

**Notes :** Il est nécessaire de montrer toutes les valeurs mesurées dans des tableaux clairement identifiés. Tout en demeurant bref, **justifiez** vos réponses en expliquant votre démarche et méthodologie.

## Objectifs

- Étudier les caractéristiques de différents types de diodes à semi-conducteur
- Concevoir des circuits utilisant les diodes
- 

## Travail préparatoire

**Un rapport de préparation doit être remis au début de la première séance de laboratoire.**

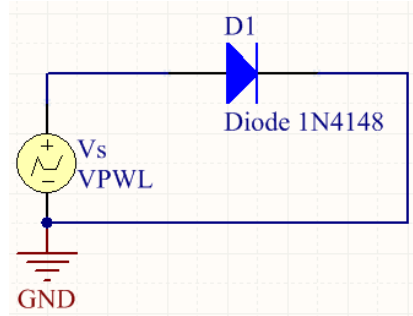
### Fiche technique

<https://www.fairchildsemi.com/datasheets/1N/1N914.pdf>

- 1.1. Lisez** la fiche technique de la diode à jonction 1N4148 pour en extraire les principaux paramètres ( $V_F$ ,  $I_R$ ) à 25 °C.
- 1.2. Calculez** la résistance équivalente en direct ( $r_D$ ) lorsque la tension à ses bornes est  $V_F$ . **Montrez** vos calculs.
- 1.3. Extrayez** toutes les courbes de la tension directe en fonction du courant à 25 °C.

### Altium Designer

- 1.4. Réalisez** le circuit suivant sur Altium designer et **simulez** son fonctionnement.



**Paramètres :** Operating Point Analysis et Transient Analysis

**Durée de simulation :** 2.0 s

**Pas de calcul :** 8 ms

**Modèle de la source :** Piecewise linear -> 0 s = 0V et 2 s = 2V

**Tracez** la courbe du courant en fonction de la tension (du temps) et l'inclure dans votre rapport. Puis, avec les curseurs, **mesurez** le courant pour un voltage de 500 mV, 600 mV, 650 mV, 700 mV, 800 mV et 850 mV. **Calculez** la résistance équivalente en direct ( $r_D$ ). **Comparez** avec les valeurs de la fiche technique et **observez** la courbe.

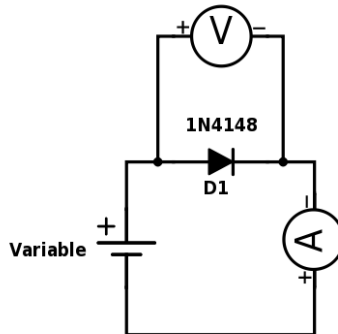
**Commentez** sur vos observations. Quel modèle Altium utilise-t-il ?

**Fin du travail préparatoire**

## Expériences au laboratoire

### 2. Diodes à jonction PN

**2.1. Réalisez** le montage suivant pour mesurer la tension  $V_D$  et le courant  $I_D$  dans différentes conditions.



**IMPORTANT :** Limitez le courant de la source à 100 mA

**Mesurez** le courant dans le circuit pour des tensions  $V_D$  de 500 mV, 600 mV, 650 mV, 700 mV, 750 mV et le plus proche possible de 800 mV. **Tracez** la courbe du courant en fonction de la tension  $V_D$  et **commentez** sur les différents modes de conduction observés sur le graphique.

**Calculez** la résistance équivalente en direct  $r_D$  de la diode 1N4148 en utilisant les tensions de 600 mV et 700 mV et leur courant. Puis, en utilisant le modèle linéaire par segments, **calculez** la tension de seuil de la diode.

**2.2. Calculez** le coefficient d'émission  $n$  de la diode avec les valeurs à la tension 0.6 et 0.7 V.

**Utilisez** l'équation suivante :

$$n = \frac{V_2 - V_1}{V_T \ln\left(\frac{I_2}{I_1}\right)}$$

Où  $V_T = \frac{kT}{q} = 25.7 \text{ mV}$  à 25 °C

**Comparez** la valeur obtenue avec la valeur théorique pour les diodes discrètes.

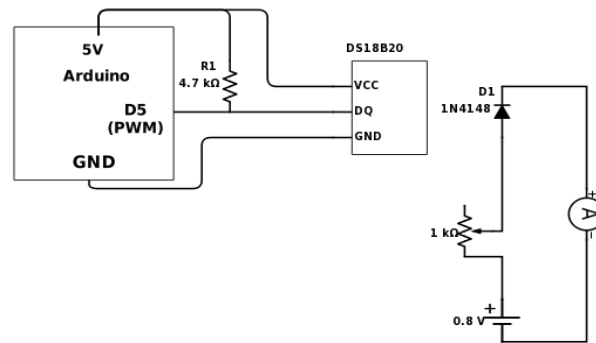
**2.3. Mesurez** le courant de fuite  $I_F$  pour une valeur de  $V_D$  de -20 V. Pour la mesure du courant et de la tension, gardez le même montage qu'au numéro **2.1**.

**2.4. Comparez** les données présentes dans la fiche technique avec la simulation et les résultats pratiques. Finalement, **commentez** les différents modèles utilisés pour modéliser le comportement d'une diode. **Nommez** leurs avantages et leurs inconvénients.

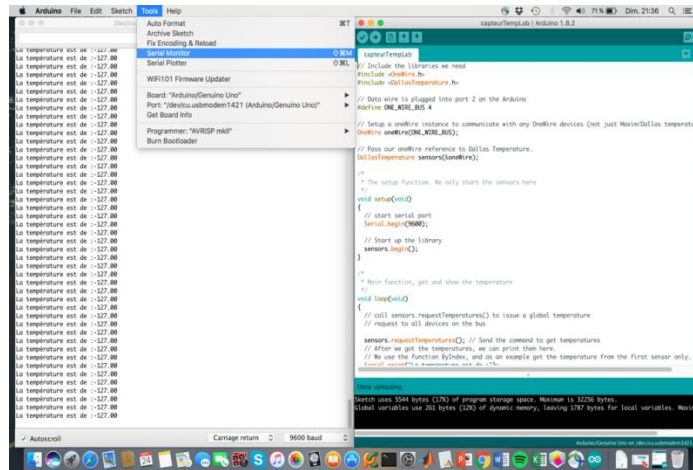
### 3. Effets de la température sur la diode à jonction PN

Fiche technique : <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>

Réalisez le montage suivant et installez le code contenu dans le fichier **capteurTempLab.ino** sur l'Arduino.



Ouvrez le moniteur série dans l'environnement de développement Arduino. Vous devriez normalement voir la température s'afficher.



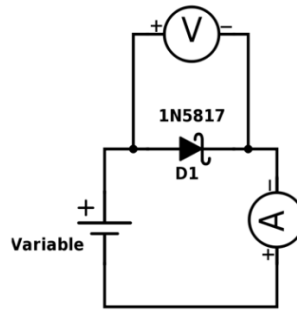
Ajustez le rhéostat afin de mesurer un courant  $i_D$  de 50 mA. **Notez** la valeur du courant, la valeur de la température et la tension  $V_D$  aux bornes de la diode.

**3.1. Demandez** au technicien ou au dépanneur de venir vérifier votre montage et de refroidir votre diode. En ajustant le rhéostat, tentez d'obtenir un courant stable proche de 50 mA, puis **mesurez** la tension  $V_D$  et **notez** la température actuelle de la diode. Faites le plus de mesure possible. **Refaites** l'expérience à deux autres reprises.

**3.2.** Sur le même graphique, **dessinez** la courbe de la tension en fonction de la température pour un courant stable pour les trois expériences. En théorie, on s'attend à observer une pente de  $-2\text{mV}/^\circ\text{C}$ , mais en pratique vous devriez observer un résultat différent. L'important ici est d'observer l'effet de la température sur la diode.

## 4. Diode Schottky et le redressement

Réalisez le montage suivant :

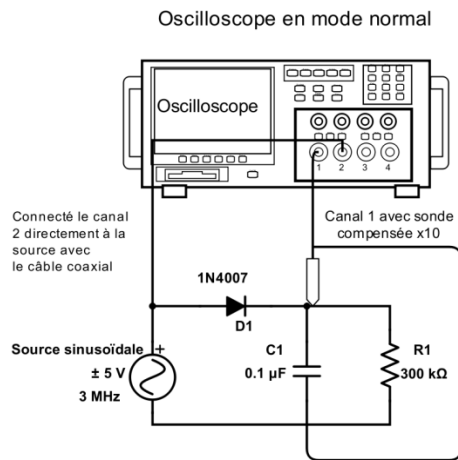


**4.1. Mesurez** la tension  $V_D$  en direct pour deux valeurs différentes de  $I_D$ , soit 1 mA et 10 mA. Pour ce faire, **ajustez** la source  $V_{cc}$  pour obtenir le courant  $I_D$  désiré.

**4.2. Mesurez** le courant de fuite  $I_F$  pour une valeur de  $V_D$  de -20 V. Pour la mesure du courant et de la tension, gardez le même montage qu'au numéro précédent.

**4.3. Calculez** la résistance équivalente en direct  $r_D$  de la diode 1N5817 et sa tension de seuil. **Montrez** vos calculs.

**4.4. Réalisez** le montage suivant :



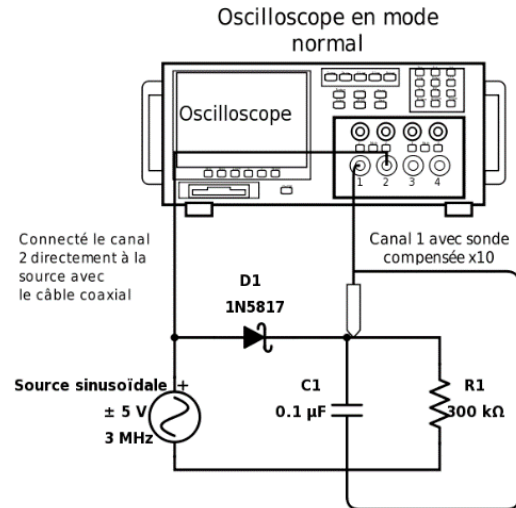
**Observez** à l'oscilloscope les formes d'ondes de la tension  $V_{C1}$ . **Mesurez** la valeur moyenne et la valeur crête à crête de la tension  $V_{C1}$  et de la tension  $V_S$ .

**Expliquez** la fonction du circuit et son fonctionnement. **Sauvegardez** les deux formes d'ondes pour les **insérer** dans votre rapport.

**4.5. Modifiez** la résistance en parallèle avec la capacité par une résistance de 100  $\Omega$  et **mesurez** la valeur moyenne et la valeur crête à crête de  $V_C$ . Qu'observe-t-on ? **Expliquez** ce phénomène.

**4.6. Remplacez** la diode 1N4007 par la diode Schottky 1N5817 et **observez** les formes d'ondes de la tension  $V_{C1}$  et la tension de la source  $V_S$ . **Mesurez** la valeur moyenne et la valeur crête à crête de la tension  $V_C$  et de la tension  $V_S$ . **Sauvegardez** les deux formes d'ondes pour **insérer** dans votre rapport.

**Quels changements** observez-vous par rapport au montage utilisant la diode 1N4007 ? **Expliquez** ces différences. (Indice : haute fréquence)

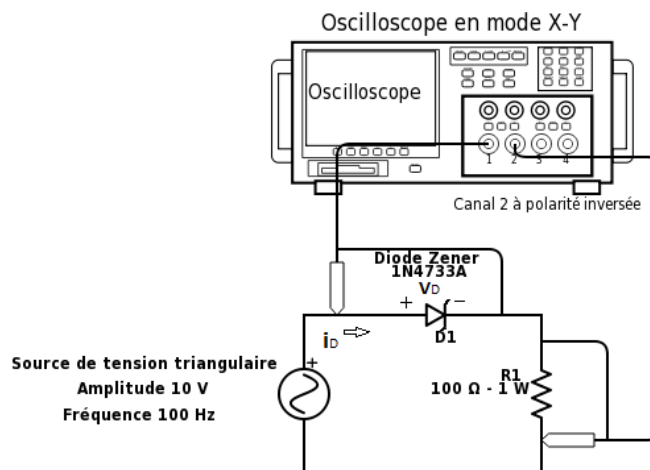


**4.7. Modifiez** la résistance en parallèle avec la capacité par une résistance de 100  $\Omega$  et **mesurez** la valeur moyenne et la valeur crête à crête de  $V_c$ . Qu'observe-t-on ?

**4.8. Comparez** la diode à jonction PN avec la diode Schottky. **Nommez** deux avantages et un inconvénient dans l'utilisation d'une diode Schottky par rapport à une diode classique.

## 5. Diode Zener

**5.1. Réalisez** le montage suivant pour tracer la caractéristique  $I(V)$  de la diode Zener sur l'oscilloscope.



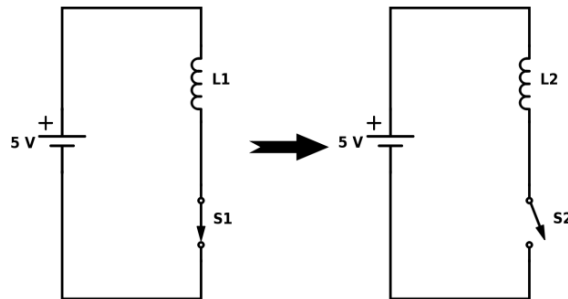
**IMPORTANT : Mettre l'oscilloscope en mode X-Y**

**Ajustez** les échelles des deux canaux pour obtenir sur l'écran une courbe caractéristique  $I(V)$  de la diode. **Sauvegardez** la caractéristique  $I(V)$  de la diode 1N4733A pour **mettre** dans le rapport. **Commentez** la courbe obtenue.

## Applications

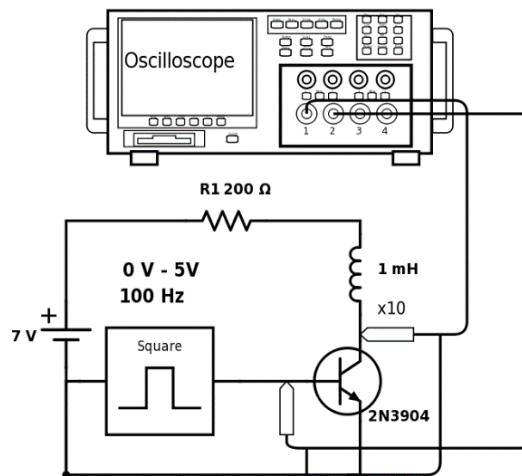
### 6. Protection

Observez le circuit suivant :



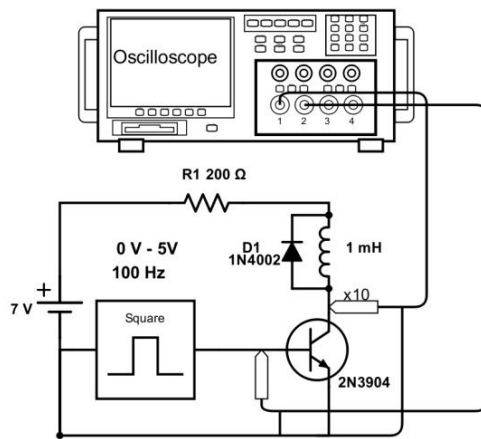
**6.1.** Considérant que l'interrupteur est fermé depuis très longtemps, **expliquez** le comportement de la charge inductive lorsqu'on ouvre l'interrupteur. En détaillant votre démarche avec des équations, **expliquez** quel est le danger dans ce circuit ?

**6.2.** **Réalisez** le circuit suivant et faites la mesure à l'oscilloscope qui est indiqué sur le montage. Il est bien important d'utiliser votre **sonde compensée 10x** sur le canal 1. **À noter** : le transistor est utilisé comme interrupteur, mais vous n'avez pas besoin de comprendre son fonctionnement pour répondre aux questions.



**Sauvegardez** les deux courbes pour les inclure dans votre rapport. **Mesurez** l'amplitude des pics de tension.

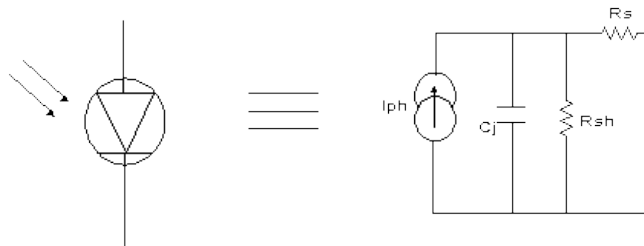
**6.3.** **Ajoutez** la diode 1N4002 de protection au montage et refaites le numéro 5.2. **Commentez** sur vos observations. **Expliquez** la fonction de la diode dans ce circuit.



**6.4.** Comment la tension est affectée aux bornes de l'inductance si on augmente la fréquence de commutation et pourquoi voudrait-on ajouter une résistance en série avec la diode ? (Indice : On peut considérer la diode en conduction comme une résistance dont la valeur est petite)

## 7. Détection de l'intensité lumineuse

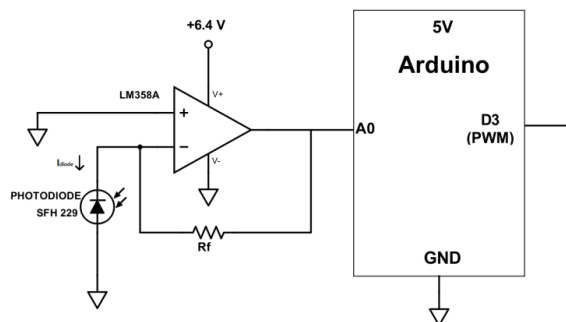
L'objectif est de détecter l'intensité lumineuse dans une pièce, afin de contrôler l'éclairage. Pour ce faire, vous utiliserez une photodiode afin de connaître l'intensité lumineuse. Le fonctionnement d'une photodiode est simple. En effet, lorsqu'un semi-conducteur est exposé à de la lumière, si l'énergie absorbée est suffisamment grande, le matériau libère des électrons. Plus le matériau est exposé, plus il libère des électrons. Ce qui permet de considérer la photodiode comme une source de courant avec le modèle suivant :



<https://www.abcelectronique.com/divers/dossiers/photodetecteurs/chap3.phtml>

On nomme ce phénomène l'effet photoélectrique interne et son explication par Albert Einstein en 1905 lui a valu le prix Nobel de physique en 1921. Ainsi, en utilisant le montage suivant il est possible de mesurer l'intensité lumineuse grâce à l'Arduino :

**7.1.** Réalisez le montage suivant :



La tension de sortie de l'amplificateur opérationnel est limitée entre 0 V et 5 V.

La valeur de la résistance  $R_f$  est de **330 kΩ**. Selon la luminosité dans la pièce, vous pouvez ajuster la résistance entre 100 kΩ et 470 kΩ.

**7.2. Mesurez** le courant généré par la photodiode dans trois situations. Premièrement, **couvrez** la photodiode avec votre main. Deuxièmement, **laissez** la photodiode à l'intensité normale de la pièce. Finalement, **illuminez** la photodiode avec une **source lumineuse**, par exemple, la lampe de poche d'un téléphone cellulaire. Le signe du courant n'est pas important.

**Reportez** les résultats dans un tableau. **Commentez** sur le courant observé lorsque la photodiode n'est pas exposée à la lumière.

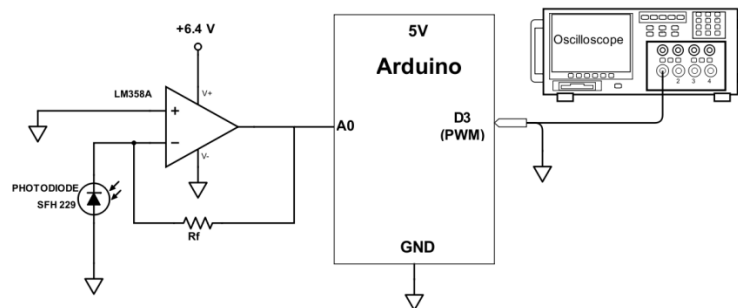
**7.3.** Sachant que l'Arduino mesure une tension au point A0,

$$V_o = -R_f * I_{diode}$$

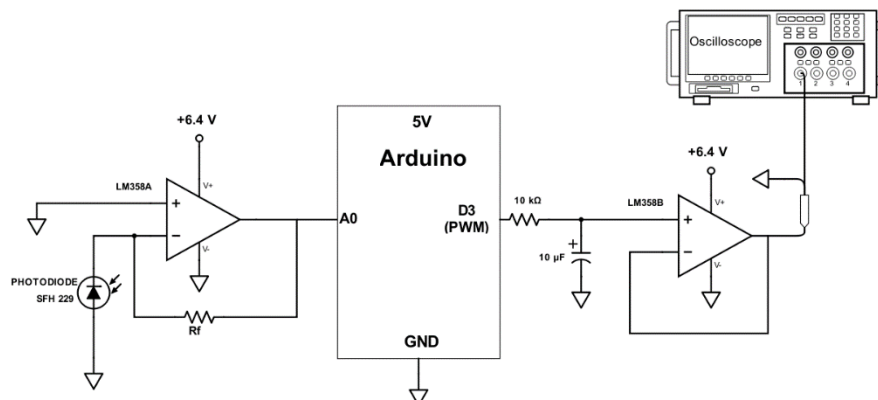
**Expliquez** pourquoi on observe une variation de la tension au point A0 en fonction de l'intensité lumineuse. **Pourquoi** faut-il utiliser une très grande résistance dans ce circuit ?

### Circuit de filtrage

**7.4. Observez** la variation du signal PWM à l'oscilloscope, ainsi que l'effet qu'a le changement d'intensité lumineuse sur le rapport cyclique du signal. Pour ce faire, **réalisez** le montage ci-dessous et **mesurez** à l'oscilloscope le signal dans les trois cas suivants. Premièrement, **couvrez** la photodiode avec votre main. Deuxièmement, **laissez** la photodiode à l'intensité normale de la pièce. Finalement, **illuminez** la photodiode avec une **source lumineuse**, par exemple, la lampe de poche d'un téléphone cellulaire. Dans les trois cas, **capturez** la forme d'onde pour l'inclure dans votre rapport avec les mesures de la tension moyenne et de la tension crête à crête.



**7.5. Réalisez** le montage du filtre, puis **répétez** l'analyse des trois cas du numéro précédent. N'oubliez pas d'inclure les formes d'ondes avec les mesures dans votre rapport.

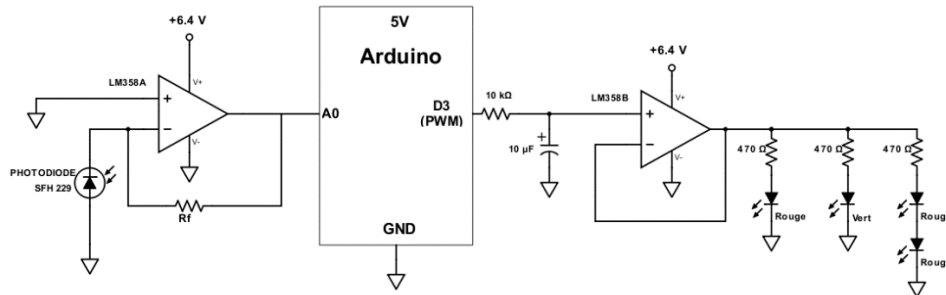




## Circuit d'éclairage

**7.6. Identifiez** la tension de seuil des diodes électroluminescentes vertes et rouges à l'aide du multimètre. **Écrivez** la valeur dans votre rapport. **Note** : Les multimètres du laboratoire offrent une fonction permettant la mesure directe de ces tensions de seuil.

**7.7. Réalisez** le montage suivant. **Important !!!** : Afin de ne pas briser vos DEL, vous devez placer une résistance de  $470\ \Omega$  en série avec chaque DEL ou groupe de DELs.



L'amplificateur opérationnel agit comme une isolation d'impédance (tampon) entre l'étage du filtre et l'étage de sortie. Ainsi, l'impédance du filtre n'affecte pas le circuit de diodes. **Expliquez** pourquoi il est nécessaire d'utiliser un tampon dans le circuit suivant. (Indice : Diviseur de tension)

**7.8. Augmentez** progressivement la tension aux bornes des DELs en jouant sur l'exposition à la lumière de la photodiode. Lorsqu'une DEL ou un groupe de DELs commence à allumer, **mesurez** approximativement la tension aux bornes de la DEL ou du groupe de DELs. **Présentez** les résultats dans un tableau et **répondez** aux questions suivantes :

1. Les résultats obtenus concordent-ils avec les résultats attendus selon les tensions mesurées au numéro 7.6 ?
2. Quel serait un des effets de l'augmentation des résistances de  $470\ \Omega$  sur le fonctionnement du circuit ?

**Note** : Si vous n'êtes pas capable de stabiliser la tension aux bornes des DELs, vous pouvez utiliser le circuit suivant à la place :

