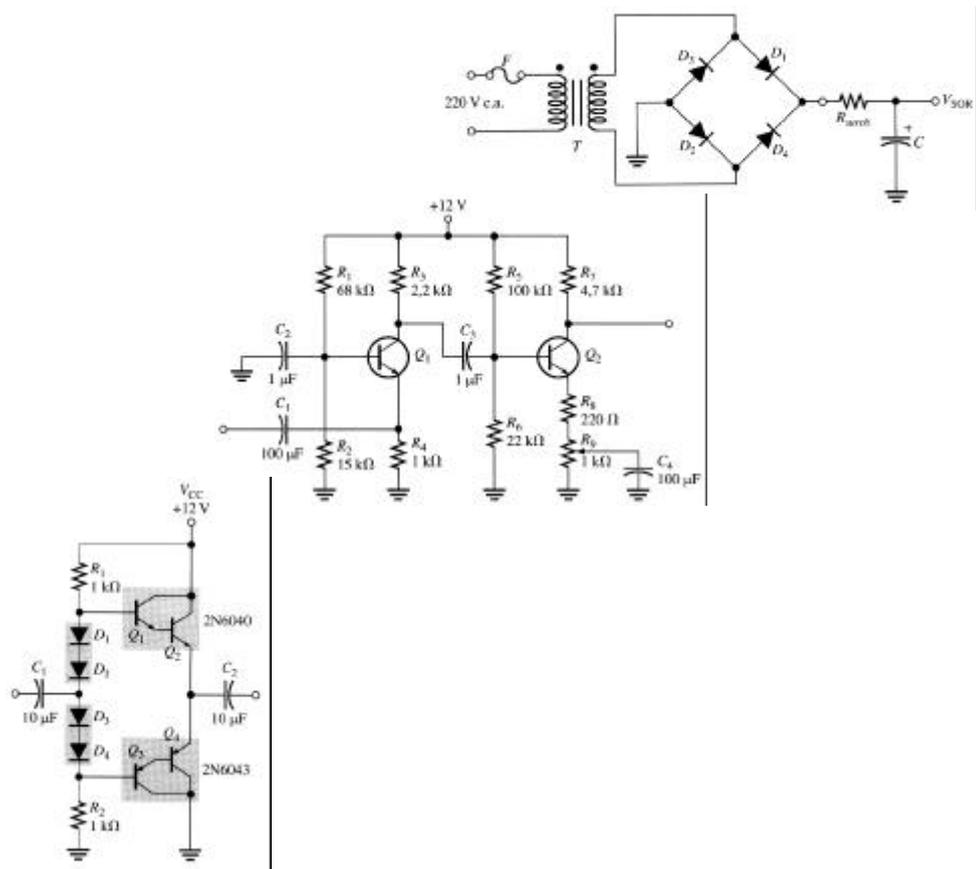
Fig. 4. Tous les composants du système de sonorisation.
© Electronique, Floyd - Ed. R. Goulet, 2000



tronicien travaille, réfléchit et conçoit uniquement sur base de *schémas*, des dessins normalisés qui symbolisent ces circuits, c'est-à-dire les liens électriques entre les composants. Attention, un schéma n'a rien à voir avec l'implantation réelle des composants.

Fig. 5. Schémas des circuits du système de sonorisation. Ces schémas répondent à des normes (américaines dans ce cas-ci) mais ne représentent que les liens entre les composants... pas du tout leur emplacement réel sur la plaque.

© Electronique, Floyd - Ed. R. Goulet, 2000



Une des façons d'entamer l'apprentissage de l'électronique est donc de commencer par l'apprentissage du langage des électroniciens : les schémas. Commençons par les dipôles de base.

• Les dipôles de base et leur branchement

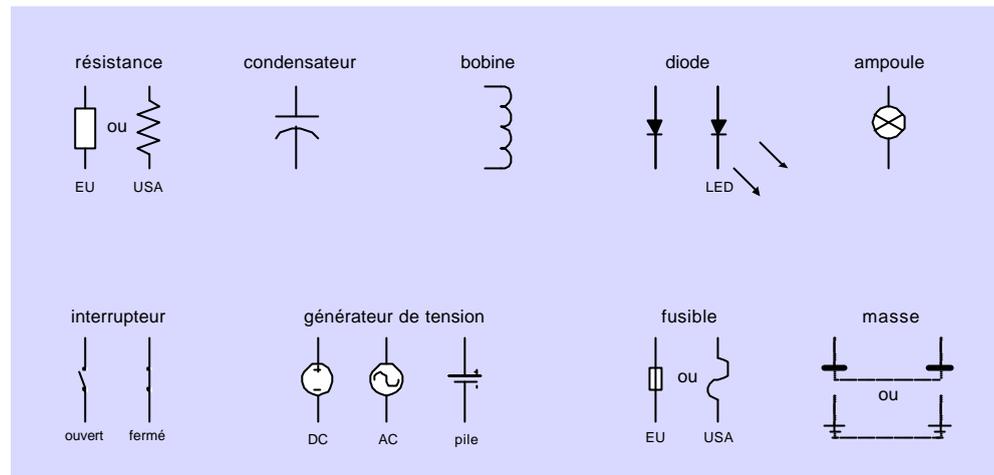
En analysant la figure 5, on observe des symboles à deux ou trois branches, reliés par des lignes horizontales et verticales. Ces lignes représentent les *conducteurs*, qui en pratique sont des fils électriques et/ou des pistes de cuivre déposées (imprimées) sur une plaque.

Chaque symbole correspond à un composant (vous verrez plus tard que ce ne sera pas toujours le cas), qui a un rôle particulier. Il y a des centaines de composants différents mais seuls une dizaine suffit à réaliser toutes les fonctions de base de l'électronique. La figure 5 n'en compte d'ailleurs que huit différents.

La première chose à constater est que tous ces composants ont minimum deux branches. On les appelle des *dipôles*. D'autres ont plus de branches mais si l'on accepte, à ce stade, que ceux-là ne sont en fait qu'une combinaison de dipôles, on comprendra qu'on ne s'y intéresse pas pour l'instant.

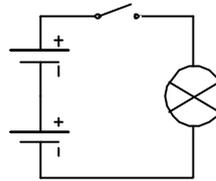
Voici donc les dipôles de base que vous utiliserez dans ce laboratoire.

Fig. 6. Les symboles des dipôles de base en électronique.



Par exemple, la lampe de poche du début se schématise comme suit.

Fig. 7. Schéma du circuit électrique le plus simple qui soit : le circuit d'une lampe de poche.

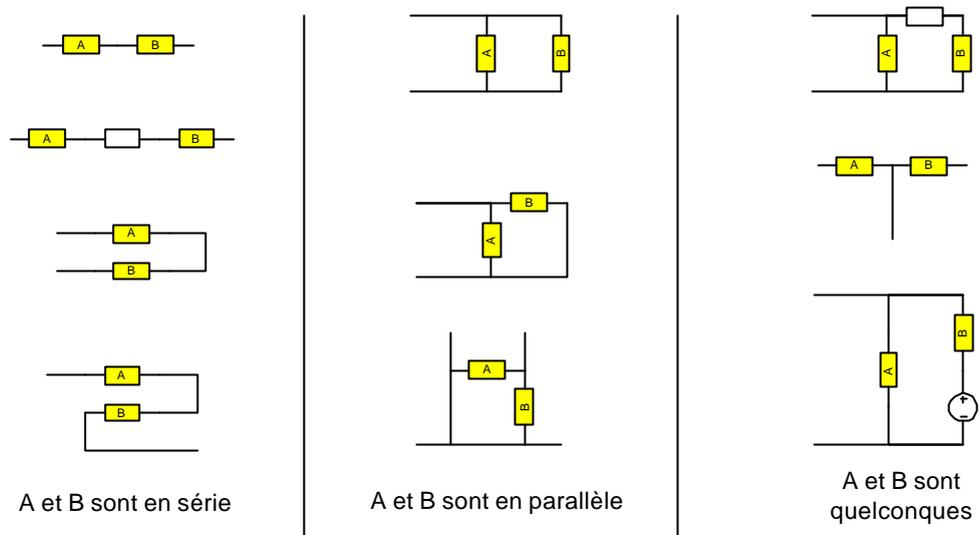


Il est trop tôt pour détailler le rôle de chacun d'eux mais, par contre, on peut déjà énoncer qu'il n'y a que trois manières de les interconnecter : en série, en parallèle et de manière quelconque.

- Deux dipôles sont *en série* ssi tout ce qui peut passer dans l'un passe dans l'autre.
- Deux dipôles sont *en parallèle* ssi leurs deux bornes se touchent deux à deux par l'intermédiaire de conducteurs parfaits.
- Deux dipôles sont *quelconques* ssi ils ne sont ni en parallèle ni en série.

Etudiez en détail les quelques exemples ci-dessous.

Fig. 8. Branchements entre dipôle dans des situations où il est relativement facile de les identifier.



2. Les courants

Tout appareil électrique qui fonctionne est traversé par un courant. Dans les fils conducteurs, ce courant est un torrent de plusieurs milliards d'électrons qui se déplacent. Pour faciliter ce comptage on définit *un coulomb* comme étant un paquet de *6,24 milliard de milliard d'électrons*. On désigne alors l'intensité d'un courant comme la quantité de coulombs qui passe par seconde en un endroit, autrement dit le débit d'électrons (comptés par coulombs). Ainsi un courant de 3A en un point d'un circuit signifie que 3 coulombs y passent à chaque seconde.

Définition du courant : L'intensité d'un courant électrique est le débit de coulombs.

$$I \triangleq \frac{Q}{t}$$

$$1[\text{A}] \triangleq \frac{1[\text{C}]}{1[\text{s}]}$$

Q : Quantité de coulombs [C]

t : temps écoulé [s]

I : (intensité du) courant [A]

EQ 1

Les courants électriques répondent à une loi très simple qu'on appellera dans ce cours la *loi des courants*. Son principe fondamental tient en une petite phrase: *Tout courant qui entre sort*.

On a vu, qu'un circuit électrique doit être fermé pour fonctionner. Cela signifie que le courant ne fait que traverser les appareils, exactement comme l'eau qui traverse un moulin. Effectivement, ce n'est pas le courant qui est transformé en lumière dans l'ampoule mais bien l'énergie qu'il véhicule.

La loi des courants ne souffre absolument aucune exception. Elle s'énonce comme suit.

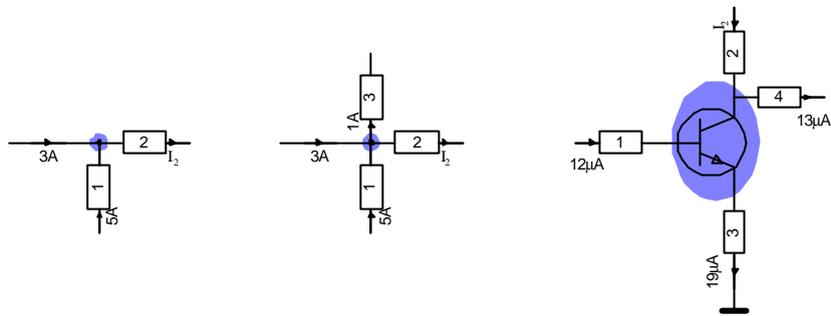
La loi des courants (des noeuds) : La somme des courants entrants dans un noeud ou n'importe quel ensemble est égale à la somme des courants sortants.

$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

EQ 2

Elle s'applique en écrivant l'équation (à une inconnue maximum) pour le noeud ou l'ensemble et en la résolvant comme illustré ci-dessous.

Fig. 9. les courants répondent toujours à une loi très simple : la somme de ce qui sort est égale à la somme de ce qui rentre... quel que soit l'ensemble sur lequel s'opère la loi.



$$3A + 5A = I_2 \\ \Rightarrow I_2 = 8A$$

$$3A + 5A = I_2 + 1A \\ \Rightarrow I_2 = 7A$$

$$12\mu A + I_2 = 13\mu A + 19\mu A \\ \Rightarrow I_2 = 20\mu A$$

3. Les tensions

Dans un fleuve, les gouttes se déplacent uniquement parce qu'elles sont soumises à la *force de gravité*. Cette force est due à une dénivellation entre l'amont et l'aval du fleuve. Sans cette dénivellation, le fleuve serait un lac.

Dans un dipôle, les électrons se déplacent uniquement parce qu'ils sont soumis à une *force dite électrique*. Cette force est due à ce qu'on appelle en électricité *une tension ou une différence de potentiel entre les bornes du dipôle*. Ainsi, dès qu'un courant circule quelque part, c'est parce qu'il y a une tension qui existe entre l'entrée et la sortie de ce "quelque part". Bref, sans tension... pas de courant.!

Définition de la tension : La tension est la cause du courant. Mathématiquement la tension est égale à l'énergie par coulomb.

$$U \triangleq \frac{W}{Q}$$

$$1[V] \triangleq \frac{1[J]}{1[C]}$$

W : Quantité totale d'énergie [J]

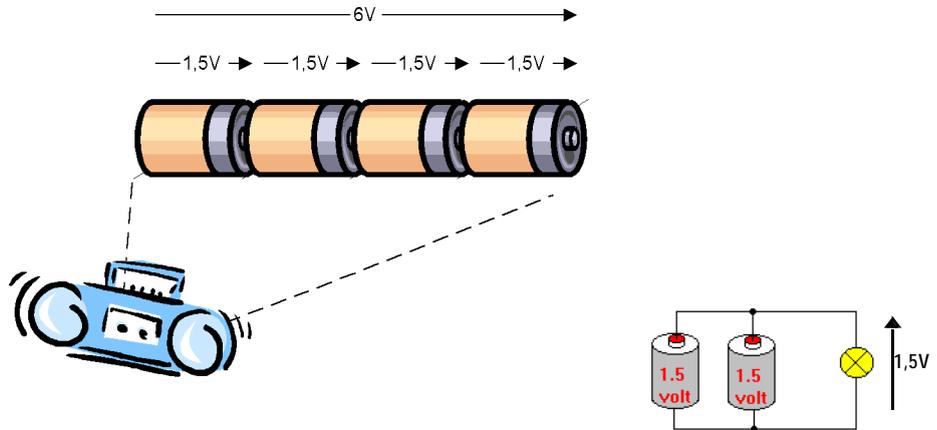
Q : Quantité de charges électriques [C]

U : tension [V]

EQ 3

Tout comme il y a une loi des courants, il y a également une loi des tensions. Elle est tout aussi simple et tout aussi fondamentale. Nous l'avons tous expérimenté un jour ou l'autre en introduisant des piles dans une radio.

Fig. 10. En série, les tensions s'additionnent. C'est pour cela qu'on place les piles 1,5V les unes derrière les autres dans une radio 6V. En parallèle, les tensions sont toujours égales.



On pourrait donc dire que cette loi stipule qu'en série, les tensions s'additionnent et en parallèle les tensions sont égales. C'est vrai mais elle est plus générale que cela. Elle s'énonce comme suit

La loi des tensions (des mailles) : La tension entre 2 points A et B d'un circuit est égale à la somme des tensions rencontrées en allant de A à B, chacune d'elle étant précédée...

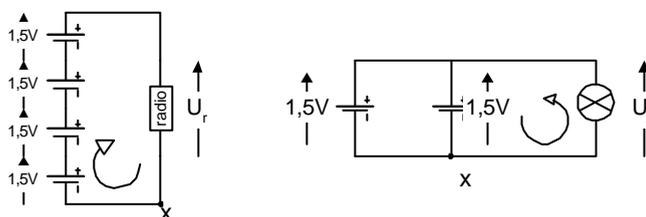
- du signe (+) lorsqu'elle est dans le sens de parcours
- du signe (-) lorsqu'elle est dans l'autre sens

$$\sum_{\text{orientée}} U_{\text{maille}} = 0$$

EQ 4

Elle s'applique comme la loi des courants, en une ou plusieurs fois selon les cas. Concrètement : on choisit un point de départ sur le circuit, soit x, on choisit un sens de parcours, on écrit l'équation en respectant les signes, on résout l'équation. Voici ce que cela donne pour les exemples de la figure 10.

Fig. 11. Schémas des deux exemples de la figure 10.



$$+1,5[V] + 1,5[V] + 1,5[V] + 1,5[V] - U_R = 0 \quad \text{et} \quad +U_A - 1,5[v] = 0$$

ce qui donne bien

$$U_R = +6V \quad \text{et} \quad U_A = +1,5V$$

4. Les puissances

Une voiture qui peut rouler plus vite qu'une autre n'est pas forcément plus puissante. Par contre, le temps qu'elle mettra pour passer de 0 à 100km/h est inversement proportionnel à sa puissance.

Définition de la puissance : La puissance est l'énergie produite ou consommée par unité de temps.

$$P \triangleq \frac{W}{t}$$

$$1[\text{W}] \triangleq \frac{1[\text{J}]}{1[\text{s}]} \quad \text{EQ 5}$$

W : Quantité totale d'énergie [J]
t : Temps pendant lequel l'énergie est utilisée ou produite [s]
P : Puissance [W]

Jusqu'ici, nous avons défini trois grandeurs : le courant I, la tension U et la puissance P. Il est facile de montrer qu'il existe un lien, qui est la conséquence de ces trois définitions.

La puissance d'un dipôle : Dans tout dipôle x, la puissance (le débit d'énergie) est égale au produit de la tension du dipôle par le courant dans le dipôle.

$$P_x = U_x \cdot I_x$$

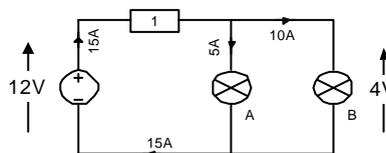
P_x : Puissance du dipôle x [W]
 I_x : Courant dans le dipôle x [A]
 U_x : Tension aux bornes du dipôle x [V] EQ 6

Cette formule a-t-elle un sens physique? Oui car la tension représente l'énergie portée par unité de charge et le courant représente la quantité de charge qui traverse le dipôle à chaque seconde. Le produit des deux donne donc bien la quantité d'énergie qui entre (ou sort) dans le dipôle à chaque seconde, autrement dit le débit d'énergie, la puissance.

Attention ! L'indice x, qui apparaît dans la formule EQ 6 ci-dessus, a une importance primordiale. Il est là pour insister sur le fait qu'un dipôle électrique n'est jamais seul dans un circuit. Sauf dans le cas particulier d'un seul dipôle passif alimenté par un seul dipôle actif, il y a toujours plusieurs tensions, plusieurs courants et plusieurs puissances. Il s'agit donc de ne pas se tromper car *la formule de puissance n'est valable qu'avec les grandeurs du dipôle concerné*. Ainsi, la puissance de l'ampoule B ci-dessous n'est pas égale à 120W mais bien à 40W.

Fig. 12. Il est faux d'écrire que $P_B = U \cdot I = 12 \cdot 10 = 120[\text{W}]$ car on utilise les mauvaises grandeurs. La puissance consommée par l'ampoule vaut $P_B = U_B \cdot I_B = 4 \cdot 10 = 40[\text{W}]$

N.B $P_1 = 120\text{W}$, $P_A = 20\text{W}$ $P_B = 40\text{W}$



5. Les résistances

• La loi d'ohm

A part dans un *supraconducteur*, un courant électrique ne circule pas sans difficulté dans la matière, même s'il s'agit d'un conducteur. La matière d'un dipôle est en quelque sorte une jungle pour les électrons. Plus cette jungle est dense, plus les électrons auront des difficultés à la traverser. On appelle alors la *résistance* d'un dipôle sa capacité à résister au passage du courant.

Cela signifie que, si la tension appliquée à un dipôle est constante, plus la résistance du dipôle est grande, plus le courant est petit. Entre le courant, la tension et la résistance, on arrive donc à la relation suivante.

La loi d'Ohm : Dans un dipôle, le courant est proportionnel à la tension appliquée au dipôle et inversement proportionnel à la résistance du dipôle.

$$I_x = \frac{U_x}{R_x}$$

EQ 7

I_x : Courant dans le dipôle x [A]

U_x : Tension aux bornes du dipôle x [V]

R_x : Résistance du dipôle x [Ω]

L'unité de la résistance est le ohm. Bien que la définition officielle soit plus complexe, on peut dire qu'un dipôle de 1 ohm signifie qu'il sera traversé par un courant de 1 A lorsqu'on y appliquera une tension de 1V.

La *résistance* d'un dipôle est un de ces paramètres. Tout dipôle a également une certaine *capacité* et une certaine *inductance* (matière de 4ème) qui ont d'ailleurs des effets totalement différents de la résistance. Mais, en électronique, il est très utile d'isoler chacun de ces effets. C'est pourquoi, on utilise des résistors dont la seule caractéristique importante est leur résistance. Voilà pourquoi on les appelle, par facilité, des résistances.

Fig. 13. En toute rigueur, on devrait appeler ceci un *résistor*! La *résistance* n'étant qu'un paramètre électrique, parmi d'autres. Mais comme la capacité et l'inductance d'un résistor sont généralement très faibles...



• La loi de Joule

Physiquement il s'agit d'un phénomène de frottement. Or chacun sait que lorsqu'on frotte, ça chauffe! Dans un dipôle électrique c'est exactement cela qui se passe : *quand ça résiste, ça chauffe*.

Seulement, la chaleur dégagée ne dépend pas uniquement de la résistance, elle dépend aussi de l'intensité du courant. Or celui-ci dépend de la résis-

tance. Il est donc faux de dire que plus ça résiste, plus ça chauffe car plus ça résiste, moins le courant est important. Joule a montré que l'énergie thermique dégagée dépend de la résistance du dipôle et du carré du courant qui le traverse.

La loi de Joule : La puissance thermique dissipée par un dipôle lorsqu'il est traversé par un courant est proportionnel à la résistance et au carré du courant.

$$W_x = R_x \cdot I_x^2 \cdot t$$

EQ 8

$$P_x = R_x \cdot I_x^2$$

$$P_x = \frac{U_x^2}{R_x}$$

W_x : Energie dissipée par le dipôle x en un temps t [J]

P_x : Puissance dissipée par le dipôle x [W]

I_x : Courant dans le dipôle x [A]

U_x : Tension aux bornes du dipôle x [V]

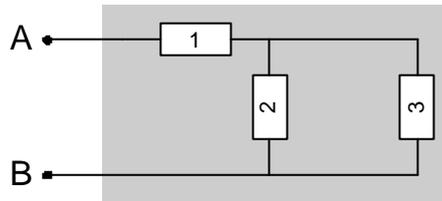
R_x : Résistance du dipôle x [Ω]

Chaque dipôle est construit pour pouvoir dissiper une certaine puissance. Par exemple, les résistances classiques ne peuvent dissiper plus de 0,25W. Autrement dit, une résistance de 100 Ω 0,25W ne peut supporter un courant supérieur à 50mA et donc être soumise à une tension supérieure à 5V.

• La résistance totale (équivalente)

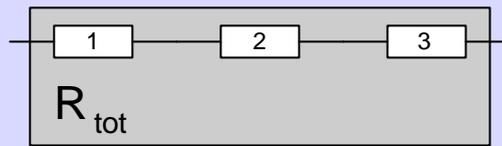
Si on peut parler de la résistance d'un seul dipôle, on peut aussi parler de la résistance d'un ensemble de dipôles si (et seulement si) ils forment également un dipôle.

Fig. 14. On peut parler de R_1 , R_2 et R_3 et/ou de R_{123} , c'est-à-dire la résistance du dipôle AB. On l'appelle alors parfois la résistance totale R_{tot} .



Que vaut alors la résistance totale R_{tot} ? Suffit-il de faire la somme des résistances qui la composent? Ca dépend! Il faut analyser les connexions entre les dipôles.

Lorsque toutes les résistances sont en série, la résistance totale augmente. Elle est simplement la somme des résistances. C'est assez logique puisque le courant doit, successivement, traverser chacune des résistances. Plus il y en a, plus le courant total diminue (pour autant que la tension soit restée constante).



En série les résistances s'additionnent.

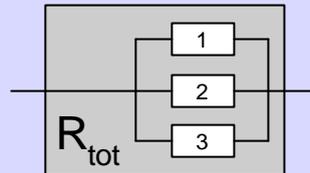
$$R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

EQ 9

R_x : Résistance du dipôle x [Ω]

R_{tot} : Résistance totale [Ω]

Lorsque toutes les résistances sont en parallèle, la résistance totale diminue (normal puisqu'il y a plus de routes pour le courant). On peut montrer que c'est l'inverse de la résistance totale qui vaut la somme des inverses des résistances.



En parallèle, l'inverse des résistances s'additionnent pour donner l'inverse de la résistance totale.

$$\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots$$

EQ 10

R_x : Résistance du dipôle x [Ω]

R_{tot} : Résistance totale [Ω]

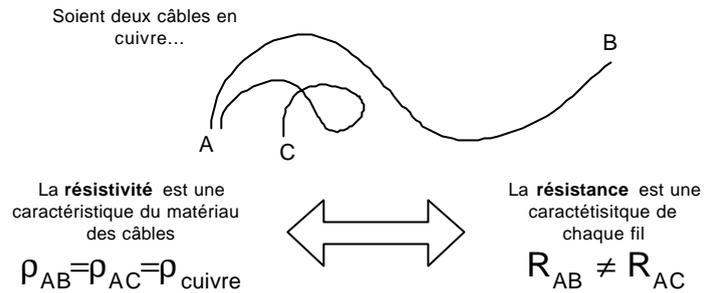
• La résistivité d'un matériau

Il y a des matériaux isolants et des matériaux conducteurs pour le courant mais les isolants ne sont jamais tout à fait isolants et les conducteurs ne sont jamais tout à fait conducteurs. Pour caractériser chaque matériau, on a défini une grandeur que l'on appelle la *résistivité r du matériau*. On utilise la lettre grec "ro" pour bien faire la différence avec la résistance R.

La résistance R d'un câble dépend (entre autres) de la résistivité ρ du matériau qui le constitue. L'inverse n'est pas vrai. La résistivité ne dépend que

du matériau (et de l'état dans lequel il se trouve, comme on le verra au point suivant).

Fig. 15. Attention à ne pas confondre la résistivité ρ et résistance R . La résistivité est propre au matériau en général tandis que la résistance est propre à un câble en particulier.

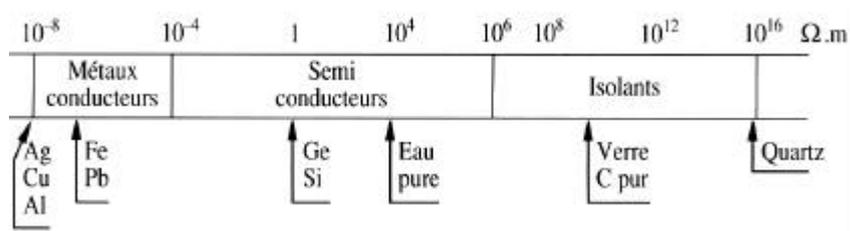


Pour un matériau conducteur classique, ρ est de l'ordre de $10^{-8} [\Omega \cdot m]$ à la température de référence qui est de $0^\circ C$. Pour le carbone, ρ_0 tourne autour de $10^{-6} [\Omega \cdot m]$. Pour un isolant, ρ_0 est énorme, il peut atteindre $10^{13} [\Omega \cdot m]$.

Pour bien comprendre la notion de résistivité d'un matériau, on peut utiliser l'image de la densité (même si en réalité les choses sont bien plus complexes). Un matériau à faible résistivité aurait une densité faible c'est-à-dire beaucoup de place pour laisser circuler ses électrons libres. Tandis qu'un matériau à forte résistivité aurait une densité forte compliquant la circulation des électrons. A la limite, un isolant serait une jungle emprisonnante pour ses électrons qui ne sont alors pas libres.

Le graphique suivant indique la résistivité de quelques matériaux standards. On voit que la résistivité d'un isolant est énorme par rapport à la résistivité d'un conducteur. Les semi-conducteurs (cas particulier mais fondamental pour toute l'électronique) seront étudiés en 5^{ème} année

Fig. 16. Les conducteurs sont des matériaux dont la résistivité est faible (mais pas nulle). Les isolants ont une très forte résistivité (mais pas infinie).
 © Déplanche Y., *Mémo formulaire* 1991, Ed. Casteilla



• La loi de Pouillet

On s'en doute, la résistance d'un câble ne dépend pas que du matériau qui le constitue. Elle dépend aussi des dimensions du câble, c'est-à-dire de sa longueur et de sa section. Assez logiquement, plus un câble est long et fin, plus il sera résistant.

Fig. 17. Plus un câble électrique est fin, plus il est résistant.
 © www.ac-nice.fr/techno/elec



Mathématiquement on résume cela par la formule suivante.

La loi de Pouillet : La résistance d'un conducteur filiforme et homogène augmente avec sa résistivité et sa longueur et diminue avec la section du conducteur.

$$R = r \cdot \frac{l}{S}$$

R : Résistance du conducteur [Ω]

ρ : Résistivité du matériau [Ωm]

l : longueur du conducteur [m]

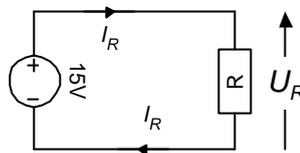
S : Section du conducteur [m^2]

EQ 11

Notez que la section S d'un câble peut avoir n'importe quelle forme même si en pratique elle est généralement rectangulaire dans le cas d'une piste de CI et circulaire dans le cas des câbles. Elle se calcule comme une surface.

Manip 1.1 : Le multimètre

- 1) Générer une tension continue (DC) de 24V, 54,8V puis 270mV.
- 2) Mesurer la résistance de votre corps entre vos deux mains puis celle du dipôle R que vous recevez (valeur théorique : 1k Ω).
- 3) Mesurer la tension (AC!) présente aux bornes des prises de votre table. Attention, si vous trompez dans le réglage et/ou le câblage de votre multi, les fusibles du laboratoire peuvent sauter!
- 4) Déterminer si les objets dont vous disposez ont une résistance suffisamment faible pour être considérés comme des court-circuits.
- 5) Contrôler l'état des deux fusibles de votre multimètre. Déterminer avec précision à quoi ils servent.
- 6) Calculer le courant I_R qui circule dans le circuit ci-dessous (R étant le dipôle que vous avez reçu).



- 7) Mesurer le courant I_R pour vérifier expérimentalement le calcul précédent. Le courant avant le dipôle et après le dipôle est-il différent ? Pourquoi ?

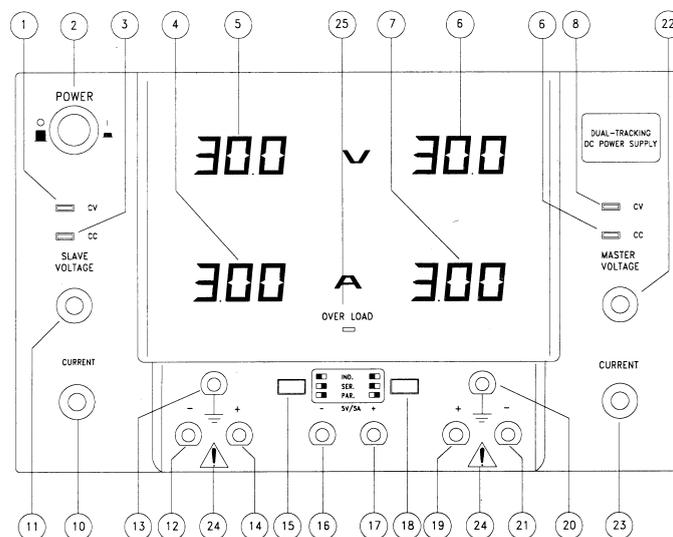
Analyse : non cotée

Total : /10

• L'alimentation DC

Une alimentation sert à générer une tension continue. Tension que l'on peut choisir, dans notre cas, entre 0 et 30V (60V si on branche les deux alimentations en série).

Fig. 18. Alimentation DC du laboratoire. Elle comprend en fait trois alimentations : deux réglables 0-30V (à g. et à d.) et une fixe de 5V (au centre).



L'alimentation du laboratoire comprend trois alimentations différentes dans un seul boîtier : deux alimentations réglables 0-30V (à gauche et à droite) et une alimentation fixe de 5V qui peut fournir jusque 5A (au centre).

Vous travaillerez la plupart du temps avec une des deux alimentations réglables. Les connecteurs (15) et (18) de la figure servent à les brancher en série, en parallèle ou de manière indépendante.

Attention ! les boutons de courant (10) et (23) ne déterminent pas la valeur effective du courant dans un circuit (fixée par la tension que vous avez choisie et la résistance du circuit) mais sa VALEUR MAXIMALE. Ces boutons sont donc des *limiteurs de courant*, des "fusibles réglables". Ils ne servent qu'à protéger les circuits fragiles d'une fausse manoeuvre. Par exemple, si vous utilisez un relais qui ne peut supporter plus de 80mA, vous pouvez régler le courant maximum à 0,08A (régler cette valeur en court-circuitant les bornes de l'alim). Quoi que vous fassiez, il ne sortira alors jamais plus de 80mA de l'alim.

Par défaut, prenez l'habitude de le régler au maximum (3A).

• Comment mesurer avec un multimètre ?

Mesurer signifie lire la valeur indiquée par l'appareil de mesure adéquatement utilisé... à ne pas confondre avec calculer.

Un multimètre est un appareil de mesure qui peut être plusieurs choses selon son réglage. Généralement, il peut être, au minimum, un voltmètre (AC ou DC), un ampèremètre (AC ou DC) ou un ohmmètre.

Mesurer une tension (Volts : [V]) est l'opération la plus simple, et donc la plus courante, parce qu'on peut l'effectuer sans modifier le circuit. Il suffit de connecter les deux bornes du voltmètre en parallèle sur le dipôle dont on veut connaître la tension à ses bornes. Si le chiffre affiché est positif c'est que la tension est bien orientée de la borne noire vers la borne rouge. S'il est négatif, c'est l'inverse.

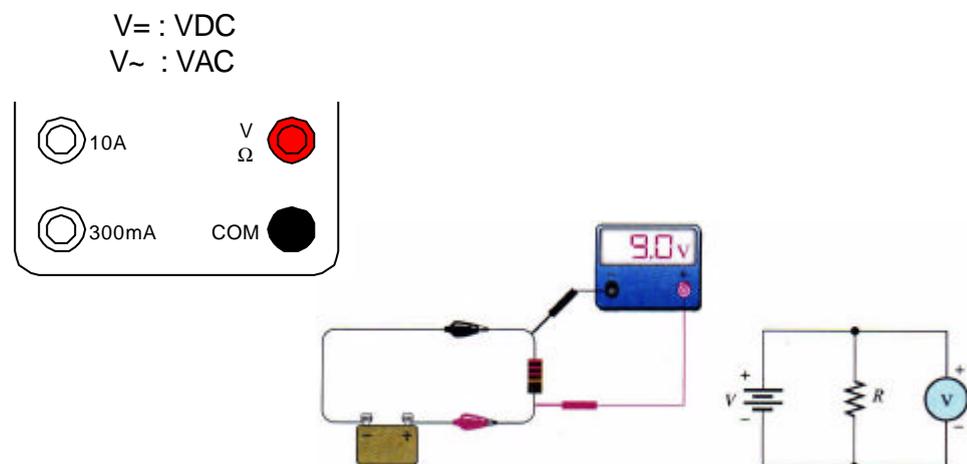


Fig. 19. Mesurer une tension aux bornes d'un dipôle peut se faire sans déconnecter le dipôle. Il suffit de toucher les deux bornes.
© Fondements d'électronique, Floyd - Ed. R Goulet, 1999

Mesurer un courant (Ampères : [A]) est l'opération la plus délicate car il faut modifier le câblage sur le multimètre et insérer l'appareil de mesure dans le circuit. Si le chiffre affiché est positif c'est que la courant va bien de la borne rouge vers la borne noire. S'il est négatif, c'est l'inverse. De plus, il faut modifier le câblage sur le multimètre lui-même, par rapport au câblage nécessaire pour les autres mesures.

A= : DC
A~ : AC

Fig. 20. Attention le branchement des câbles doit être changé lorsqu'on mesure un courant. Le noir ne bouge pas mais le rouge doit être mis à gau-

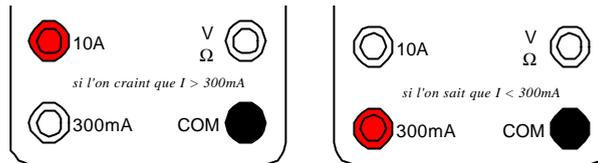


Fig. 20. Pour mesurer un courant, IL FAUT OUVRIR LE CIRCUIT. C'est une opération qui n'est pas toujours possible et parfois dangereuse si le courant que l'on veut mesurer est important (rare en électronique).
© Fondements d'électronique, Floyd - Ed. R Goulet, 1999

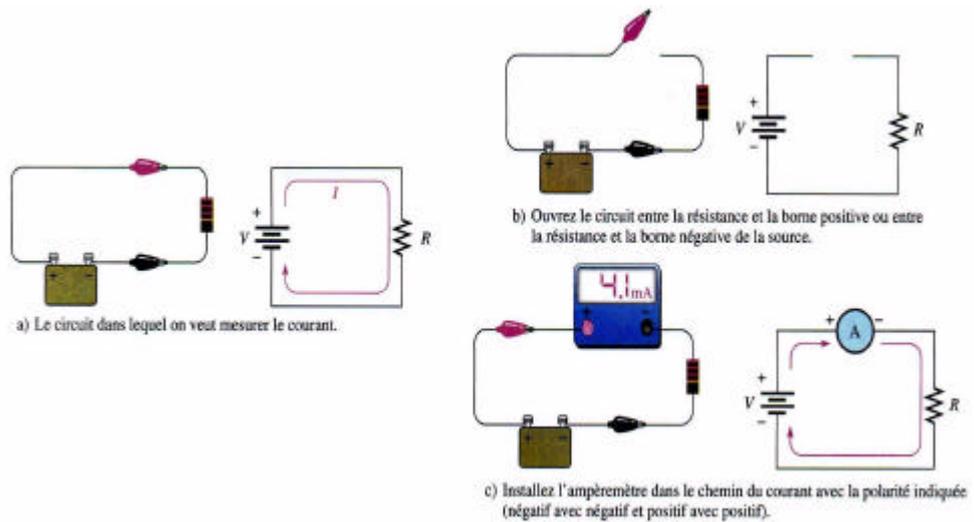
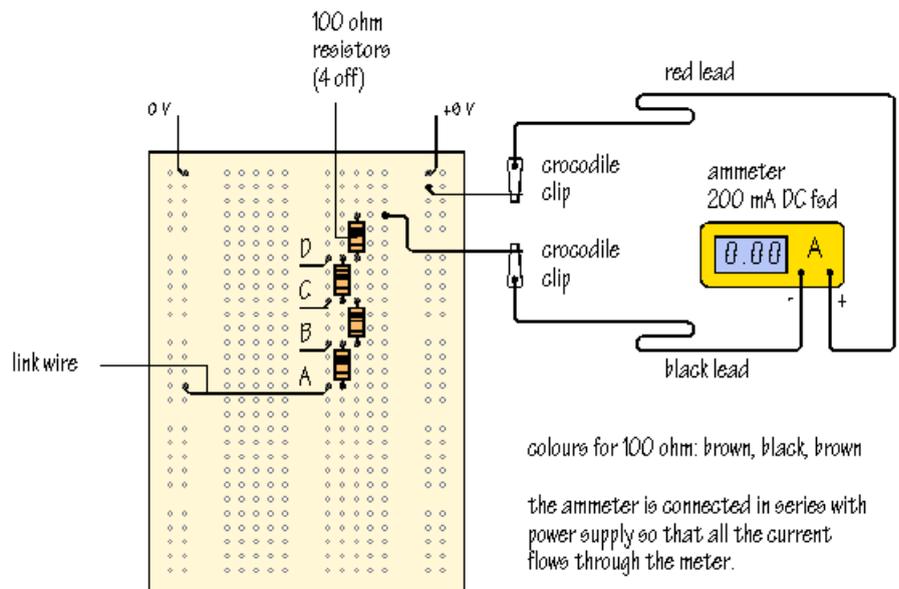
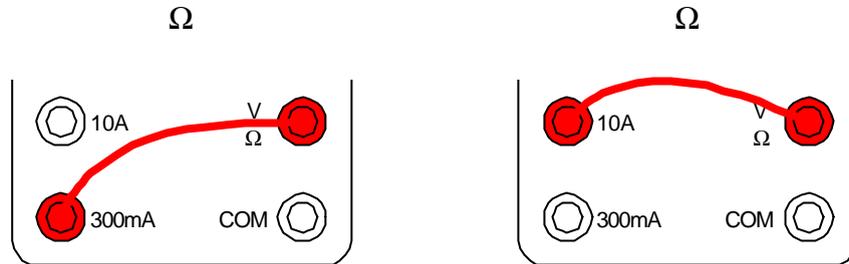


Fig. 20. En pratique, sur une breadboard, il faut brancher l'ampèremètre comme s'il était un composant du circuit... en série avec celui dont on veut mesurer le courant.
© <http://www.doctronecs.co.uk/design.htm>



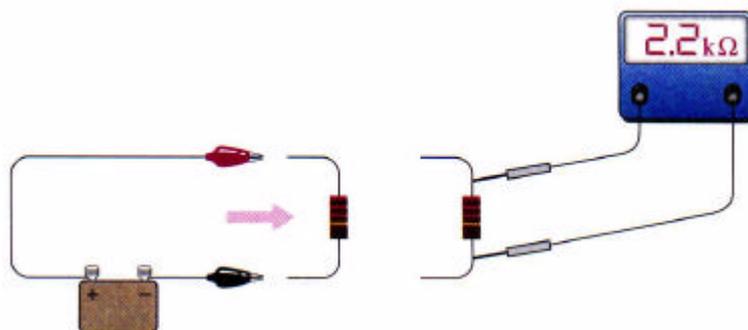
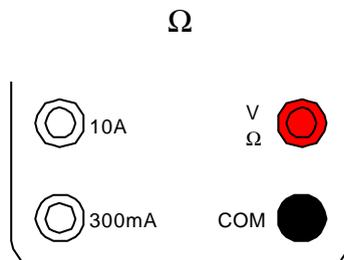
Vérifier les fusibles de l'ampèremètre ne demande pas d'ouvrir le multimètre. Il suffit de le régler en ohmmètre et de brancher un câble comme indiqué ci-dessous. Si la résistance est énorme (OL), c'est que le fusible est cassé et doit être remplacé. Ce n'est qu'alors qu'il faut ouvrir.

Fig. 21. On peut bien sûr toujours ouvrir le multi, retirer le fusible et mesurer sa résistance mais il y a aussi cette méthode-ci.



Mesurer une résistance (ohms : [W]) est une opération simple si l'on pense à débrancher le dipôle dont on veut mesurer la résistance. Sans quoi, on mesure la résistance des autres dipôles qui sont en parallèle. Si l'ohmmètre indique OL (overload), cela signifie que la résistance est énorme. Pour vérifier s'il y a une résistance < 150Ω entre deux points, il suffit d'utiliser le testeur de continuité  , le "bip", ou le "tut-tut-mètre" si vous préférez..

Fig. 22. Le branchement des câbles est identique lors d'une mesure de tension mais il faut absolument débrancher le dipôle pour pouvoir mesurer sa résistance.
© Fondements d'électronique, Floyd - Ed. R Goulet, 1999



Manip 1.2 : Résistances, courants, tensions

- 1) A partir d'une tension d'alimentation fixe de 5V et avec 3 résistances identiques (minimum $1\text{k}\Omega$), obtenir 3 courants différents en utilisant chaque fois les 3 résistances.
- 2) Calculer R_{tot} des 3 dipôles que vous avez utilisés ci-dessus puis mesurer R_{tot} pour vérifier expérimentalement vos calculs.
- 3) Pour chacun de vos 3 dipôles, mesurer tous les courants et toutes les tensions. Reportez-les convenablement dans votre analyse. •
- 4) Sur base de vos résultats, vérifier les trois premières lois fondamentales de l'électricité dans votre analyse :
 - La loi des courants (loi des noeuds)
 - La loi des tensions (loi des mailles)
 - La loi d'ohm

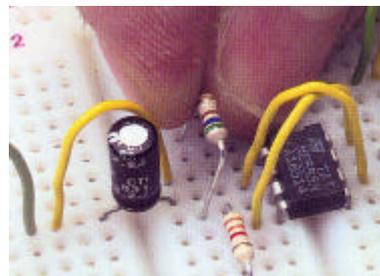
Analyse : /20

Total : /30

• Comment câbler sur une breadboard?

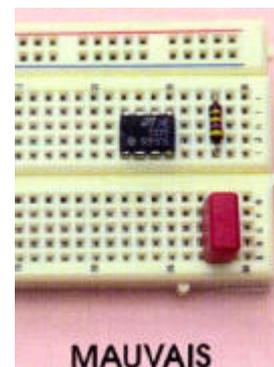
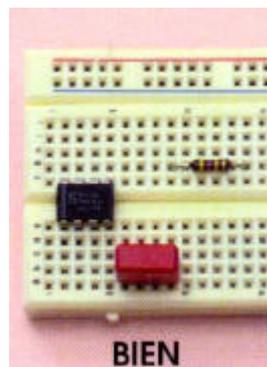
Une breadboard (BB), littéralement planche à pain, est une plaque dans laquelle on peut enficher presque tous les composants électroniques.

Fig. 23. Une breadboard (BB) est une plaque dans laquelle on peut enficher des composants électroniques et des fils. Cela permet de les relier entre eux sans noeuds ni soudures et surtout de changer ces connexions très facilement.



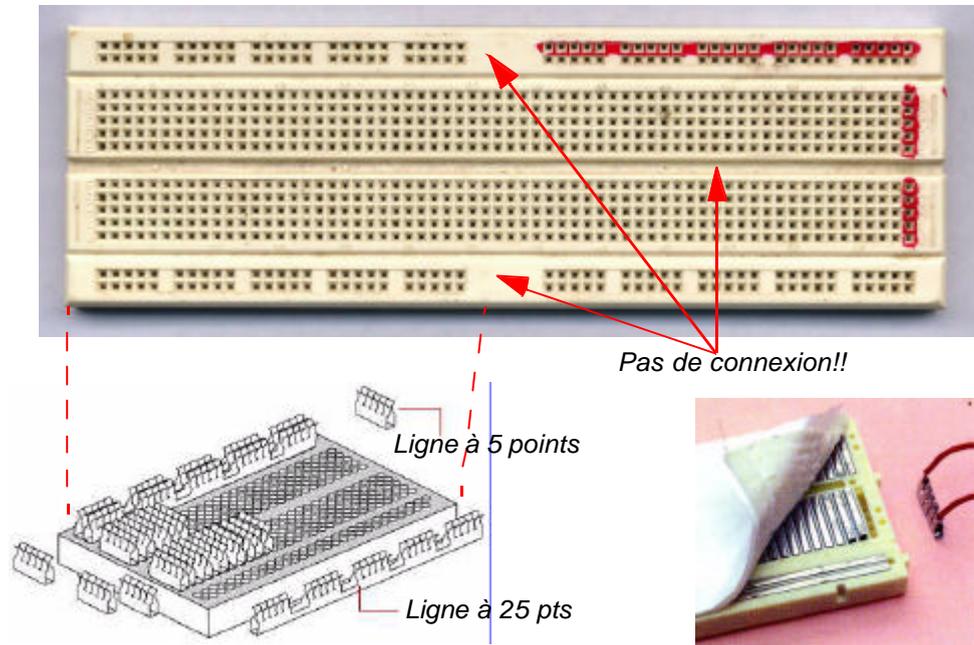
Son avantage est d'avoir des connexions internes entre certains points, ce qui évite l'emploi excessif de fils de connexions. Il est important de bien connaître ces connexions pour câbler correctement les composants.

Fig. 24. La photo "MAUVAIS" montre une résistance et un condensateur dont les bornes sont reliées entre elles puisqu'elles sont connectées à la même bande de con-



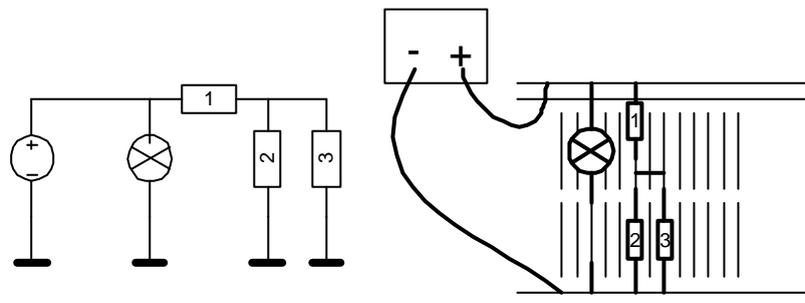
Les connexions principales sont des petites lignes verticales (quand on tient la breadboard dans sa longueur) de 5 points. Les autres connexions sont des grandes lignes horizontales de 25 points. La figure 25 montre l'intérieur d'une breadboard.

Fig. 25. Les composants doivent être insérés de telle sorte que leurs bornes soient connectées à des bandes de connexion indépendantes.
© <http://www.bbc.co.uk/education/revision>



Dans la mesure du possible, on utilise les grandes lignes pour la tension d'alimentation et la masse. Cela permet d'avoir une disposition des composants plus proche du schéma... ce qui s'avère souvent utile pour le dépannage. La figure 26 est un bon exemple.

Fig. 26. Exemple de connexion typique. On exploite les grandes lignes horizontales pour concrétiser la ligne de tension et la ligne de masse.



• Calculs scientifiques

Calculer signifie *prévoir* la valeur d'une grandeur avec une formule à partir d'autres grandeurs mesurées, calculées ou données au départ.

En électricité, la précision des composants et surtout des appareils de mesures dépassent rarement le %. Il est donc totalement inutile d'écrire les

nombres avec 5 ou 10 chiffres après la virgule. Apprenez à écrire 12V au lieu de 12,036V. Garder 3 chiffres significatifs est plus que suffisant.

Utilisez la notation scientifique dans vos calculs et sur vos machines à calculer. Au moins 80% des erreurs proviennent de cette méconnaissance. Demandez comment faire si vous ne savez pas, ou plus, et relisez le syllabus de 3^{ème} à ce propos.

à compléter en classe...

- Comment analyser ?

Constatation n'est pas explication !

Une fois que le montage tourne et que les mesures sont effectuées ou que le résultat est obtenu, il faut faire un bilan du travail effectué. Il faut analyser l'effet obtenu (ou non). Il faut comprendre pourquoi cela nous a paru si difficile. Cette partie est incontestablement la plus délicate de toutes. Il faut arriver à *dire pourquoi* les choses se passent ainsi et pas autrement. Attention. Il ne faut *pas décrire* ce que l'on voit ou ce qui se passe mais *expliquer pourquoi* cela se passe ainsi. M. Block, professeur de laboratoire en 5^{ème}, dit toujours "*Constatation n'est pas explication !*"

Il faut se poser des questions et tenter d'y répondre : Est-ce normal que cela s'allume? Pourquoi y a-t-il un délai? etc. Il faut confronter les résultats avec la théorie, faire un calcul ou l'autre pour vérifier si tout colle.

Une des questions centrales de l'analyse sera de bien comprendre pourquoi les professeurs ont choisi de vous faire faire cette manip-la à ce stade de l'année, autrement dit comprendre la place de cette manip par rapport aux autres manips.

Bien-sûr tout cela s'apprend et demande du temps. C'est donc surtout en les faisant que vous apprendrez mais voici déjà quelques points classiques dans une analyse accompagnés d'un exemple.

• Comment rédiger une analyse ?

Une analyse *n'est pas* un "rapport". Ce n'est pas un long texte en français qui décrit ce que vous avez fait câble par câble. Une analyse est un document (texte, dessin, graphiques, schémas, etc) qui devrait permettre à un autre élève de comprendre ce qui est important et difficile dans la manip. *C'est un document qui devrait vous permettre de refaire la manip en 5 min. à l'examen.*

Concrètement, *pendant la manipulation vous devez prendre des notes* (pour ne pas oublier tel ou tel détail), consigner vos mesures sur un schéma ou dans un tableau, dessiner le schéma de ce que vous avez câblé. *Mais, l'analyse proprement dite, se rédige a posteriori*, une fois que vous avez commencé à comprendre les tenants et aboutissants de la manip : pourquoi? comment? quelle conclusion en tirer? Si vous rédigez l'analyse tout en découvrant votre manipulation, elle sera forcément mauvaise car lorsque qu'on est "dans" le problème on voit rarement clair. Ce n'est qu'après avoir fini qu'on peut faire un bilan.

Une bonne analyse doit être structurée. Il devrait y avoir les points suivants (pas forcément dans cet ordre-là) :

- le but de la manipulation
- le schéma du (ou des) circuit(s) que vous avez utilisé(s),
- les mesures des tensions et courants les plus importants,
- les calculs
- les effets importants,
- les raisons de ces effets.
- les conclusions.

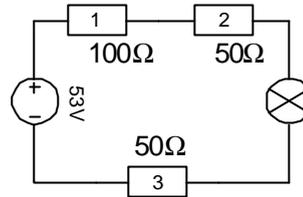
A la page suivante, vous trouverez un exemple d'analyse.

- Exemple d'analyse

ANALYSE DE LA MANIPULATION 14

A. BUT

Le but est de doubler le courant dans l'ampoule du circuit suivant en ajoutant une résistance dans le circuit.



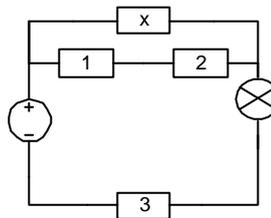
B. INTRODUCTION

Il faut commencer par connaître le courant initial. Pour cela, il faut obligatoirement **mesurer** le courant dans le circuit. Il n'y a, en effet, aucun moyen de calculer cette valeur pour deux raisons: On ne connaît pas la résistance de l'ampoule dans ce circuit car on ne sait pas si elle est brûlée normalement. Même si elle brûlait normalement (c'est-à-dire si elle était soumise à 6V) on ne pourrait se fier à la puissance indiquée sur le culot (3W) car celle-ci est trop souvent approximative.

Bref, il faut mesurer le courant dans l'ampoule en insérant un ampèremètre en série avec l'ampoule. On mesure alors $I_{\text{amp}} = 240\text{mA}$. Ce courant est également I_{tot} puisque c'est un circuit série.

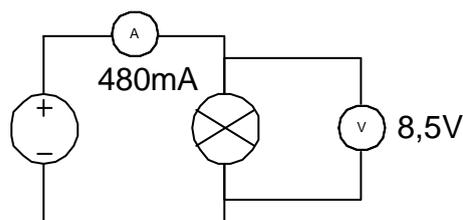
C. OÙ PLACER LA RÉISTANCE ?

Doubler le courant dans l'ampoule signifie obtenir un courant de **480mA** dans tout le circuit et cela en **ajoutant une résistance** dans le circuit. Pourtant, si le courant total augmente, la résistance totale doit diminuer. Il faudra donc ajouter une résistance **en parallèle** avec R_1 et R_2 par exemple:



D. QUE DOIT VALOIR LA RÉISTANCE X ?

Si le courant dans l'ampoule est de 480mA, que vaut la tension à ses bornes? Certainement pas le double de tout à l'heure car une ampoule ne se comporte pas comme une simple résistance. Il faut donc **mesurer, séparément, la tension aux bornes de l'ampoule**.. quand un courant de 480mA la traverse: On mesure alors une tension $U_{\text{ampoule}} = 8,5\text{V}$.



Comme R_3 est en série avec l'ampoule, son courant I_3 vaudra 480 mA et donc U_3 vaudra

$$\begin{aligned} U_3 &= R_3 \cdot I_3 \\ &= 50 \cdot 480 \cdot 10^{-3} \Omega \cdot \text{A} \\ &= 24,5 \text{ V} \end{aligned}$$

Par la loi des tensions, on voit donc que la tension aux bornes de la résistance x , U_x vaudra

$$\begin{aligned} U_x &= U_{\text{tot}} - U_A - U_3 \\ &= 53 - 8,5 - 24,5 \text{ V} \\ &= 20 \text{ V} \end{aligned}$$

Cette tension est également la tension aux bornes du dipôle I_2 . Son courant I_{I_2} vaut

$$\begin{aligned} U_{I_2} &= U_{I_2} / (R_1 + R_2) \\ &= 20 / 150 \text{ A} \\ &= 133 \text{ mA} \end{aligned}$$

Par la loi des courants, le courant dans la résistance x , I_x vaut alors

$$\begin{aligned} I_x &= I_{\text{tot}} - I_{I_2} \\ &= 480 - 130 \text{ mA} \\ &= 350 \text{ mA} \end{aligned}$$

Finalement la résistance R_x vaut donc

$$\begin{aligned} R_x &= U_x / I_x \\ &= 20 / (350 \cdot 10^{-3}) \text{ V/A} \\ &= 57 \Omega \end{aligned}$$

E. CALCULS DES PUISSANCES DISSIPÉES

En ajoutant cette résistance, nous devrions donc avoir effectivement doublé le courant. Reste à câbler le circuit sur la breadboard et mesurer notre résultat. Mais avant cela, il faut également vérifier qu'aucune résistance ne subira une puissance supérieure à sa puissance maximale.

			Valeur approximée	Circuit réel
R_x	$P_x = 20 \cdot 350 \cdot 10^{-3} \text{ VA}$	$= 7 \text{ W}$	$50 \Omega \text{ } 10 \text{ W}$	2 de $100 \Omega \text{ } 5 \text{ W}$ en //
R_1	$P_1 = 100 \cdot (133 \cdot 10^{-3})^2 \Omega \text{ A}^2$	$= 1,7 \text{ W}$	$100 \Omega \text{ } 5 \text{ W}$	$100 \Omega \text{ } 5 \text{ W}$
R_2	$P_2 = 50 \cdot (133 \cdot 10^{-3})^2 \Omega \text{ A}^2$	$= 0,8 \text{ W}$	$50 \Omega \text{ } 5 \text{ W}$	2 de $100 \Omega \text{ } 5 \text{ W}$ en //
R_3	$P_3 = 24,5 \cdot 480 \cdot 10^{-3} \text{ VA}$	$= 12 \text{ W}$	$50 \Omega \text{ } 20 \text{ W}$	2 de $100 \Omega \text{ } 5 \text{ W}$ en // *

* mais ne pas laisser plus de quelques secondes

F. CONCLUSION DE L'ANALYSE

Une ampoule ne se comporte pas comme une résistance de CI. Elle chauffe beaucoup trop pour garder une résistance constante. Un courant double ne demande donc pas une tension double. Cela dépend de chaque ampoule. Il faut donc faire la mesure pour connaître la caractéristique de l'ampoule avant de faire les calculs.

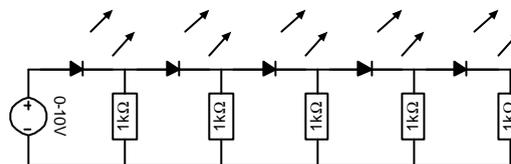
On remarque également qu'il y a moyen d'augmenter le courant dans un circuit en ajoutant des résistances... en parallèle.

Manip 1.3 : Le vumètre

- 1) Etudier les caractéristiques d'une LED en complétant le tableau. Pour comprendre ce que signifie le sens positif d'une LED, lire le rappel théorique ci-dessous. Traduire ensuite ce tableau en caractéristique courant-tension, autrement dit un graphique de I (vertical) en fonction de U (horizontal) dans votre cahier. •

U [V]	I [mA]	U [V]	I [mA]
-5		2,4	
-4		2,6	
-3		2,8	
-2		3	
-1		3,2	
0		3,4	
0,5		3,6	
1		3,8	
1,2		4	
1,4		4,2	
1,6		4,4	
1,8		4,6	
2		4,8	
2,2		5	

- 2) Réaliser le montage suivant sur votre BB et analyser son principe de fonctionnement. •



- 3) Proposer une solution pour que la tension soit répartie plus uniformément sur chaque LED (dans votre analyse).

Analyse : non cotée

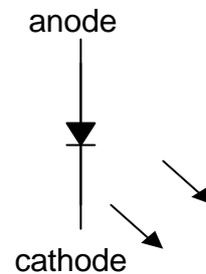
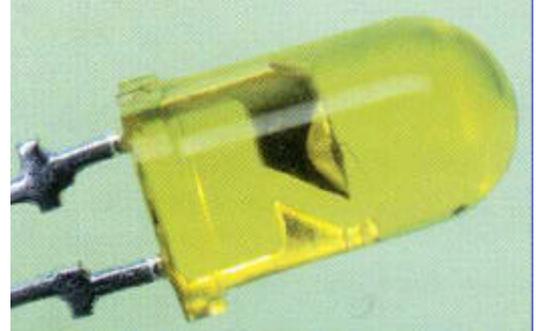
Total : /10

• La LED

Pour vous, qui n'apprendrez le rôle et le fonctionnement des semiconducteurs que l'année prochaine en 5^{ème}, la LED (Light-Emitting Diode ou DEL en français pour Diode ELectroluminescente) sera une "ampoule" qui s'allume lorsqu'on la branche dans le bon sens. Elles se présentent le plus souvent sous la forme d'une capsule colorée à deux bornes, une anode (la plus longue des deux) et une cathode (celle qui est reliée à la section plate, dans la capsule).

La caractéristique d'une diode (et d'une LED en particulier) est d'avoir un sens passant et un sens bloquant pour le courant. *Une diode laisse passer le courant uniquement s'il va de l'anode vers la cathode (dans le sens de la flèche du symbole).* Dans l'autre sens le courant ne passe pas.

Fig. 27. La led est un composant qui nous servira uniquement d'ampoule. Mais, il ne faut pas oublier qu'elle est avant tout une diode, c'est-à-dire un composant semi-conducteur qui ne laisse passer le courant que dans un sens : de l'anode vers la cathode.



Cela dit, sachez tout de même que dans une LED l'émission de lumière se produit lorsqu'elles sont traversées par un courant déterminé, compris environ entre 1 et 10 mA. La chute de tension est comprise entre 1,2 et 2 V, selon la couleur de la diode, la valeur la plus faible correspondant au rouge. La tension supportée par une LED en polarisation inversée est faible (entre 5 et 25 V). De plus, *il faut toujours connecter en série une résistance de limitation de courant.* N'essayez jamais de connecter une diode directement aux piles ou à toute autre source d'alimentation. Il est indispensable d'intercaler une résistance sur l'une de ses bornes, de 3k3, par exemple, à condition que la tension soit inférieure à 20V.

Manip 1.4 : Les contraintes de l'effet Joule

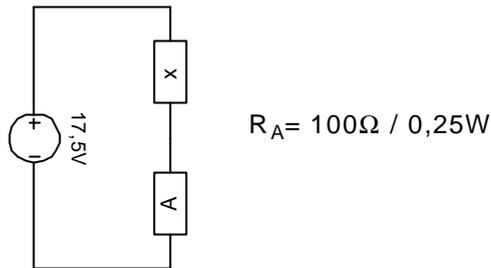
- 1) Comme vous avez fait pour la LED à la manip précédente, étudier la caractéristique courant-tension d'une résistance 100Ω standard ($0,25W$). Autrement dit, appliquer une tension augmentant de $0V$ à $30V$ par pas de $3V$ en mesurant, pour chaque tension, le courant qui passe dans la résistance.
- 2) Effectuer la même opération avec une résistance de $100 \Omega / 5 W$.
- 3) Dessiner sur un seul graphique les 2 caractéristiques courant-tension de ces deux résistances.
- 4) Expliquer l'allure des deux courbes grâce à la *loi d'Ohm* et la *loi de Joule*. Comparer en particulier les valeurs limites théoriques et les valeurs limites réelles.

Analyse : /20

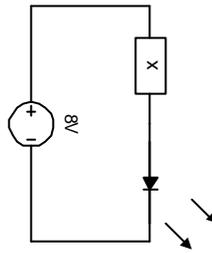
Total : /20

Manip 1.5 : Premiers calculs

- 1) Calculer les caractéristiques du dipôle x ci-dessous pour que la résistance A ne fonde pas et vérifier votre résultat expérimentalement en déterminant la puissance consommée par le dipôle A (à vous de trouver comment!). •



- 2) Déterminer les caractéristiques du dipôle x ci-dessous pour que la LED ne fonde pas (à vous de trouver comment). •



- 3) Répéter l'exercice précédent avec, cette fois, trois led's dont 2 en série et une en parallèle. Attention, elles doivent toutes briller avec la même intensité. •

Analyse : non cotée

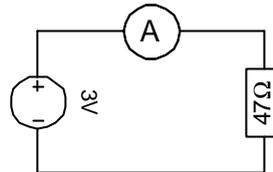
Total : /30

• La protection d'une LED

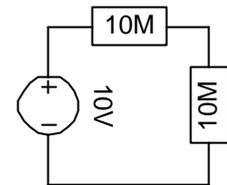
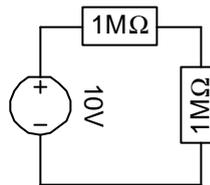
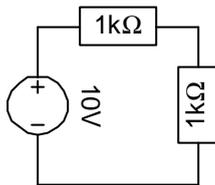
à compléter en classe...

Manip 1.6 : Les résistances cachées

- 1) *Mesurer* le courant dans le circuit ci-dessous en utilisant l'ampère-mètre de *deux* manières différentes (calibre 0-10A puis calibre 0-300mA). Comparer vos résultats entre eux et avec la valeur théorique. Analyser et justifier en détail.



- 2) *Mesurer* toutes les tensions de ces différents circuits. Ensuite, à l'aide de la théorie vue au cours d'électricité, analyser vos résultats en détail.



- 3) Déterminer la résistance interne d'une pile 9V et de votre alimentation DC à l'aide d'un rhéostat de puissance (demandez-le).

Analyse : 30

Total : /30

• Les résist. internes et l'équivalent de Thévenin

à compléter en classe...

Manip 1.7 : Logiques d'interrupteurs

- 1) Avec 4 interrupteurs, 2 LED's et à partir d'une tension de 2V, réaliser deux montages sur votre BB...
 - un qui allume une diode uniquement lorsque les deux interrupteurs sont fermés (opération logique ET)
 - un qui allume une diode dès qu'un des deux interrupteurs est fermé (opération logique OU)
- 2) Avec 3 interrupteurs, 3 résistances et 5V, réaliser un montage qui laisse passer un courant proportionnel au nombre d'int. fermés. •
- 3) Avec 3 interrupteurs, 3 résistances et 5V, réaliser un montage qui laisse passer un courant inversement proportionnel au nombre d'int. fermés. •
- 4) Avec 2 interrupteurs (K1, K2), 1 résistance de 100Ω et une LED, réaliser un circuit qui traduise la "table de vérité" ci-dessous (0=int. ouvert, 1=int. Fermé). •

K1	K2	La LED...
0	0	brûle faiblement
0	1	est éteinte
1	0	brûle à pleine puissance
1	1	est éteinte et l'alim. est court-circuitée

- 5) Avec 2 interrupteurs (K1, K2), 1 résistance de 100Ω et une LED, réaliser un circuit qui traduise la "table de vérité" ci-dessous (0=int. ouvert, 1=int. Fermé). •

K1	K2	La LED...
0	0	est éteinte
0	1	est éteinte
1	0	brûle faiblement
1	1	est éteinte

Analyse : non cotée

Total : /30



C'est ici que les choses commencent à devenir intéressantes mais également plus complexes, car on rentre véritablement dans la *conception* de circuit. La dernière manip de la période précédente en était un avant-goût. Nous ajoutons maintenant les calculs et deux composants qui sont plus que des simples dipôles : la résistance variable et surtout le relais, premier composant électronique qui permet un certain contrôle.

Objectifs :

- Savoir câbler et utiliser correctement un relais simple inverseur
- Savoir câbler et utiliser correctement une résistance variable
- Concevoir un circuit avec relais en dessinant son schéma au préalable

Le relais

• La conception d'un circuit

Concevoir un circuit électrique sur base d'une description consiste pour la plupart d'entre vous à câbler des composants sans vraiment savoir pourquoi. Autrement dit, la technique de l'essai/erreur. Comme si vos mains savaient mieux que vous. En électronique c'est généralement faux. Cela dit, facile, rapide, il faut reconnaître que cette technique n'a pas que des inconvénients. Nous l'utilisons également de temps en temps. Mais lorsqu'on conçoit un circuit que l'on ne connaît pas du tout, vous verrez vite qu'elle est très limitée.

En fait, cette technique donne parfois des résultats mais outre l'inconvénient qu'on ne sait pas du tout comment on y est arrivé, cela ne marche la plupart du temps qu'à moitié. Soit le résultat n'est pas exactement celui escompté soit un des composants est en train de brûler sans qu'on le voit, soit on abîme l'alimentation ou le GBF.

Fig. 28. Voilà exactement ce qu'il ne faut pas faire lorsqu'on conçoit un circuit. C'est très tentant de fonctionner comme ça mais vous devez comprendre que vous n'irez jamais très loin avec cette méthode.



Ayez alors l'intelligence de vous arrêter, de couper vos appareils et de *réfléchir*. Comment réfléchit-on en élec? Avec des schémas! *Prenez une feuille A4 vierge (pas un coin de brouillon) et transformer votre idée en schéma!* Vous verrez qu'avec le schéma devant les yeux on découvre des choses qu'il est impossible de voir dans un spaghetti de câbles. D'ailleurs, ce sera souvent la première chose que l'on vous demandera : *"dessine d'abord le schéma de ton circuit!"*. Une fois que vous avez un schéma ou un début de schéma retournez alors à vos composants et essayez. Pas avant!

Ensuite, comme ça ne marche que très rarement du premier coup, mesurez! Mesurez toutes les tensions et courants importants dans votre circuit puis reportez-les sur votre schéma avant de changer quoi que ce soit. Gardez toujours votre schéma sous les yeux.

Manip 2.1 : Le doubleur de courant

Concevoir un circuit qui double le courant dans une ampoule (12V/3W par exemple) lorsqu'on appuie sur un interrupteur.

Analyse : /20

Total : /20

- Les composants non linéaires

à compléter en classe...

Manip 2.2 : Le relais et ses applications

Modéliser (réaliser sur votre BB) les circuits décrits ci-dessous :

- 1) *L'appel téléphonique lumineux* : le circuit allume une ampoule de 220V (simulée par une LED de 2,2V) lorsque le téléphone sonne (la sonnerie du téléphone peut être simulée par une alim. de 6V). •
- 2) *L'alarme sas* : le circuit déclenche une alarme (LED rouge) lorsque les deux portes du sas sont ouvertes simultanément. •
- 3) *L'alarme phare d'une voiture* : le circuit détecte le non fonctionnement d'un phare (LED jaune) en allumant une LED rouge. •
- 4) *Le trembleur* : Avec un relais et ses contact correctement branchés, faites clignoter une ampoule. •
- 5) *Le maintien* : le circuit maintient une lampe allumée même lorsque vous avez relâché le bouton-poussoir. •

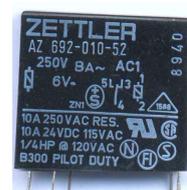
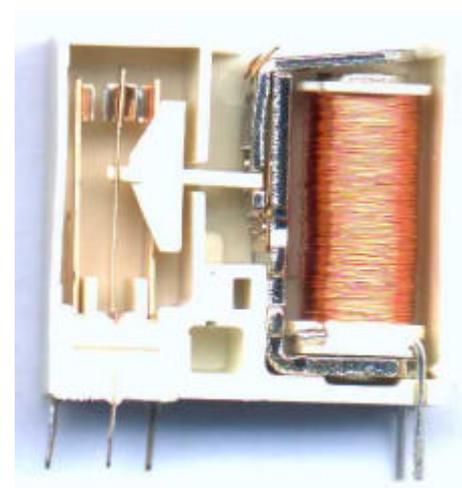
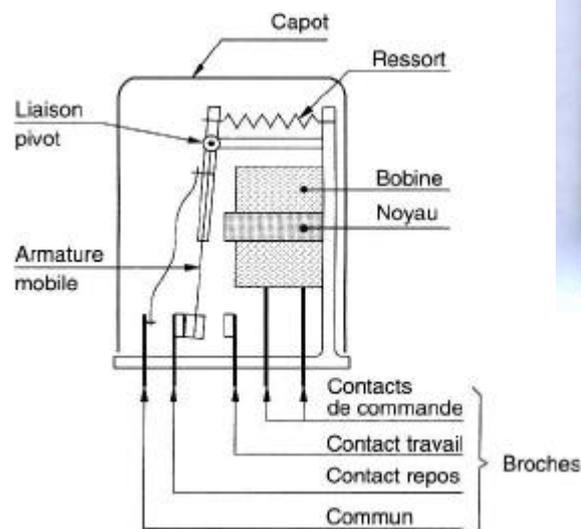
Analyse : non cotée

Total : /20

• Le Relais

Un relais est un (ou plusieurs) *interrupteur(s) commandé par une tension*. C'est un appareil utilisé pour faire de la logique (bien que dans ce cas-là le transistor convient souvent mieux) mais surtout pour enclencher ou déclencher un circuit de puissance à partir d'un circuit électronique ou tout simplement un circuit distant. Le relais que vous utiliserez dans ce labo est un relais *instantané simple inverseur*.

Fig. 29. Un relais simple inverseur est un contact inverseur (soit AB fermé soit BC fermé) commandé par un courant. Dès qu'un courant suffisant traverse la bobine, le contact bascule.



Un relais se dessine en respectant certaines règles... comme dans les schémas ci-dessous. La bobine est représentée par un rectangle plus large que haut (avec parfois une barre en diagonale pour bien faire la distinction avec un dipôle quelconque). On les référence généralement par les lettres K. Leurs contacts NO ou NF peuvent se dessiner ailleurs dans le circuit (même si en pratique ils sont évidemment juste à côté de la bobine) mais ils doivent alors toujours être référencés de la même manière que la bobine.

N.B. les contacts des relais doivent toujours être dessinés dans leur position normale c'est-à-dire celle qu'ils ont lorsque la bobine est hors tension.

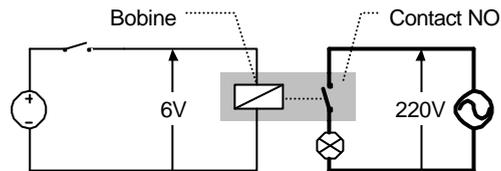
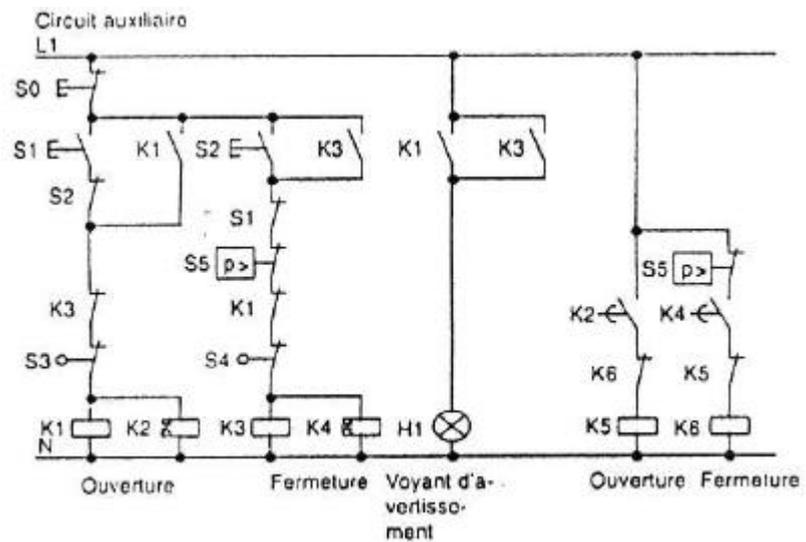


Fig. 30. Un relais se dessine en deux parties. 1. la bobine par un rectangle plus large que haut. 2. le ou les contacts qui se dessinent en position repos et se réfèrent comme la bobine.



Sur une BB, il n'y a qu'une manière d'enficher un relais (sans plier les pattes!). Avec un peu de bon sens et une bonne connaissance de la BB, vous trouverez comment.

Manip 2.3 : La bascule à relais

- 1) Réaliser une bascule à relais à partir d'une tension de 20V, c'est-à-dire un circuit qui commande alternativement 2 lampes (L1, L2) concrétisées par deux led's suivant la "table de vérité" suivante :

int.	L1	L2
0	éteinte	allumée
1	allumée	éteinte

- 2) Dessiner le schéma de votre circuit (attention aux normes).
- 3) Mesurer tous les courants et toutes les tensions du circuit et reportez les correctement sur votre schéma.
- 4) Comparer les mesures aux calculs que vous avez effectués au point 1 et expliquer les différences.

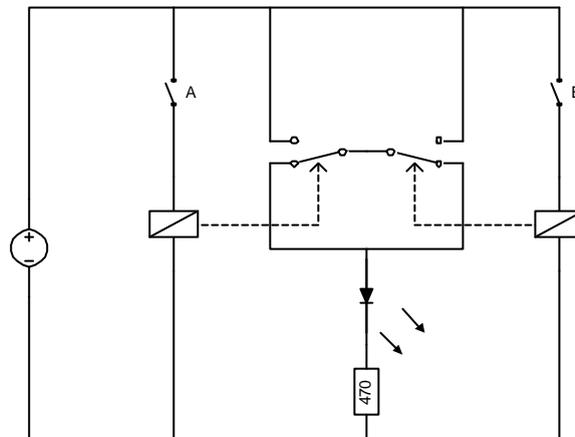
Analyse : /30

Total : /30

Manip 2.4 : Portes logiques

- 1) A l'aide d'un relais, réaliser l'opération NOT à partir d'une tension de 12V, c'est-à-dire un circuit qui allume une lampe lorsque l'interrupteur est ouvert.
- 2) A l'aide d'un relais, réaliser l'opération logique NAND (NON-ET) à partir d'une tension de 12V, c'est-à-dire réaliser un circuit qui éteint une lampe 6V uniquement quand les 2 interrupteurs sont fermés.
- 3) Transformer le circuit précédent en une porte NOR (NON-OU) ?

Bonus : Des points supplémentaires pour ceux qui arrivent à câbler l'opération XOR modélisée par le circuit ci-dessous :



A	B	$A \oplus B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Analyse : non cotée

Total : /20

Manip 2.5 : Tableau de bord (janv. 2000)

A partir d'une tension de 42V, réaliser un circuit qui allume une ampoule 24V 3W en allumant une LED verte lorsque l'ampoule est allumée et une LED rouge lorsque l'ampoule est éteinte.

Analyse : /30

Total : /30

Manip 2.6 : La résistance variable

- 1) A partir d'une tension fixe de 24V, réaliser une alimentation DC réglable. Vérifier le bon fonctionnement de votre alimentation en y branchant le voltmètre en parallèle. •
- 2) Calculer le modèle équivalent de Thévenin de cette alim réglable et justifiez vos calculs. •
- 3) Réaliser un gradateur de lumière pour une ampoule 6V 3W. Attention, ce n'est pas si évident que cela en a l'air! •

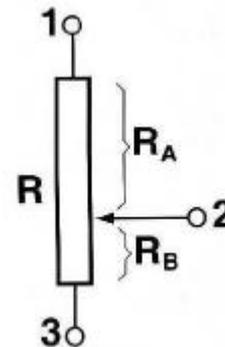
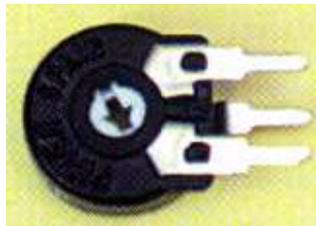
Analyse : non cotée

Total : /10

• La résistance variable (le *pota*)

Une résistance variable, comme son nom l'indique, est un composant dont la résistance peut être réglée manuellement (entre 0 et 1k Ω par exemple). Son utilisation est légèrement plus difficile car il s'agit presque toujours d'un tripôle comme indiqué sur le schéma ci-dessous. On peut donc considérer qu'une résistance variable équivaut à deux résistances en série ($R_A + R_B$), le point de jonction étant constitué par la connexion du curseur.

Fig. 31. Une résistance variable est un tripôle dont le point milieu se déplace sur une piste résistive. R_A et R_B se partagent donc la résistance totale en fonction de la position du curseur.



Le branchement d'un tripôle sur une BB peut se faire de différente manière. La figure de droite ci-dessus en indique une.

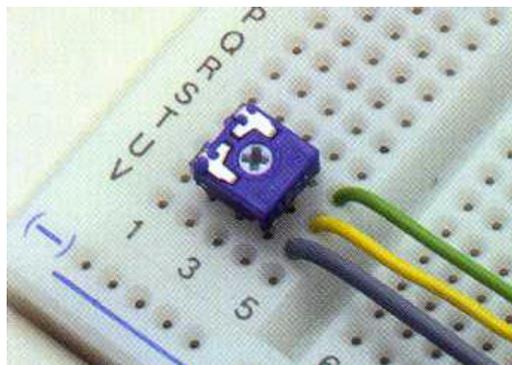
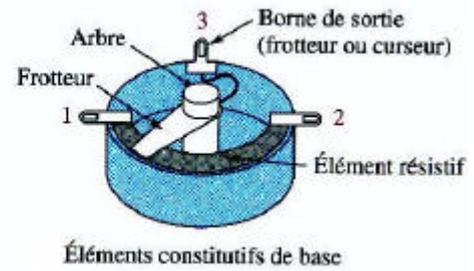
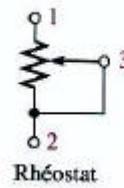
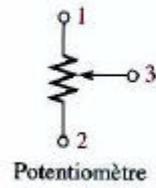


Fig. 32. Voici une manière de brancher un tripôle tel qu'une résistance variable sur une breadboard.

Dans la majorité des cas, une R_{var} est utilisée en diviseur de tension c'est-à-dire en potentiomètre (voir formulaire p. 40) d'où son surnom.

Fig. 33. Une résistance variable peut se câbler en potentiomètre ou en rhéostat et redevenir alors un dipôle.



à compléter en classe...

Manip 2.7 : Gradateur sécurisé (janv. 2001)

En partant d'une tension de 9VDC, concevoir un gradateur qui fait varier la luminosité d'une ampoule 6V 3W. Ce gradateur doit comporter une sécurité qui limite le courant à sa valeur maximale (500mA) et doit être pourvue de deux témoins (LED's) : un vert pour le bon fonctionnement et un rouge pour la surcharge.

Analyse : /30

Total : /30

PÉRIODE**3**

Le condensateur est un composant électronique fondamental. Sans attaquer la notion de filtrage, il y a déjà moyen de l'exploiter dans des montages très intéressants : des montages DC.

Objectifs :

- Câbler un CI
- Utiliser un condensateur en DC
- Concevoir un monostable et un temporisateur précis à l'aide d'un relais

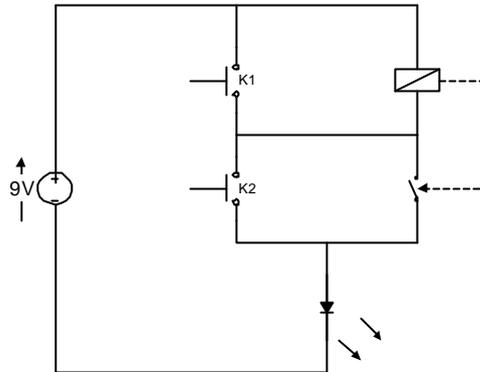
Le condensateur

- Résumé du cours d'électricité de 4^{ème}

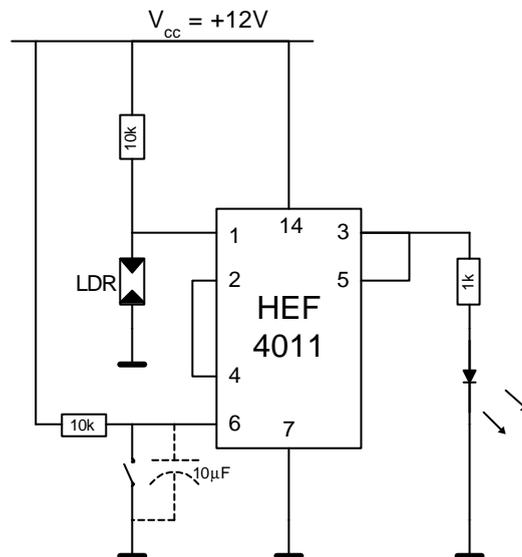
à compléter en classe...

Manip 3.1 : Le bistable (bascule RS)

1) Câbler le circuit ci-dessous sur votre BB. •



2) Câbler le circuit HEF4011 ci-dessous sur votre BB. •



Analyse : non cotée

Total : /20

• La photorésistance

Une photo résistance (LDR pour *Light-Directed Resistance*) est un dipôle dont la résistance varie en fonction de la lumière reçue. Elle se dessine comme suit



• Le circuit intégré

Un circuit intégré est une boîte qui contient un circuit miniaturisé souvent utilisé (d'où l'intérêt). Il est donc important de connaître son brochage. Voici l'exemple du NE555 que vous utiliserez une fois ou deux dans ce labo. Le branchement sur une BB doit évidemment se faire comme indiqué sur la figure.

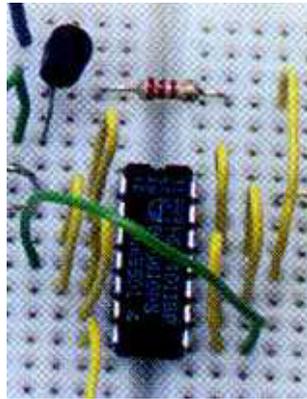
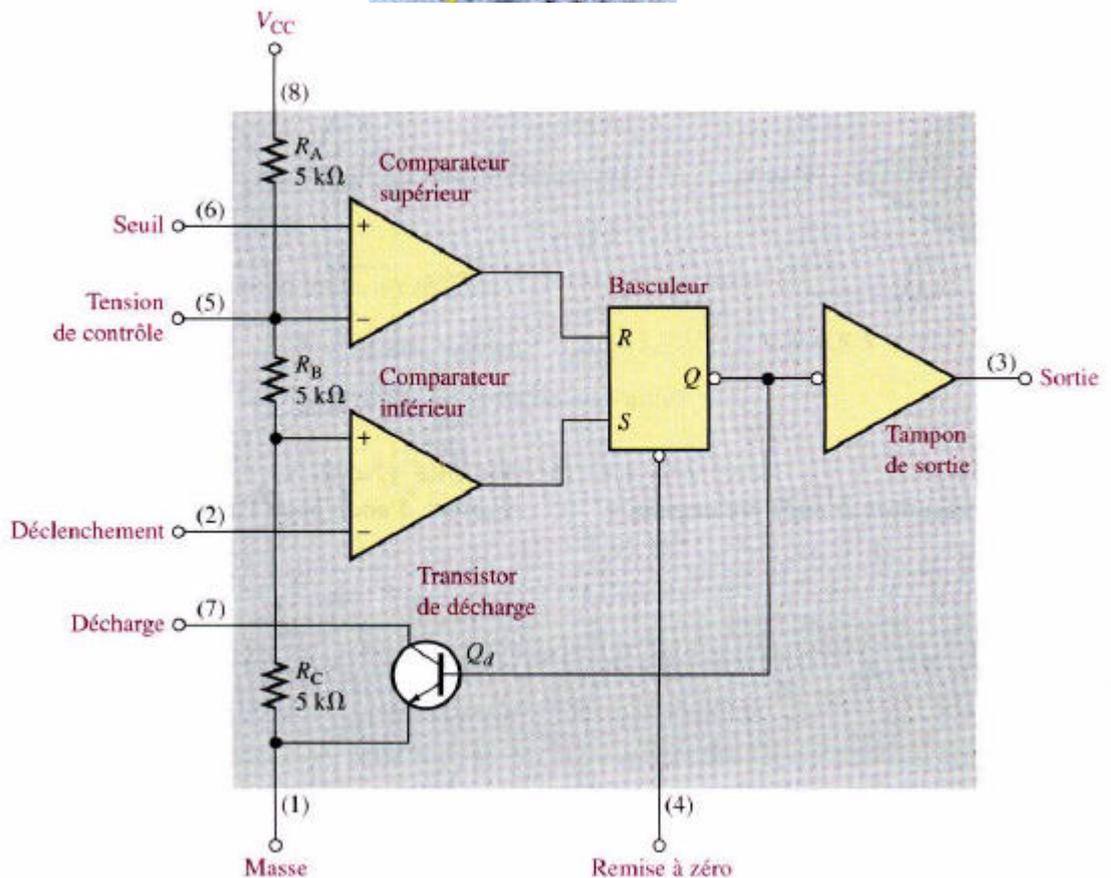


Fig. 34. Le NE555 est un petit CI très classique et souvent utilisé au début de l'apprentissage de l'électronique.

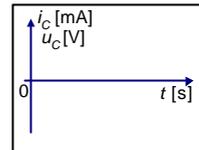


Manip 3.2 : Charge et décharge d'un RC série

- 1) Appliquer une tension de 4VDC à un condo de $1000\mu\text{F}$ (ou plus si vous avez). Mesurer u_C et i_C en fonction du temps en reportant vos résultat dans un tableau de mesures (10 points de mesures suffisent) dans chacune des situations suivantes.

	$U_g=4\text{V}$	avec R =
1.	charge	$4,7\text{k}\Omega$
2.	décharge	$1\text{k}\Omega$

- 2) Traduisez graphiquement votre tableau de mesure en dessinant les 2 courbes sur le même graphique (à la suite l'une de l'autre). *Conseil : Pour faciliter votre travail, préparez une feuille de votre cahier avec un repère d'axe disposé comme ci-contre.*



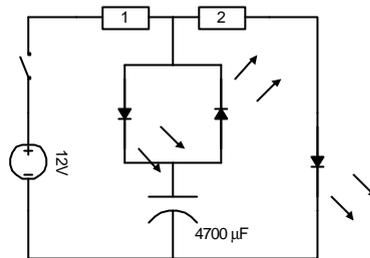
- 3) Vérifier vos mesures en calculant la valeur de u_C et i_C pour 4 moment différents.
4) Expliquer quelle est l'influence de la résistance dans un circuit RC.

Analyse : /20

Total : /20

Manip 3.3 : Le flash

- 1) Câbler le circuit ci-dessous sur votre BB et analyser son fonctionnement. •



$$R_1 = 200\Omega$$
$$R_2 = 200\Omega$$

- 2) A l'aide de la théorie et du circuit précédent, réaliser un flash électronique avec une lampe halogène 12V/20W. •

Analyse : non cotée

Total : /20

Manip 3.4 : Le monostable

A partir d'une tension de 14V, réalisez un circuit *monostable*. Un monostable (stable seul) est un circuit qui permet d'obtenir une tension aux bornes d'un composant pendant un certain temps. Le circuit que vous devez concevoir et réaliser doit allumer une LED (à pleine puissance!) pendant environ 6s après avoir appuyé brièvement (moins d'une $\frac{1}{2}$ seconde) sur un bouton poussoir. •

Attention, outre vos explications et le schéma du circuit, votre analyse doit également comporter un graphique traçant l'évolution précise de u_C en fonction du temps et un calcul justifiant la durée réelle du maintien (vous aurez besoin de l'exponentielle et de la méthode de Thévenin).

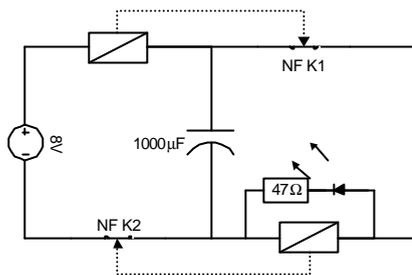
Analyse : /30

Total : /40

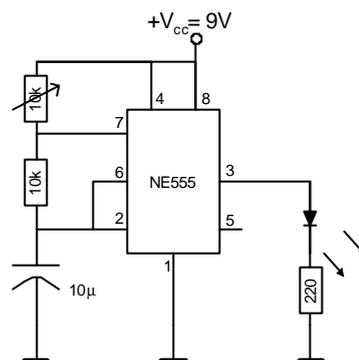
Manip 3.5 : L'astable

L'astable (qui n'est pas stable) est un circuit oscillant. Un astable rudimentaire a déjà été réalisé à la manip p. 40 (avec le trembleur) mais sa période d'oscillation n'était pas réglable. Il faut pour cela ajouter un RC avec une constante de temps réglable. N.B. Ce circuit sert entre autres à contrôler les clignotants d'une voiture ou d'une moto.

1) Câbler l'astable dans sa version relais. •



2) Câbler l'astable dans sa version CI (NE555). •



Analyse : non cotée

Total : /20

Manip 3.6 : Le temporisateur

- 1) A partir d'une tension de 14V, réalisez un circuit à retard. On l'appelle un temporisateur ou un buffer en anglais. Un tel circuit est un circuit qui, à l'opposé du monostable (voir p. 54), permet de retarder l'établissement d'une tension aux bornes d'un composant pendant un certain temps. Le circuit que vous devez concevoir et réaliser doit allumer une LED après un retard d'environ 6s après avoir appuyé sur un bouton poussoir (maintenu). •
- 2) Améliorez votre circuit précédent en ne devant appuyer que brièvement (moins d'une $\frac{1}{2}$ s) sur un bouton poussoir. •

Analyse : /30

Total : /40



Dernière période : on attaque enfin les courants AC. A ce stade, cela signifie commencer par se familiariser avec le GBF et l'oscilloscope, les deux outils de

bases de tout électronicien.

Objectifs :

- Utiliser un GBF
- Mesurer avec un oscilloscope
- Concevoir une transformation de signal pilotée par un circuit de contrôle DC

L'oscilloscope

- Résumé du cours d'électricité de 4^{ème}

à compléter en classe...

Manip 4.1 : Util. du GBF et de l'oscillo

- 1) Faites clignoter une LED (en série avec une 560Ω !!! pour que le courant ne soit pas trop important) de manière progressive puis en ON/OFF. Expliquer comment vous avez procédé et dessiner le schéma du circuit que vous avez utilisé. •
- 2) Chaque étudiant doit recommencer 3 fois l'opération suivante :
 - Régler le GBF au hasard (l'idéal est de demander cela à quelqu'un d'autre) et suivez l'organigramme pour obtenir une trace stable à l'oscillo.
 - Reproduire fidèlement la trace que vous obtenez à l'oscillo sur les écrans de la page 64 (à découper et coller dans l'analyse) ainsi que le réglage de l'oscilloscope et indiquez l'amplitude du signal, sa fréquence et sa composante continue. N.B. N'oubliez pas d'indiquer l'emplacement vertical du zéro s'il ne se trouve pas à mi-hauteur. •
- 3) Régler le GBF pour qu'il sorte un signal impulsionnel 0-5V de 15kHz. Vérifier le résultat sur votre oscilloscope et dessiner l'état de votre oscilloscope sur le quatrième écran de la page 64. •

Analyse : non cotée

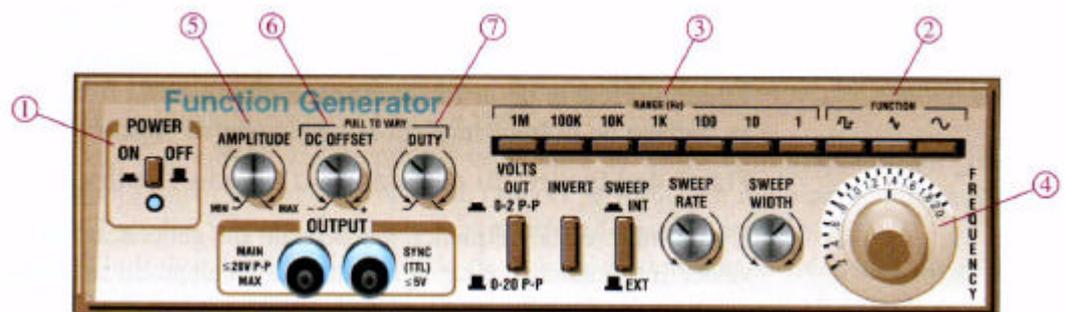
Total : /20

• Le GBF

Le GBF (Générateur Basse Fréquence) est un générateur de tension alternative périodique. On l'appelle aussi générateur de fonctions. Il est en quelque sorte le pendant de l'alimentation en DC. Mais, contrairement à l'alim du labo, un GBF ne peut sortir que très peu de courant.

Fig. 35. face avant d'un GBF

© Fondements d'électronique, Floyd - Ed. R Goulet, 1999



(1) Interrupteur Marche/Arrêt.

(2) Boutons de fonction : Enfoncez un de ces boutons pour choisir une onde sinusoïdale, ou triangulaire ou une impulsion. Un seul bouton peut être enfoncé à la fois.

(3) *Boutons des gammes de fréquences* : Ces boutons-poussoirs servent de concert avec la commande de réglage de la fréquence (4). Pour sélectionner la gamme voulue, enfoncez le bouton correspondant. La fréquence augmente par décade de 1 Hz à 1 MHz.

(4) *Réglage fin de fréquence* : Tournez ce cadran pour régler sur une fréquence précise dans la gamme sélectionnée par un bouton-poussoir (3). Par exemple, si vous enfoncez le bouton 100 Hz et fixez le cadran sur 1,4 la fréquence de sortie sera 140Hz (1,4 x 100).

(5) *Commande de l'amplitude* : le maximum est 10V crête à crête

(6) *Décalage du niveau continu (DC offset)* : Ce bouton règle le niveau DC de la sortie à courant alternatif, c'est-à-dire la composante continue U_{DC} qui par défaut vaut zéro. Vous pouvez additionner ou soustraire un niveau DC à une onde AC.

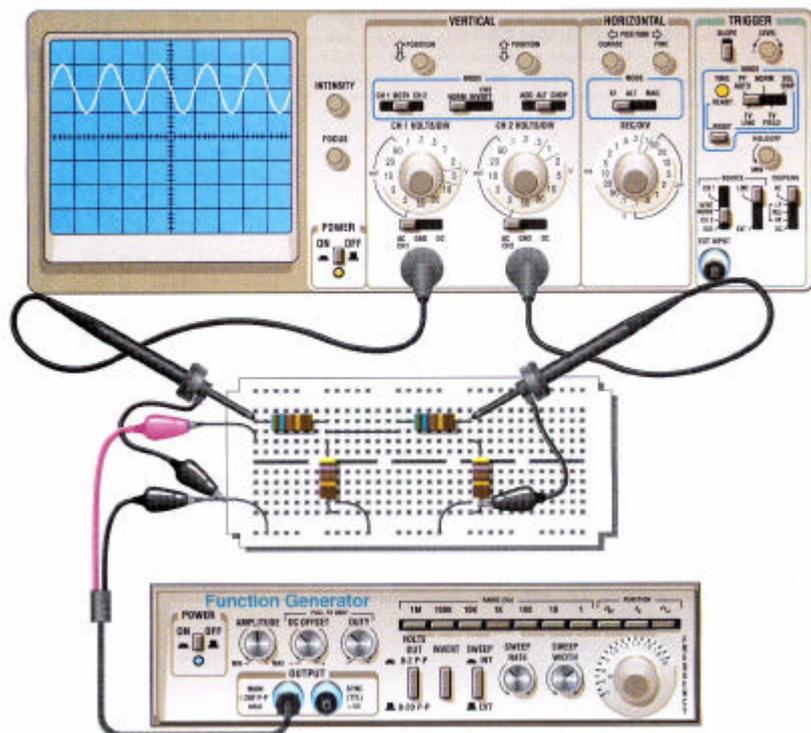
(7) *Commande du rapport de forme (Duty)* : Ce bouton règle le facteur de forme de l'impulsion de sortie. Les ondes de sortie sinusoïdales et triangulaires ne sont pas touchées par cette commande.

• Mesurer avec un oscilloscope

Un oscilloscope est un voltmètre qui peut afficher la tension entre deux points pendant un certain temps... pour autant que cette tension soit périodique. Un oscilloscope peut mesurer 2 tensions simultanément. Chaque canal se branche comme un voltmètre, en parallèle sur le dipôle ou le groupe de dipôles dont on veut mesurer la tension.

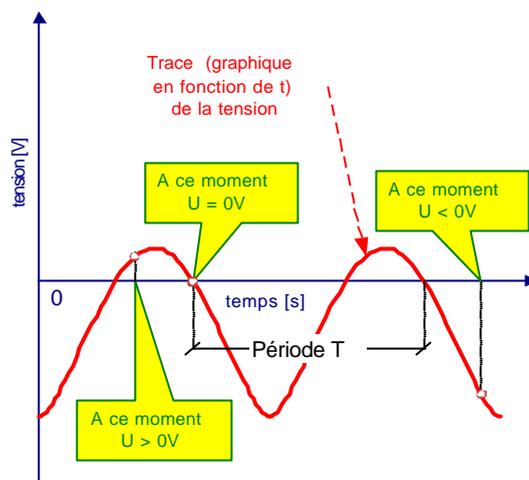
Fig. 36. Un oscilloscope n'est qu'un voltmètre un peu compliqué. Il se branche donc en parallèle sur le dipôle ou groupes de dipôles dont on veut mesurer la tension.

© Fondements d'électronique, Floyd - Ed. R Goulet, 1999



Ce que l'oscilloscope affiche sur son écran est un graphique de la tension en fonction du temps (on appelle cela la *trace* ou le *signal*). Il permet donc de visualiser l'évolution de la tension en fonction du temps, pendant plus ou moins 1 ou 2 périodes.

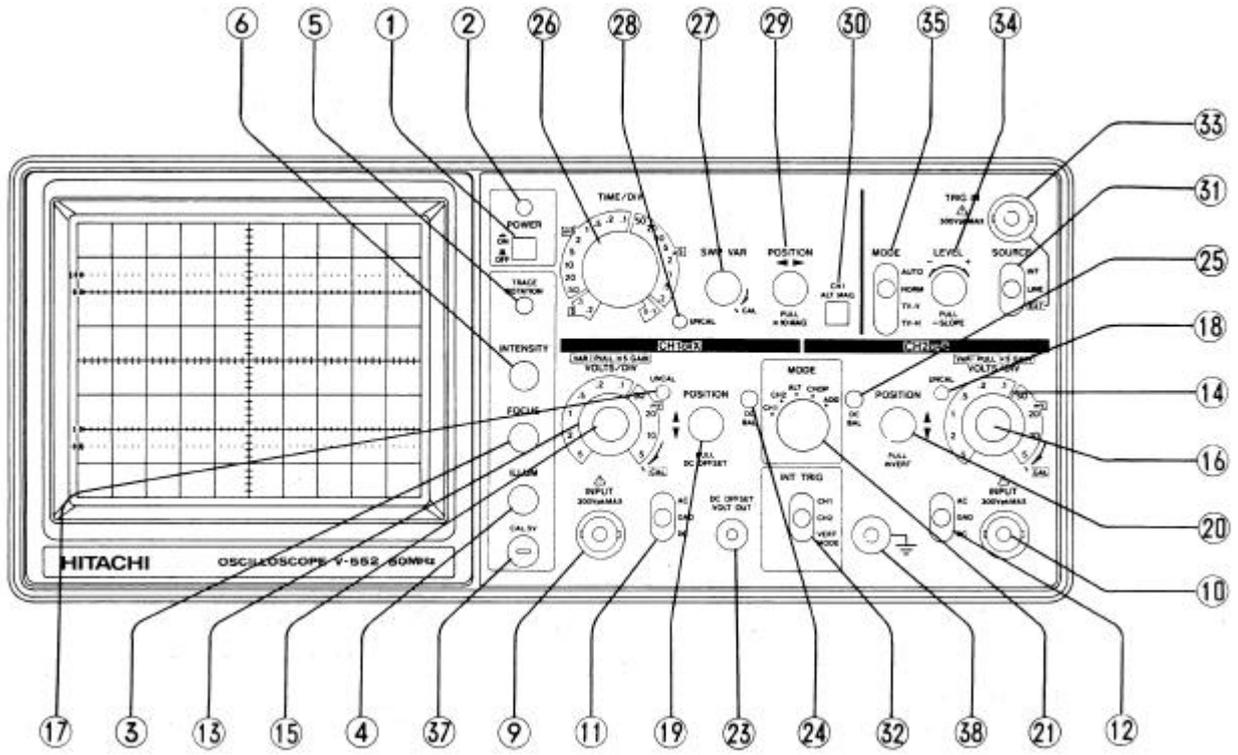
Fig. 37. Ce que l'oscilloscope affiche à l'écran est un graphique de U en fonction de t . Il faut donc le lire comme un graphique en sachant où a été réglé le zéro et quelles sont les unités des axes.



Apprendre à utiliser un oscilloscope peut paraître compliqué au début mais si l'on s'en tient à la marche à suivre décrite p. 44, on s'en sort très bien. Il faut juste faire attention au conflit de masse : la masse de l'oscilloscope et celle du GBF étant reliées à la terre, *on ne peut les dissocier sur la BB. Elles doivent être reliées comme sur la figure 36.*

à compléter en classe...

La figure suivante représente la face avant de l'oscilloscope que vous allez utiliser au labo. Les boutons 13 (14 pour le canal 2), 26 et 34 sont les trois boutons les plus importants. Ce sont eux qui permettront d'obtenir une trace stable à l'écran.

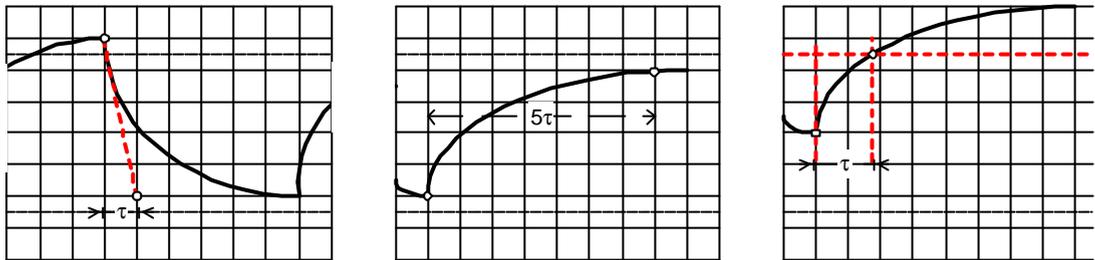


- | | |
|-----|-----|
| 1: | 20: |
| 2: | 21: |
| 3: | 22: |
| 4: | 23: |
| 5: | 24: |
| 6: | 25: |
| 7: | 26: |
| 8: | 27: |
| 9: | 28: |
| 10: | 29: |
| 11: | 30: |
| 12: | 31: |
| 13: | 32: |
| 14: | 33: |
| 15: | 34: |
| 16: | 35: |
| 17: | |
| 18: | |
| 19: | |

• Mesurer la constante de temps τ d'un phénomène exponentiel

Pour mesurer graphiquement la constante de temps t d'un phénomène exponentiel sur l'écran d'un oscilloscope, il y a trois méthodes. Toutes les trois demandent d'avoir sur l'écran toute la croissance ou la décroissance de la courbe. S'il manque un morceau, il est impossible de mesurer t . Seule la troisième est vraiment précise mais elle n'est pas toujours possible. La première méthode consiste à mesurer τ directement en suivant sa définition (distance portée par la tangente au point de départ de la courbe). La deuxième consiste à mesurer le temps total de charge et de le diviser par 5. Mais comme il est rarement facile de déterminer où s'arrête l'exponentielle, cette méthode est aussi imprécise que la première.

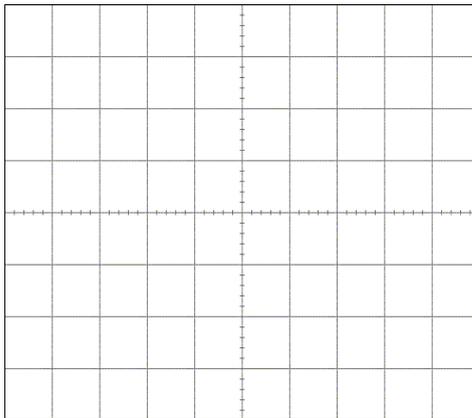
La troisième méthode consiste à placer manuellement l'exponentielle entre la ligne du zéro volt et la limite supérieur de l'écran. Les pointillées indiquent alors 63% du total et le croisement avec la courbe indique donc la grandeur de τ .



à compléter en classe...

Exercices de lecture de l'oscilloscope

(page à découper et coller dans l'analyse de la manip p. 59)



TIME/DIV



1div =

Amplitude :
U =

VOLTS/DIV

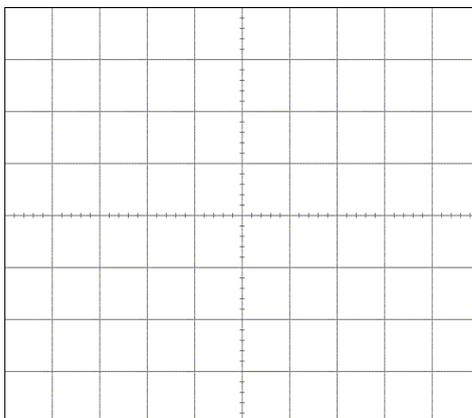


1div =

Fréquence :
f =



Composante DC :
 U_{DC} =



TIME/DIV



1div =

Amplitude :
U =

VOLTS/DIV

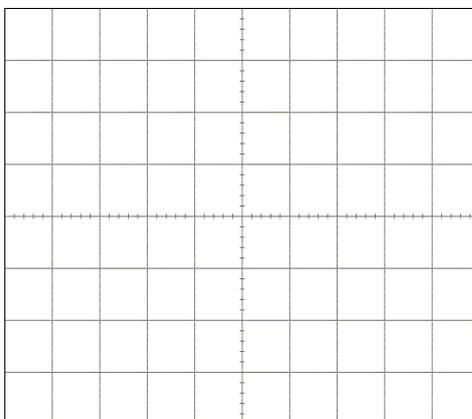


1div =

Fréquence :
f =



Composante DC :
 U_{DC} =



TIME/DIV



1div =

Amplitude :
U =

VOLTS/DIV

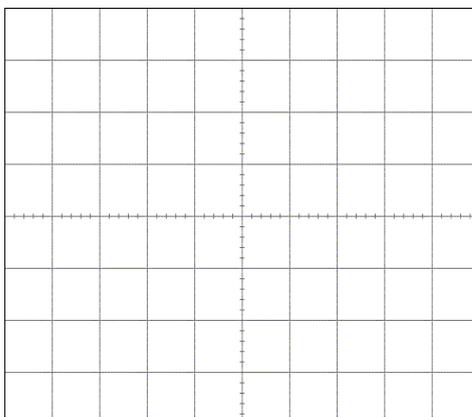


1div =

Fréquence :
f =



Composante DC :
 U_{DC} =



TIME/DIV



1div =

Amplitude :
U =

VOLTS/DIV



1div =

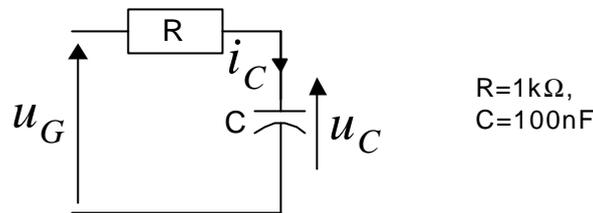
Fréquence :
f =



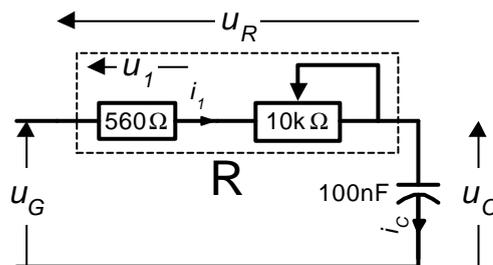
Composante DC :
 U_{DC} =



Manip 4.2 : Etude du RC en impulsionnel



- 1) Calculer la constante de temps t , le temps total de charge t_c et la fréquence du signal impulsionnel (0-4V) que vous devez appliquer pour que le condensateur ait juste le temps de se charger complètement à chaque $\frac{1}{2}$ période.
- 2) Appliquer ce signal au circuit et représenter sur un seul graphique l'évolution de u_G et de u_C pour le condo sur une période complète.
- 3) Il existe 3 manières différentes pour visualiser le signal u_R à l'oscilloscope. Quelles sont-elles? Expliquer. Utiliser la plus adéquate des 3 pour rajouter la trace de u_R sur le graphique précédent.
- 4) Comment doit-on faire pour obtenir une image de l'évolution du courant i_C ? Expliquer et représenter le sur un nouveau graphique.
- 5) Il existe un lien entre les trois tensions dans (u_R , u_C et u_G). Quel est-il ? Expliquer. Vérifier attentivement.
- 6) Remplacer votre résistance fixe par une résistance variable comme indiqué sur le schéma ci-dessous. Augmenter puis diminuer la valeur de R et observer attentivement ce qui change et ce qui ne change pas. Attention : cette observation n'est pas simple. Elle demande un réglage fin de la fréquence de travail (sur le GBF).

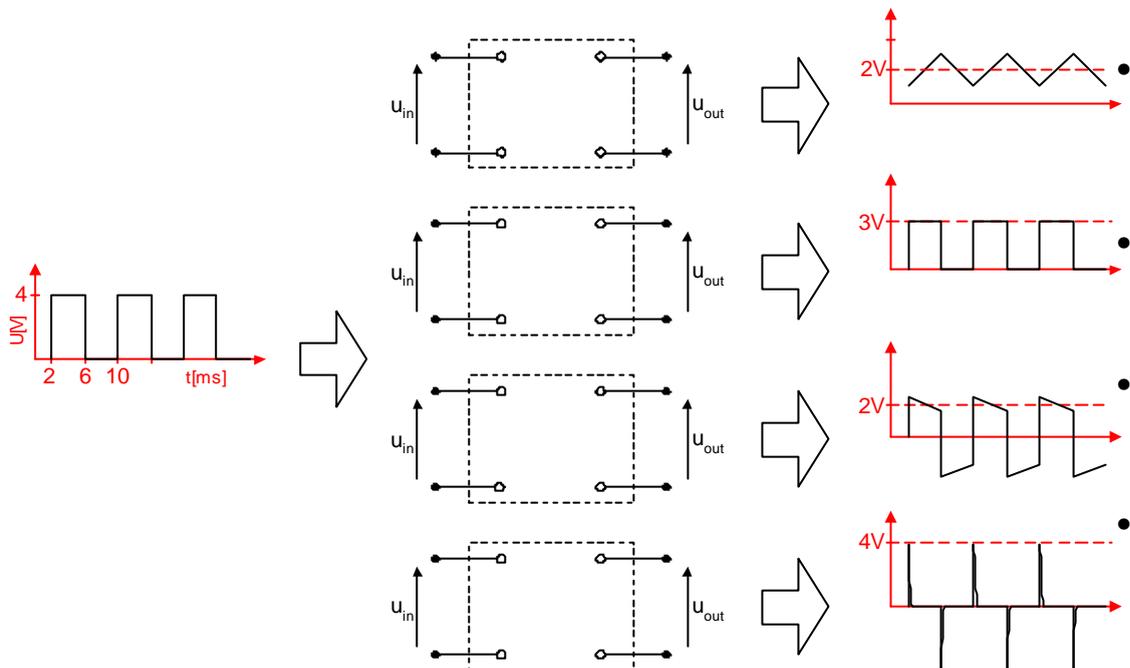


Analyse : /30

Total : /30

Manip 4.3 : Transformation de signal

- 1) Réaliser chacun des quadripôles décrits ci-dessous avec la contrainte suivante : La tension de sortie du quadripôle U_{out} est nulle si l'on appuie pas sur un bouton poussoir. N.B. Pour ne pas perdre trop de temps en essais inutiles, dessiner d'abord avec précision (appareils de mesure compris) les schémas de vos quadripôles et réfléchissez bien au positionnement respectif de l'interrupteur et de la masse du circuit.



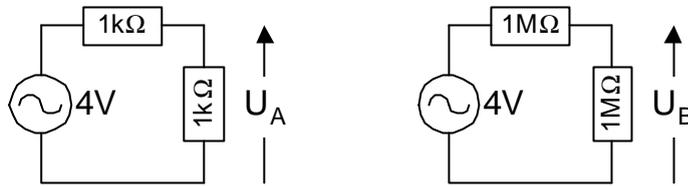
- 2) Transformer le dernier circuit pour que la tension de sortie du quadripôle U_{out} soit nulle lorsqu'on appuie sur un bouton poussoir. Attention, il est interdit de court-circuiter le GBF ou l'oscillo.

Analyse : non cotée

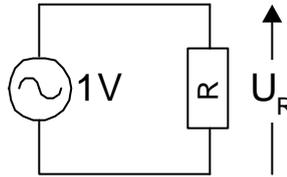
Total : /20

Manip 4.4 : Les impédances cachées

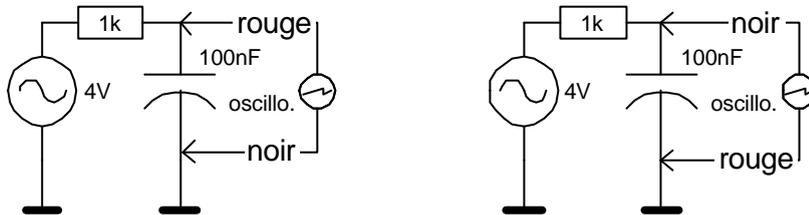
1) Comparer U_A et U_B en théorie et en pratique. Analyser en détail.



2) Mesurer U_R avec R valant successivement 10kΩ, 1kΩ, 100Ω et 10Ω. Analyser en détail.



3) Comparer les tensions mesurées dans chacune des méthodes ci-dessous. Analyser en détail.

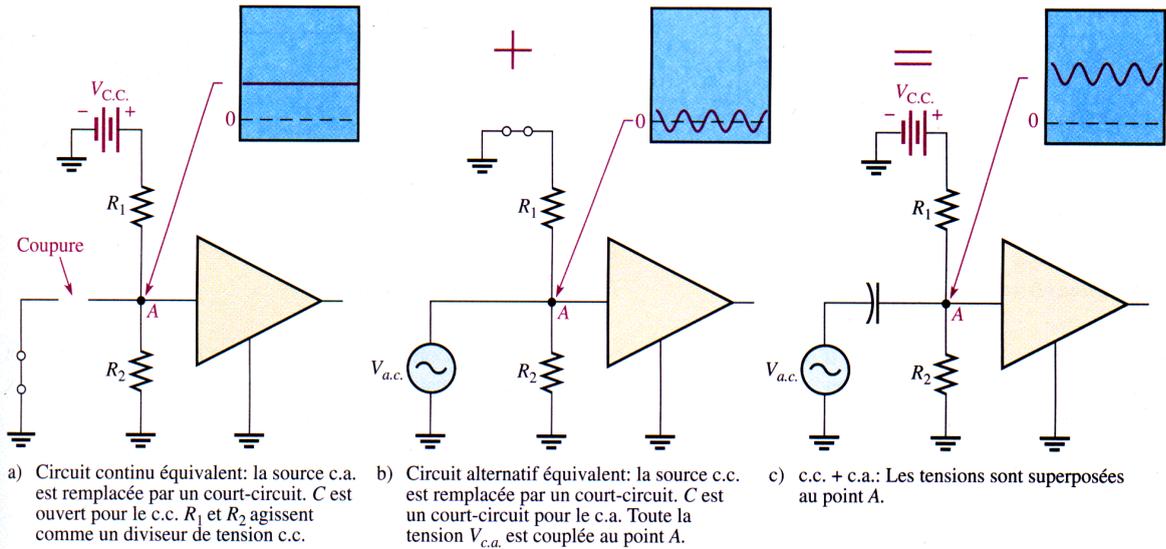


Analyse : /30

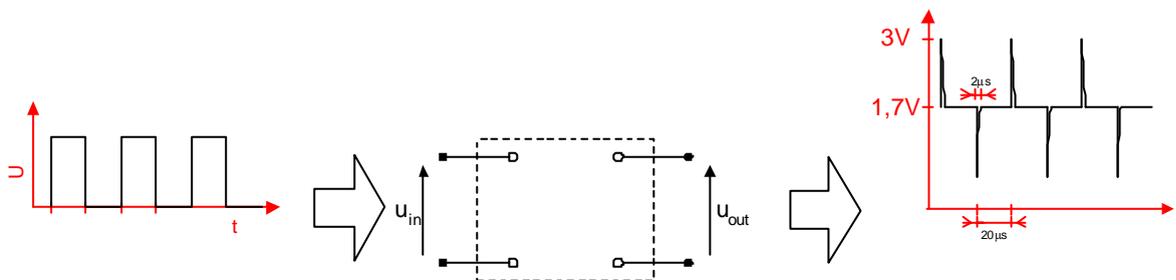
Total : /30

Manip 4.5 : Ajout d'une composante DC

1) Le circuit de polarisation d'un amplificateur : Vérifier expérimentalement ce qui est décrit ci-dessous ($C=100\text{nF}$, $R_1=47\text{k}\Omega$, $R_2=10\text{k}\Omega$, $V_{CC}=+18\text{V}$). L'amplificateur (le triangle) ne doit évidemment pas être câblé.



2) Réaliser le quadripôle qui effectue la transformation de signal décrite ci-dessous.

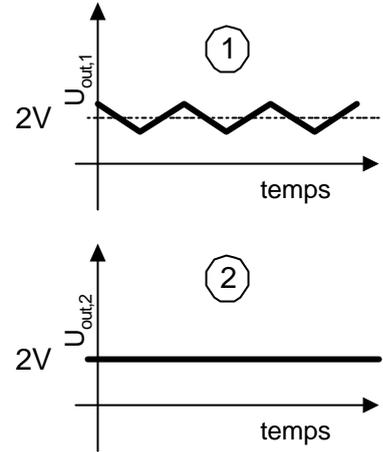
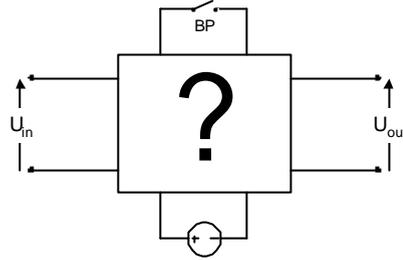
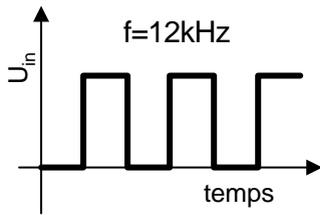


Analyse : non cotée

Total : /40

Manip 4.6 : Examen de juin / septembre 2001

Au départ d'un signal impulsionnel 0-4V de 12kHz, vous devez obtenir $U_{out,1}$ par défaut et $U_{out,2}$ après avoir appuyé brièvement sur le BP. Le signal $U_{out,2}$ doit alors se maintenir.

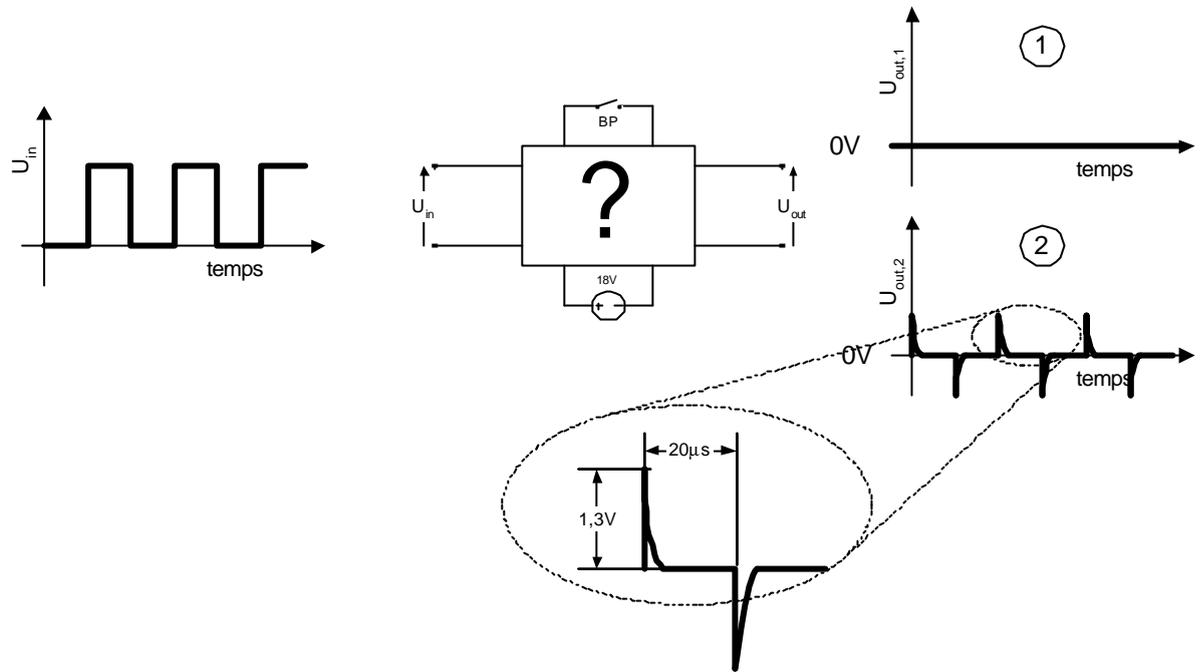


Analyse : /30

Total : /30

Révision : Examen de juin / septembre 2000

Au départ d'un signal impulsionnel, vous devez obtenir $U_{out,1}$ par défaut (c'est-à-dire 0V en continu) puis $U_{out,2}$ pendant 4s après avoir appuyé brièvement sur le BP.



Révision : Questions préparatoires de l'examen

- 1) Comment déterminer le courant dans une résistance sur un circuit imprimé sans pouvoir la dessouder ?
- 2) Comment faire pour déterminer la capacité d'un condensateur inconnu sans capacimètre ?
- 3) Comment faudrait-il mesurer un courant pour ne jamais prendre le risque de griller son fusible de 300mA ?
- 4) Comment câble-t-on un relais en maintien ?
- 5) Comment câble-t-on un monostable à relais ?
- 6) Comment câble-t-on un temporisateur à relais ?
- 7) Quelle est la tension à laquelle s'allume une LED ?
- 8) Quelle est l'impédance de sortie du GBF ?
- 9) Quel est le circuit que l'on utilise pour mesurer la capacité dans un RC série? Quelle résistance ne faut-il pas utiliser?