

Caractérisation des Plastiques par Spectroscopie Infrarouge

Ce projet, d'initiative scolaire et écocitoyenne, a pour but la différenciation de différents matériaux plastiques au quotidien. Pour y parvenir, l'objectif est de d'obtenir des valeurs d'absorption pour des longueurs d'onde bien choisies qui nous permettent de créer un spectre artificiel, à comparer avec des spectres connus.

- [Présentation du projet](#)
- [Liste des Matériaux](#)
- [Etapas](#)
 - [Manipulation Through Hole](#)
 - [Synthèse de la PCB](#)
 - [Récupération des données](#)
- [Journal de Bord](#)

Présentation du projet

Introduction

Suite à la nécessité grandissante d'un recyclage efficace, les premiers acteurs sont les ménages. En effet, ils se situent au début de la chaîne de tri et peuvent donc faciliter le travail de différenciation précis de centre de tri. Pour cela, on se propose de conceptualiser un appareil simple d'utilisation qui permet à tous de caractériser un plastique d'un autre.

Pour cela, on utilisera la spectroscopie infrarouge car, l'une des caractéristique des matériaux plastiques est leur réponse à une exposition à une lumière infrarouge. Pour ce qui est de l'acquisition de données on utilise une simple Arduino qui analyse des différences de tension. A l'avenir, il peut-être intéressant de concevoir une IA probablement plus efficace avec assez d'entraînement.

Ce projet est mené par Eliott CORNEC et Emeric BAHA, deux étudiants en deuxième année de classe préparatoire sommés de présenter ce projet en oraux d'admission. Nous pouvons être contactés à l'adresse : eliott.cornec@gmail.com

Ce projet est en cours depuis novembre 2022.

Description du protocole

Pour rappel, l'objectif est de pouvoir différencier différentes réponses infrarouges d'un matériau suite à une exposition à une longueur d'onde donnée. C'est en cela que consiste le travail de la photodiode.

Cependant, les différences étant quasi imperceptibles, on amplifie le courant de la photodiode et on obtient une tension en sortie sur la carte Arduino. Les résultats actuels sont interprétés qualitativement, l'objectif à terme étant de laisser l'Arduino interpréter les résultats par elle même.

Ci-dessous un article décrivant un projet similaire à celui que nous menons :

https://www.researchgate.net/publication/337868860_Identification_of_Plastic_Types_Using_Discrete_Near_Infrared_Reflectance_Spectroscopy

De plus, pour ce qui est d'une explication plus approfondie de la spectroscopie, nous avons utilisé les recherches de Madame Severine Turpin, chapitre 2 (

<https://theses.hal.science/tel00270241/document>)

Liste des Matériaux

- Photodiode InGaAs :

1300nm, <https://www.mouser.fr/ProductDetail/193-MTPD1346D-150> (Mouser)

-LEDs infrarouges :

940, <https://fr.farnell.com/vishay/tsal6200/emetteur-infrarouge-940nm-t-1/dp/3152856?ost=tsal6200>

1060, <https://www.mouser.fr/ProductDetail/193-MT51060-IR>

1200, <https://www.mouser.fr/ProductDetail/193-MTE1200N5>

1300, <https://fr.farnell.com/osa-opto-light/eold-1300-525/emetteur-infrarouge-1300nm-t-1/dp/2313506>

1650 <https://www.mouser.fr/ProductDetail/193-MTE5016-525-IR>

-Arduino

-Amplificateur Linéaire Intégré

-Résistances et condensateurs

Etapas

Etapas

Manipulation Through Hole

Pour commencer, nous nous assurons de ne pas brûler les LEDs. Pour cela on utilise simplement les datasheets et la loi d'Ohm. Une résistance et une LED sont branchées en série sous 5V et donc avec l'intensité à ne pas dépasser mentionnée sur la datasheet on en déduit les valeurs des résistances à utiliser pour ne pas dépasser cette intensité.

On trouve :

900

1060

1200

1250

1450



1650

Dans un deuxième temps, nous réalisons un montage qui permet de convertir l'intensité débitée par la photodiode (qui dépend de la longueur d'onde reçue) et de l'amplifier.

Par la suite, une fois ce montage réalisé, l'étude spectroscopique peut commencer. Nous mettrons en place un système fermé (c'est-à-dire sans lumière ambiante) dans lequel les LEDs pourront émettre sur un plastique qui réfléchira certaines longueurs d'onde, ce " qu'analysera " la photodiode. Pour cela, nous pensons adopter une représentation circulaire, les 8 LEDs entourant la photodiode de manière équidistante avec un angle de $\pi/4$ entre chacune d'entre elle.

Cette étape sera complétée lorsque l'on obtiendra des spectres relativement satisfaisant vis-à-vis des spectres déjà connus.

Etapas

Synthèse de la PCB

Cette étape à pour objectif de clarifier le schéma électrique et faciliter son fonctionnement, en vue d'une utilisation efficace de notre outil de différentiation. Seulement, certains composants restent à préciser avec notamment le remplacement de la carte Arduino jusqu'ici liée à l'ordinateur.

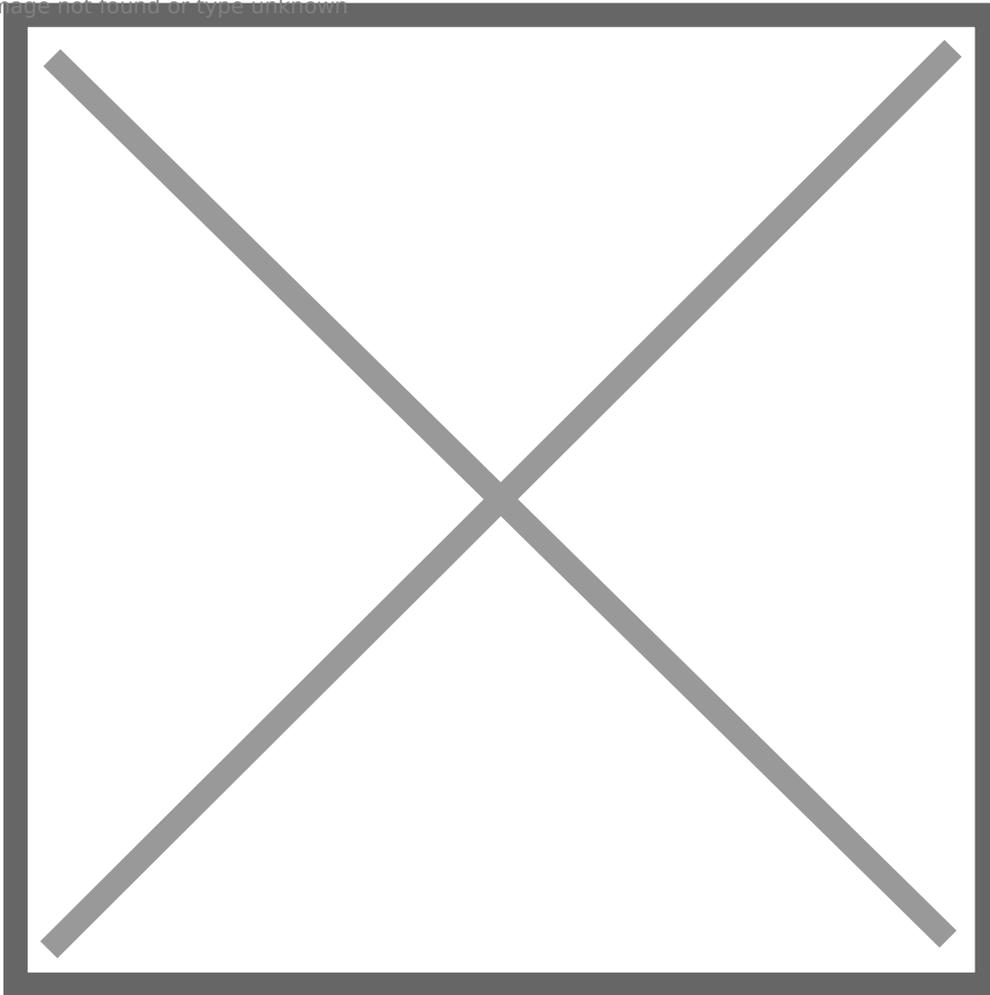
Pour ce qui est du schéma Kicad, les données OpenSource de Jerry DeVos forment une bonne base qu'il nous faudra cependant adapter. <https://github.com/Plastic-Scanner/DB2.x-Hardware/tree/main/PCB/PCB%20KiCad>

Etapes

Récupération des données

Ce chapitre se divise en deux étapes, d'une part la récupération active des données obtenues lors des manipulations Through Hole qui consistent simplement en la déduction des longueurs d'onde absorbées par le plastique et donc en une synthèse sommaire de son spectre. Pour l'exemple voici le spectre de plastiques fondamentaux autour desquels se base notre étude :

Image not found or type unknown



Pour caractériser l'HDPE on s'intéressera fortement à la réponse que fourni le matériau suite à l'envoi d'une entrée à 1200nm par exemple.

Dans un second temps, nous souhaitons optimiser ce processus de tri majoritairement en accélérant la phase d'interprétation des données. Pour cela on peut créer une intelligence artificielle faible, c'est-à-dire entraînée simplement à une seule tâche qui serait de déduire rapidement le matériau à différencier. Cela peut prendre un certain temps en raison des

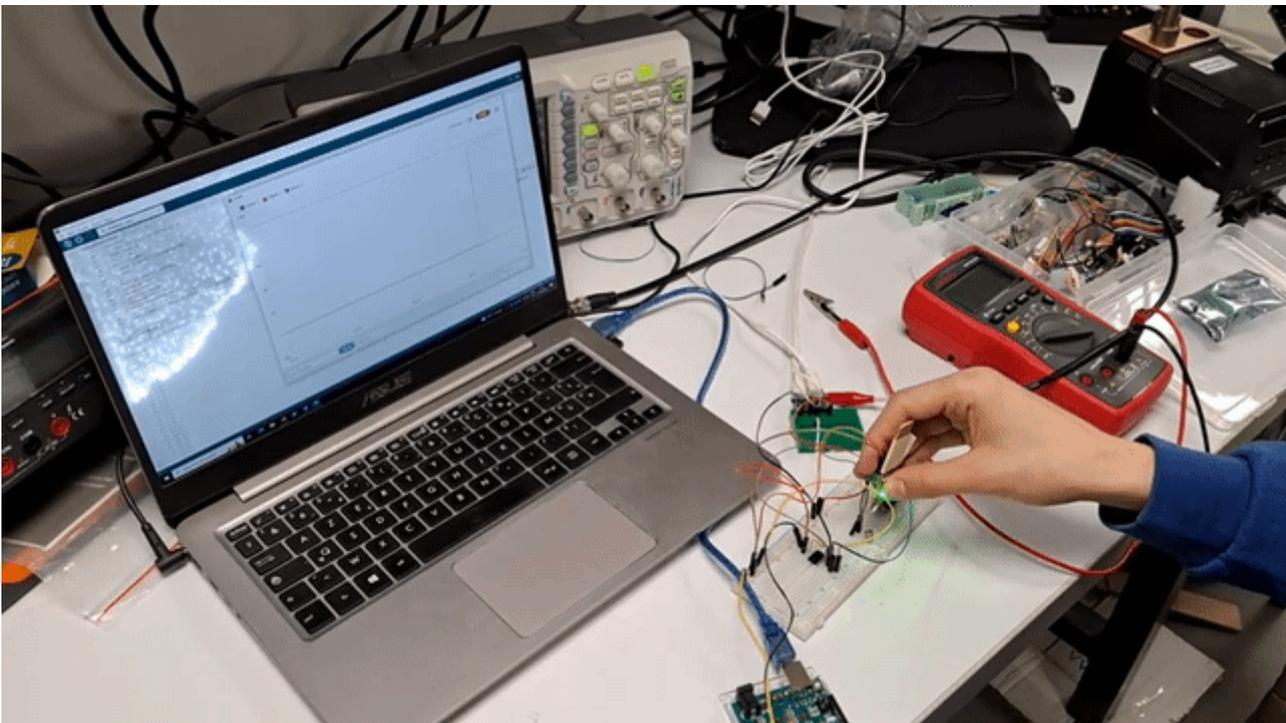
nombreuses données à fournir à l'IA

Journal de Bord

21/03/2023 :

Aujourd'hui, comme prévu, nous avons corrigé l'erreur de l'alimentation de l'amplificateur opérationnel. Il s'agissait d'une amplification symétrique plutôt que d'une amplification simple. Ainsi, grâce à un montage avec une résistance en rétroaction sur la borne E- et l'anode de la photodiode sur la borne E+ on peut observer sur la carte Arduino des valeurs exploitables en sortie de l'ALI.

Exemple :



Cependant, on peut remarquer sur cet exemple un plafond très clair que nous devons prendre soin de ne pas atteindre car on ne peut donc pas connaître exactement l'issue de l'expérience (on en déduit simplement que la valeur obtenue est supérieure au plafond).

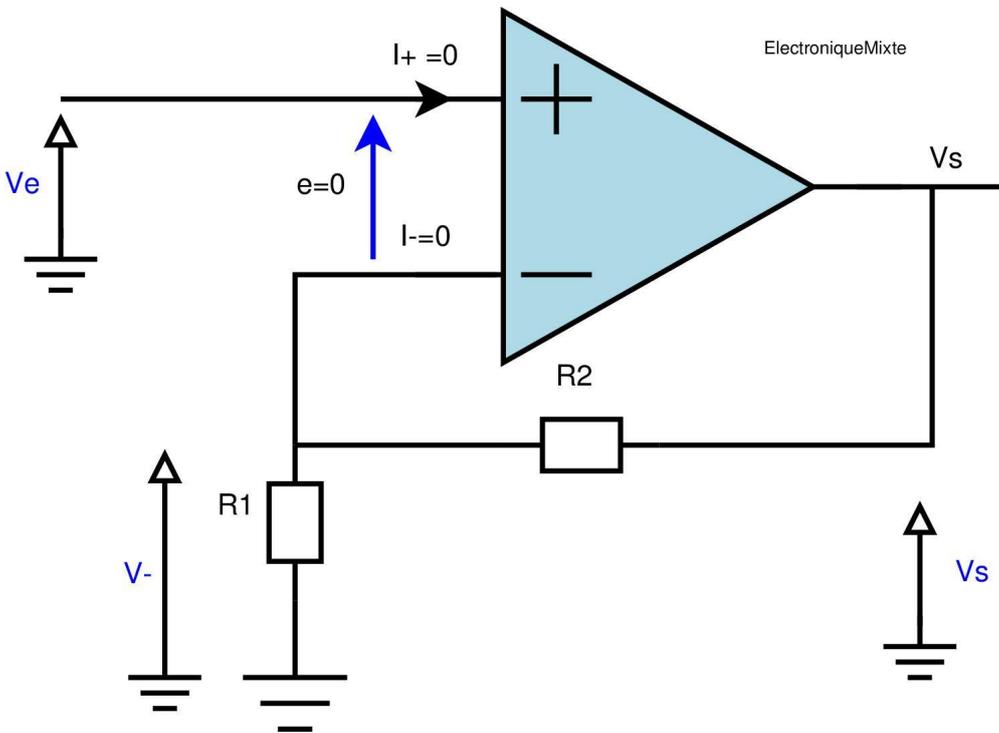
De plus nous avons pu constater que l'intensité de la réponse dépend évidemment de l'angle sous lequel les faisceaux parviennent à la diode. Néanmoins, une marge est largement tolérable, la configuration escomptée (diode au milieu des LEDs et plastique à environ 5cm) semble toujours être la plus optimale.

Ainsi, lors de la prochaine séance, nous nous appliquerons à ne pas atteindre le plafond en question afin de passer au plus vite à l'acquisition de données.

14/03/2023 :

Nous avons réalisé un montage avec une photodiode qui débite dans une résistance pour mesurer l'amplification nécessaire pour obtenir une tension exploitable sur l'Arduino. Avec ce montage simple, nous obtenons une tension d'environ 0.19V aux bornes de la résistance quand la photodiode est exposée à une lumière blanche, cette valeur est bien trop faible pour nos critères.

On a donc essayer d'amplifier cette tension à l'aide d'un montage amplificateur non inverseur donc le schéma est ci contre

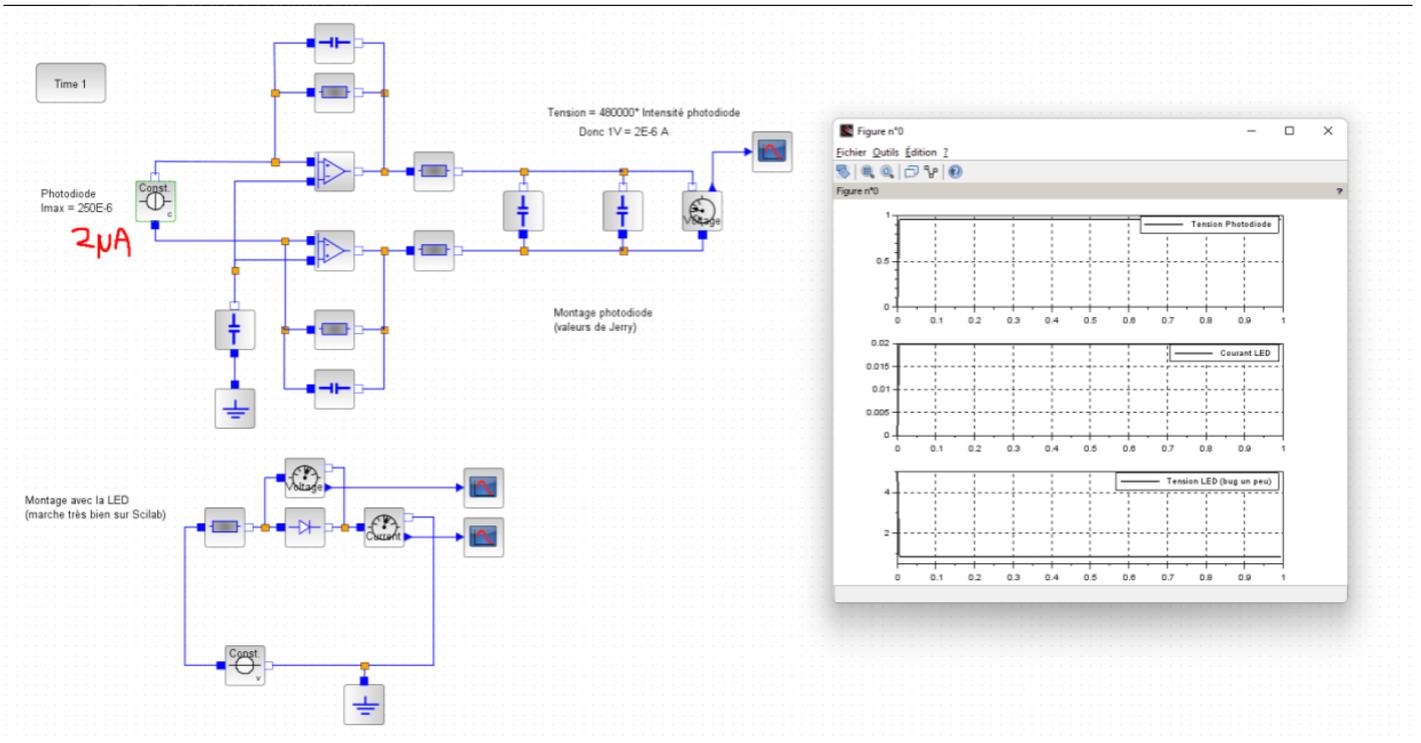


Mais malheureusement la tension à la sortie de notre montage ne correspondait pas à la valeur attendue théorique. Nous pensons que cela est peut être du à l'alimentation de l'Op-Amp qu'on a réalisé à l'aide de l'arduino sur les ports +5V et GND.

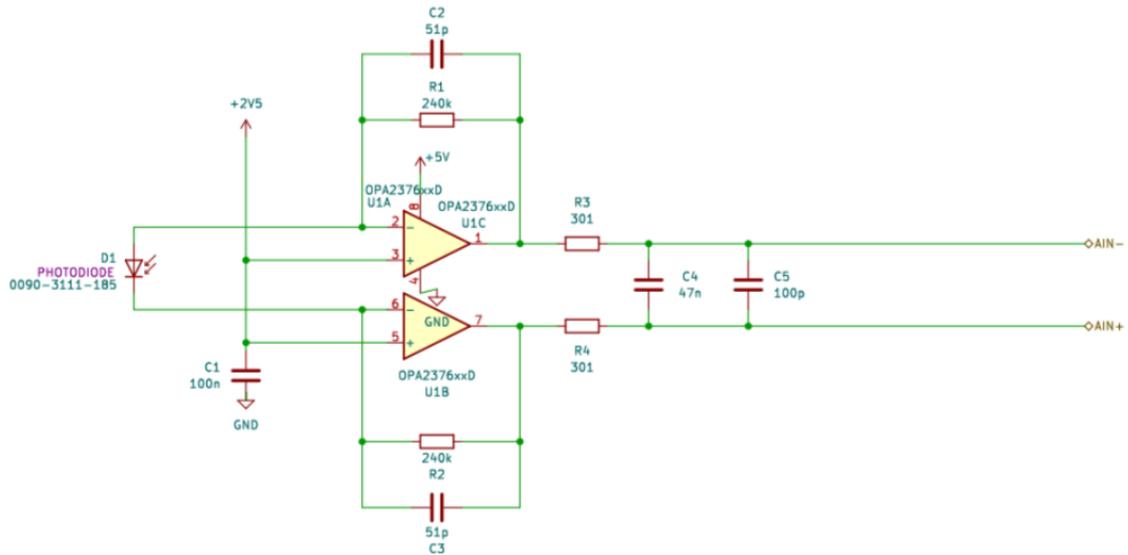
La prochaine fois nous essayerons de brancher ce montage avec une alimentation externe délivrant une tension +5V et -5V.

Début 2023 :

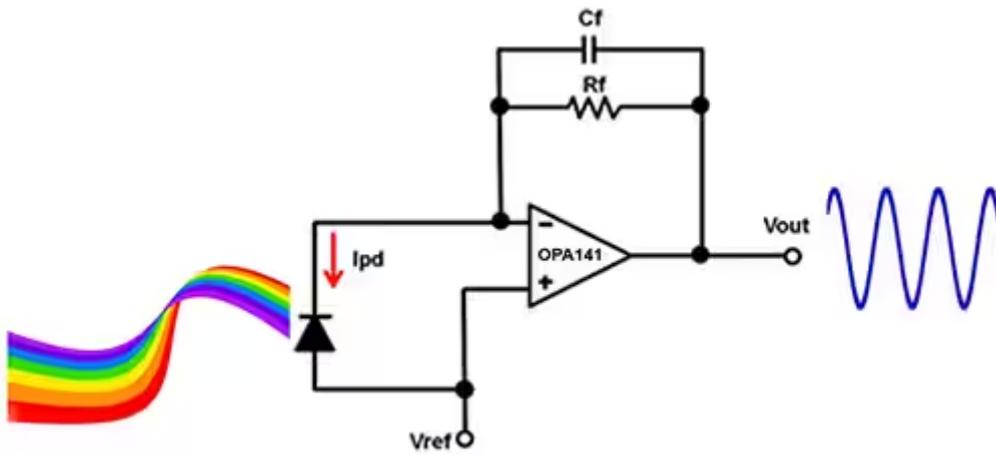
- Suite à nos premières recherches sur le sujet notre attention s'est portée sur les travaux très aboutis de Jerry de Vos (<https://plasticscanner.com/about/>) duquel nous nous sommes tout d'abord inspiré. Nous avons donc pris le temps de faire quelques simulations ci-jointes.



Nous avons alors tenté de reproduire un montage électrique similaire à celui-ci, qui mesure une différence de tension amplifiée en sortie (amplifiée car on rappelle que l'on souhaite amplifier la sortie afin de pouvoir avoir une différenciation plus précise).



Ce montage fait partie de la catégorie des amplificateurs trans-impédance (TIA en anglais) qui ont pour rôle de convertir une intensité d'entrée en une tension amplifiée de sortie, cela correspond exactement à notre objectif. Cependant, malgré les informations collectées, un problème persiste, nous pensons qu'il s'agit de l'alimentation de l'amplificateur opérationnel.



Bien sur, nous avons pris le soin, en parallèle d'adapter la valeur des résistances en série avec les LEDs afin de ne pas les dépasser le courant maximum permis, cette partie est détaillée dans l'étape "Manipulation Trough Hole".

- En dehors de nos manipulations hors du FabLab nous avons pu vérifier la cohérence de cette première approche. Comme nous pouvons l'observer ici, la photodiode réagit comme attendu à une excitation lumineuse. Cependant, il faut toujours amplifier cette tension...

Image not found or type unknown

