

## TP n° 9

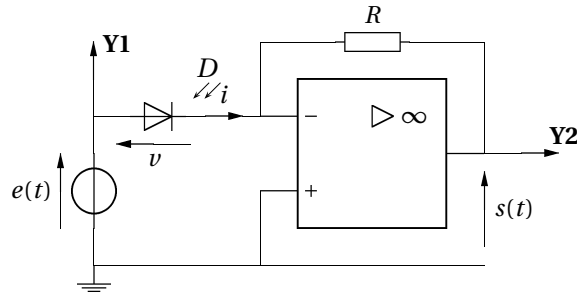
## Polarisation : loi de Malus

## 1 — Étude de la photodiode

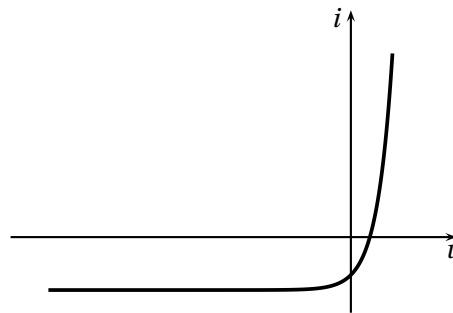
Les données de l'oscilloscope seront enregistrées sur ce même répertoire.

## 1.1 Caractéristique de la photodiode

On réalise le montage :



1. La voie Y2 indique la tension  $s = -Ri$ . Il faut donc :
  - se placer en mode XY;
  - inverser le signe de la voie II.
2. Représentons la courbe d'équation  $i(v) = I_0(e^{v/a} - 1) - I_p$ .



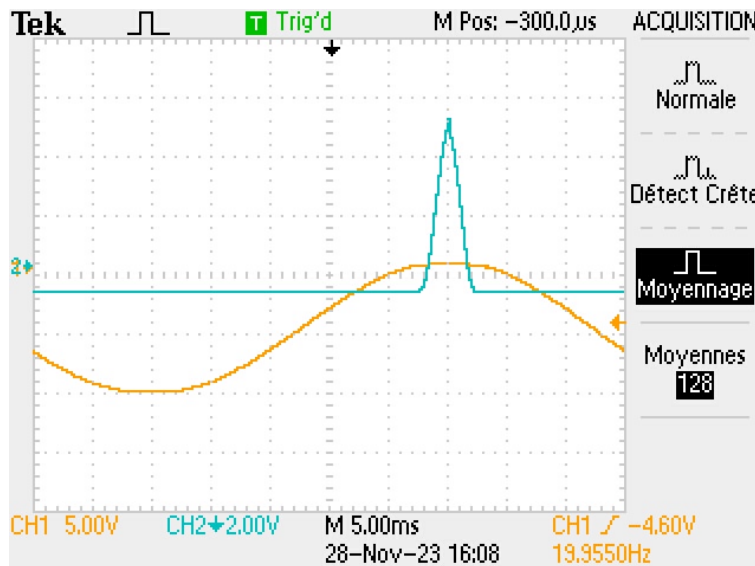
On a :

$$i(0) = -I_p, \quad i(v) \approx -I_0 - I_p \quad \text{pour } v \ll -a, \quad i(v) = 0 \quad \text{pour } v = a \ln \left( \frac{I_p}{I_0} - 1 \right).$$

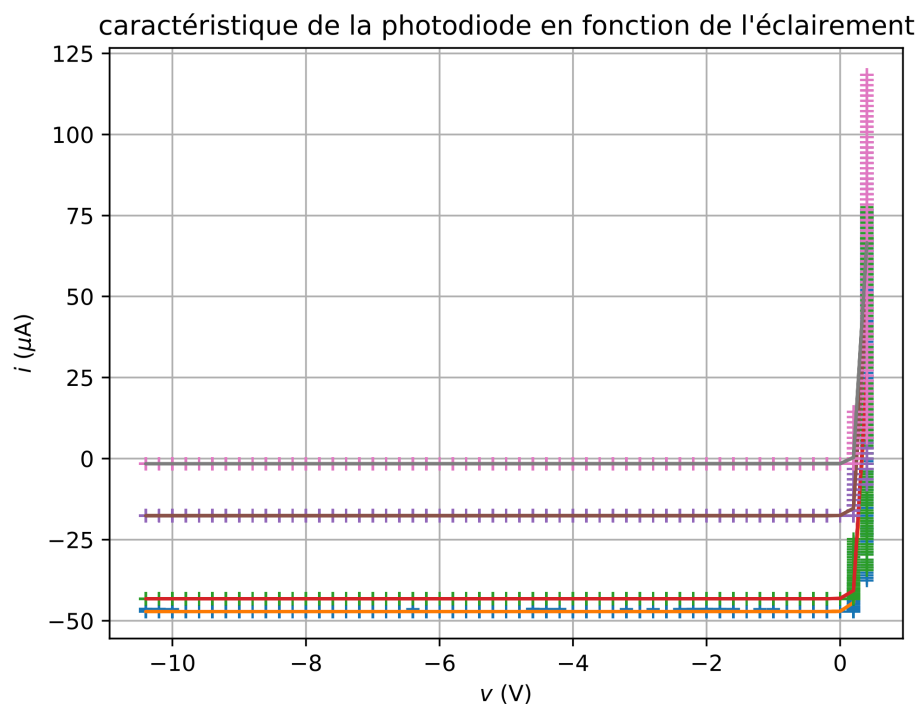
3. Quand l'intensité lumineuse éclairant la photodiode augmente, le courant de la diode polarisée en sens inverse (quand  $v < 0$ ) diminue (la partie horizontale se décale vers le bas).

Le paramètre  $I_p$  dépend de l'éclairement lumineux.

4. Pour  $f = 20$  Hz, on règle la base de temps de façon à observer une période :



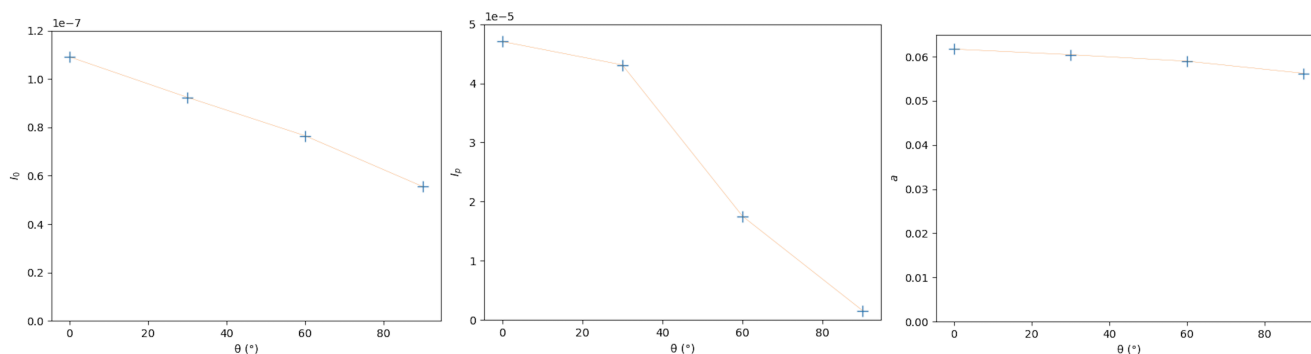
Tracé de la caractéristique pour 4 valeurs de l'éclairement, ainsi que des fonctions optimisées :



5. Valeurs des paramètres retournés par le programme :

paramètre	$I_0$	$I_p$	$a$
$\theta = 0^\circ$	$1,091\,792\,90 \times 10^{-7}$	$4,706\,667\,07 \times 10^{-5}$	$6,170\,826\,51 \times 10^{-2}$
$\theta = 30^\circ$	$9,243\,212\,27 \times 10^{-8}$	$4,311\,015\,53 \times 10^{-5}$	$6,044\,390\,74 \times 10^{-2}$
$\theta = 60^\circ$	$7,650\,497\,05 \times 10^{-8}$	$1,752\,561\,15 \times 10^{-5}$	$5,896\,515\,59 \times 10^{-2}$
$\theta = 90^\circ$	$5,542\,372\,85 \times 10^{-8}$	$1,546\,115\,85 \times 10^{-6}$	$5,621\,395\,46 \times 10^{-2}$

Évolution des paramètres avec  $\theta$  :



On voit que le paramètre  $I_p$  dépend fortement de  $\theta$ , ainsi que le paramètre  $I_0$  dans une moindre mesure, ce qui est en accord avec les observations qualitatives précédentes.

## 2 — Loi de Malus

### 2.1 Étude expérimentale

7. On relève la valeur de  $s$  pour diverses valeurs de  $\theta$  (de  $-90^\circ$  à  $90^\circ$  par pas de  $5^\circ$ ).

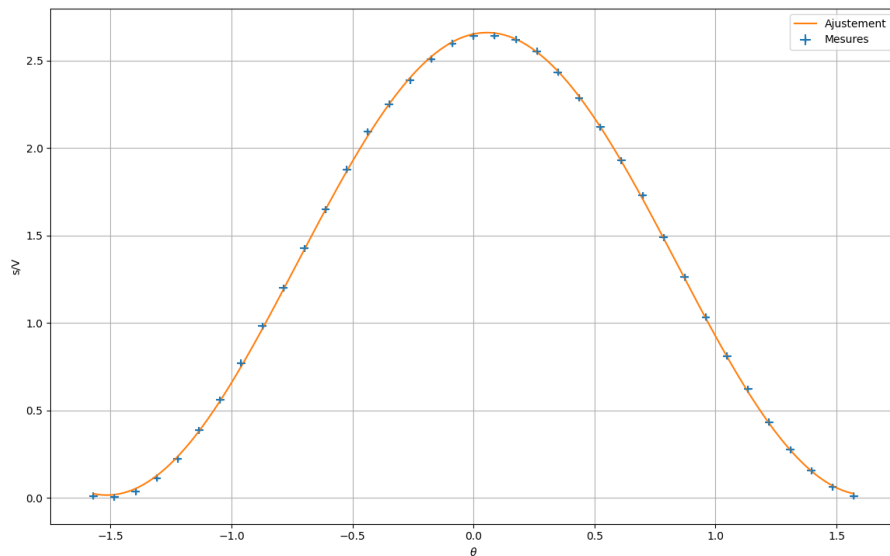
8. Le code de la fonction malus est

```
def malus(a,a0,s_0,s_1):
    s = s_1 + s_0*np.cos(a-a0)**2
    return s
```

On évalue les incertitudes de lecture à  $1^\circ$  pour les angles et 0,02 V pour les tensions :

```
u_theta = 1*np.pi/180      # incertitude type sur les angles - à compléter
u_s = .02                  # incertitude type sur les tensions - à compléter
```

Représentons les points de mesure ainsi que la courbe d'optimisation :



On obtient une courbe compatible avec la loi proposée.

Le programme reçu retourne les paramètres  $\theta_0 = 0,056^\circ$ , proche de 0;  $s_1 = 0,015$  qui prend en compte la luminosité ambiante et  $s_0 = 2,64$ .

## 2.2 Exploitation des mesures

9. En posant  $x = \cos^2(\theta - \theta_0)$  et  $y = \frac{s - s_1}{s_0}$ , la loi de Malus de Malus se ramène à  $y = x$ .

10. On a

$$u(\theta) = \left| \frac{dx}{d\theta} \right| u(x)$$

soit

$$u(\theta) = 2 |\sin(\theta - \theta_0)| u(x).$$

De même on obtient

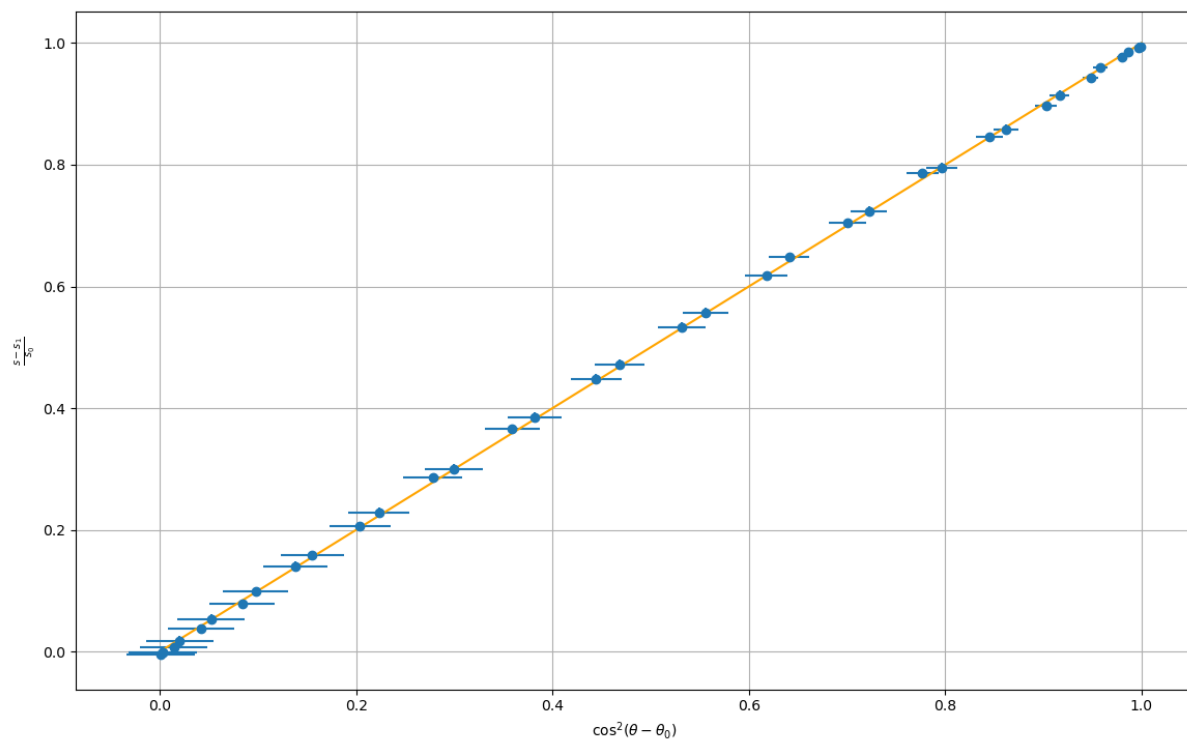
$$u(x) = \frac{u(s)}{s_0}.$$

11. On complète les lignes de code demandées :

```
y = (s-s_1)/s_0
u_y = u_s/s_0

x = np.cos(theta-theta_0)**2
u_x = np.abs(2*np.sin(theta-theta_0))*u_theta
```

Courbe retournée par le programme :



- La courbe optimisée est bien une droite de pente 1 comme attendu.
- Avec les marges d'incertitude, tous les points expérimentaux sont compatibles avec la loi de Malus.