

TP 9 – Utilisation d’une photodiode ; impédances d’entrée et de sortie

Matériel : $R = 10\text{ k}\Omega$ ($\times 2$), $R = 5\text{ M}\Omega$ ($\times 2$), résistance variable (jusqu’à $10\text{ M}\Omega$), photodiode, multimètre, GBF, oscilloscope, ordinateur avec carte d’acquisition et logiciel Latis Pro.

Objectifs : Se familiariser avec les mesures en électronique, tracer une caractéristique et en déduire l’exploitation d’un capteur de lumière, étudier l’existence et l’influence des résistances d’entrée et de sortie.

I Capteur de luminosité

Cette partie propose de construire un capteur de luminosité, c’est-à-dire un montage dont la tension de sortie est proportionnelle à la luminosité. Ce type de montage est utile par exemple dans les appareils photographiques, dans les téléphones qui adaptent la luminosité de l’écran en fonction de la luminosité ambiante, ou dans des détecteurs d’obscurité du type de ceux qui commandent l’allumage des phares de voiture lorsque la nuit tombe.

I.1 Mesure de la caractéristique d’une photodiode

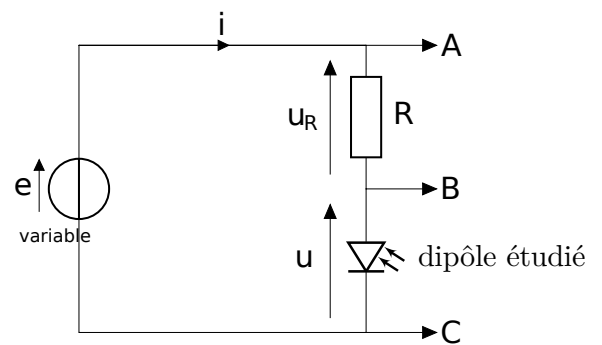
Nous utilisons pour cela une photodiode. Nous étudions d’abord ce composant en traçant sa caractéristique.

On alimente donc le dipôle avec une tension variable (alternative par exemple) et on trace la tension aux bornes du dipôle en fonction du courant qui le traverse.

La tension aux bornes de la photodiode sera mesurée à l’aide de la carte d’acquisition. Quant au courant, on le mesurera en visualisant une tension aux bornes d’une résistance, proportionnelle au courant qui la traverse.

La caractéristique visualisée est appelée caractéristique dynamique. Elle peut dépendre de la fréquence de la tension alternative.

On prendra $R = 1\text{ k}\Omega$ et une tension sinusoïdale de fréquence $f = 100\text{ Hz}$, d’amplitude quelques volts.



- 1 - Quel est le lien entre la tension u_R et le courant i ? On en déduit qu’il suffit de visualiser u_R pour avoir une grandeur proportionnelle à l’intensité.
- 2 - Tracer la caractéristique de la photodiode à l’aide d’une acquisition pilotée par le logiciel Latis Pro. La période étant de $1/f = 10\text{ ms}$, on prendra par exemple une acquisition de 50 ms et 500 points.

On branchera le point A sur EA0, le point B sur EA4, et on utilisera Latis Pro en mode différentiel afin qu’il affiche $EA0 - EA4$. De même on branchera le point B sur EA1 et le point C sur EA5, et on fera afficher $EA1 - EA5$.

Faire une acquisition (bouton “play” en haut, ou F10), et tracer $EA0 - EA4$ en fonction du temps, et $EA1 - EA5$ en fonction du temps. Puis ouvrir une nouvelle fenêtre, et faire glisser les grandeurs pour tracer finalement i en fonction de u .

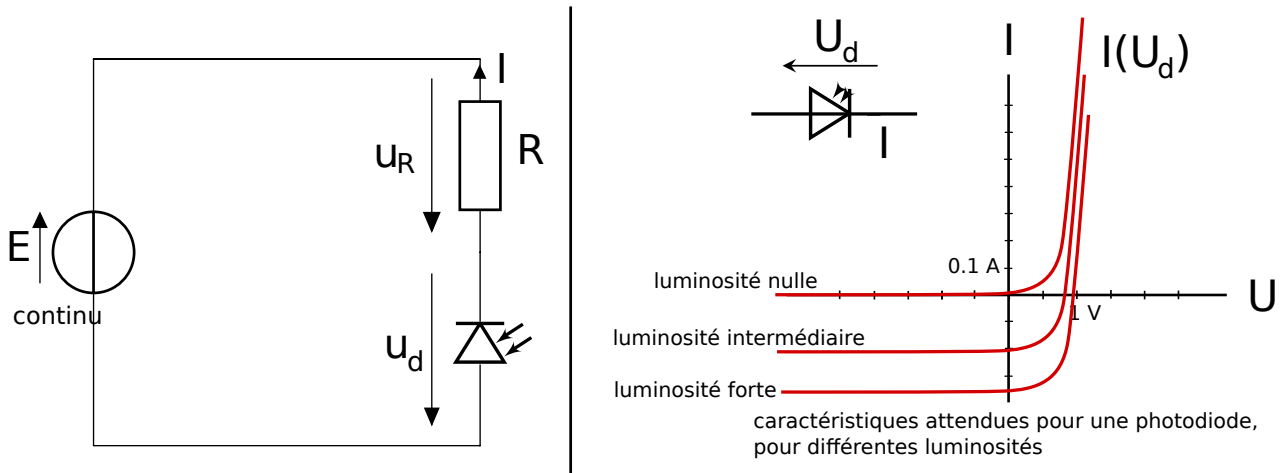
On tracera une caractéristique avec la photodiode cachée, et au moins deux autres avec des luminosités différentes.

I.2 Exploitation du capteur

L'étude précédente permet d'identifier la grandeur photosensible de la photodiode : il s'agit de l'intensité qui la traverse lorsqu'elle est en mode "bloqué". On admet ici qu'il y a proportionnalité entre ce courant et l'intensité lumineuse.

L'objectif est maintenant de faire un montage dans lequel une tension (mesurée simplement au voltmètre) sera proportionnelle à la luminosité. On propose le montage ci-dessous.

Attention, tension et courant aux bornes de la photodiode sont repérés comme dans la partie précédente afin que sa caractéristique soit la même. Il en résulte que le générateur est en convention récepteur, ce qui n'est pas important tant qu'on ne fait pas de bilan de puissance.



3 - Montrer à partir du circuit ci-dessus à gauche qu'on a l'équation $u_d(I) = -E - rI$.

Sur le graphique ci-dessus à droite, tracer l'allure de la droite d'équation $U = -E - rI$.

En déduire le point de fonctionnement du circuit. On fera ceci pour une luminosité intermédiaire.

Comment évolue le point de fonctionnement pour d'autres luminosités ?

4 - Réaliser le montage. On prendra $E = 2\text{ V}$ (tension continue), et $r = 10\text{ k}\Omega$.

La grandeur de sortie qui varie en fonction de la luminosité est la tension aux bornes de r . Est-elle bien variable en fonction de la luminosité ? Relever quelques valeurs.

II Masse et terre d'un circuit

- La masse d'un circuit est le point de référence où la tension est nulle.
- La terre est un dispositif de sécurité présent sur certains appareils. Au niveau d'une prise électrique, la terre est la broche centrale qui dépasse. Elle est reliée au sol du bâtiment (d'où son nom de "terre").

Sur les appareils protégés, leur carcasse métallique et leur masse sont reliés à ce fil de terre. Ainsi, si un fil sous tension est dénudé et vient par erreur toucher la carcasse métallique d'un appareil, alors un courant peut s'écouler vers la terre et donc être détecté par un disjoncteur différentiel placé en tête de circuit du tableau électrique. Sans ce dispositif, le courant s'établira lorsque quelqu'un touche l'appareil, en l'électrocutant...

Dans les appareils protégés, la masse est reliée à la terre.

5 - Mettre en marche un GBF et un oscilloscope. Vérifier à l'aide d'un ohmmètre en mode sonore que la masse du GBF est reliée à la prise de terre. Faire de même avec la masse de l'oscilloscope. Conséquence : vérifier que les masses de l'oscilloscope et du GBF sont reliées.

Masse commune

La masse du GBF et les masses de toutes les voies de l'oscilloscope sont reliées entre-elles.

→ On utilisera uniquement des fils noirs partant de ces masses. En respectant ceci, on sait que tous les fils noirs sont reliés entre eux, et on ne fait pas d'erreurs de court-circuits.

- 6 - On reprend le schéma de mesure de la caractéristique de la photodiode. Est-il possible de mesurer U_d et U_r à l'aide des deux voies de l'oscilloscope ? On expliquera pourquoi avec un schéma.

Remarque : Certains appareils sont à "masse flottante", c'est-à-dire que leur masse n'est pas reliée aux autres. C'est le cas de certains GBF ou alimentations continues, d'une pile, ou d'un voltmètre.

Il existe également des sondes différentielles pour oscilloscope qui permettent d'éviter les problèmes de masses communes en permettant d'avoir un fonctionnement analogue à la carte d'acquisition.

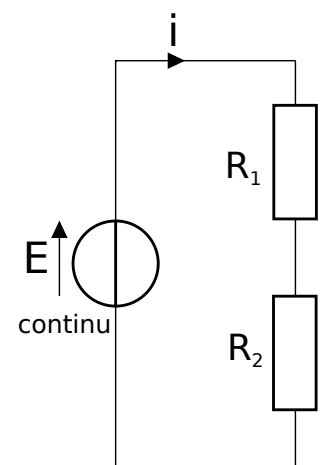
III Étude des résistances d'entrée et de sortie des appareils

III.1 Résistance d'entrée d'un voltmètre

Rôle de la résistance d'entrée

On considère le montage ci-contre.

- 7 - Proposer un moyen de mesure de la tension aux bornes de R_2 à l'aide d'un voltmètre. On le fera apparaître sur un schéma.
- 8 - On prend $R_1 = R_2$ que l'on note R . Qu'elle est l'expression de la tension aux bornes de R_2 en fonction de E ?



La résistance d'entrée R_V d'un voltmètre est une caractéristique importante puisqu'elle conditionne la façon dont l'appareil perturbe ou non le circuit dans lequel il est inséré. R_V est la résistance "vue" par un courant entrant dans l'appareil, le voltmètre est donc équivalent à une résistance R_V .

- 9 - Remplacer le voltmètre par une résistance R_V sur votre schéma. Donner l'expression de la tension mesurée par le voltmètre en fonction de E , R_1 , R_2 et R_V .

À quelle condition sur R_V cette tension est-elle environ égale à la tension aux bornes de R_2 en l'absence du voltmètre ?

Voltmètre idéal

On considère un voltmètre idéal si sa résistance d'entrée est très grande devant les résistances mesurées.

Ceci implique qu'il est équivalent à un interrupteur ouvert, et donc qu'il ne perturbe pas le circuit.

Il en est de même pour tout appareil de mesure de tension : oscilloscope, carte d'acquisition.

- 10 - Faire le montage précédent avec $R_1 = R_2$ (noté R), E tension continue, et mesurer U_{R_2} dans le cas où R est petit, puis grand. Noter vos observations. Sont-elles en accord avec les considérations des questions précédentes ?

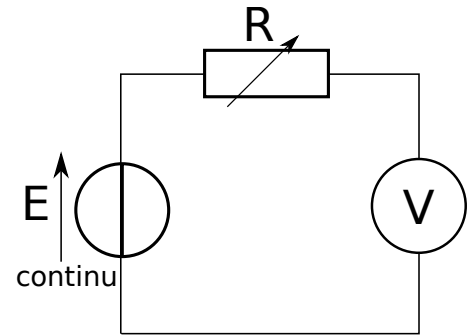
Mesure de la résistance d'entrée du voltmètre

On propose ici de mesurer la résistance d'entrée R_V d'un voltmètre.

11 - Côté expérience :

Faire le montage correspondant au schéma ci-contre en prenant $E = 5\text{ V}$ (continu), une boîte à décades de résistances pour R (en prenant uniquement les gros calibres) et le voltmètre.

Mesurer la tension $u = U_0$ aux bornes du voltmètre, quand $R = 0$. Puis déterminer la résistance R permettant d'obtenir une tension égale à $u = U_0/2$.

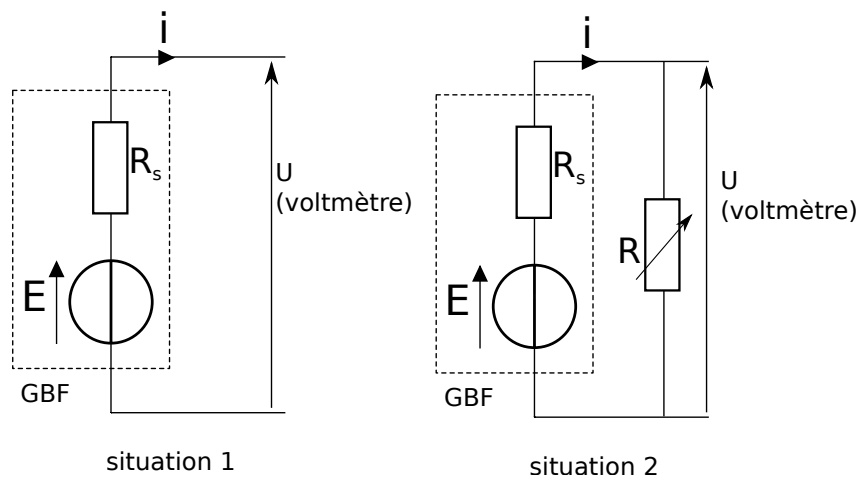


12 - Côté théorie : Modéliser le voltmètre par une résistance R_V . Comment s'écrit la relation entre u mesuré par le voltmètre et E ?

En utilisant le fait qu'on s'est placé tel que $u = U_0/2$, en déduire la valeur de R_V du voltmètre.

III.2 Résistance de sortie d'un GBF

Le GBF n'est pas une source idéale de tension : c'est une source de tension que l'on peut modéliser par un générateur de Thévenin caractérisé par une fem E et une résistance de sortie R_s .



13 - Côté expérience :

Situation 1 : mesurer à l'aide du voltmètre la tension E aux bornes d'un GBF (GBF en continu réglé sur 5 V).

Situation 2 : placer une boîte à décades de résistances R (en prenant uniquement les petits calibres) aux bornes du GBF et déterminer la résistance R permettant d'obtenir une tension égale à $E/2$ aux bornes de cette résistance R .

14 - Côté théorie :

Situation 1 : donner l'expression de U en fonction de E .

Situation 2 : donner l'expression de U en fonction de E , R_s et R .

En exploitant le fait que dans la situation 2, on s'est placé tel que $U = E/2$, en déduire la valeur de R_s du GBF.

Cette résistance de sortie peut avoir une influence sur un circuit connecté en aval si les résistances présentes dans le circuit sont petites devant R_s . On retiendra donc qu'il faut R_s grand devant la résistance équivalente au reste du circuit.