

TP de physique n° 7

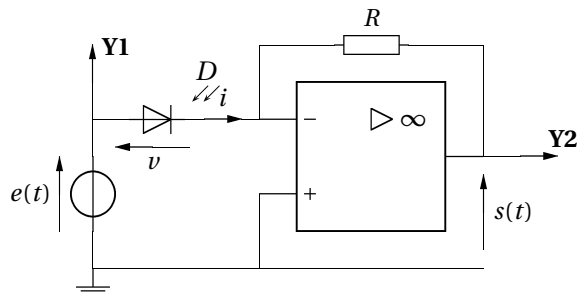
Polarisation : loi de Malus — correction

1 — Étude de la photodiode

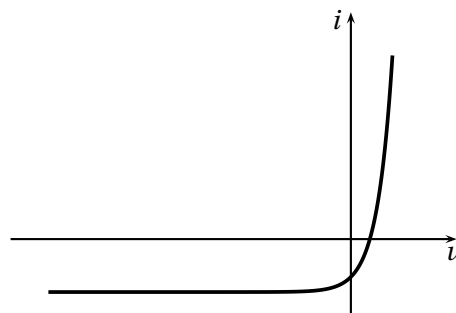
Les données de l'oscilloscope seront enregistrées sur ce même répertoire.

1.1 Caractéristique de la photodiode

On réalise le montage :



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



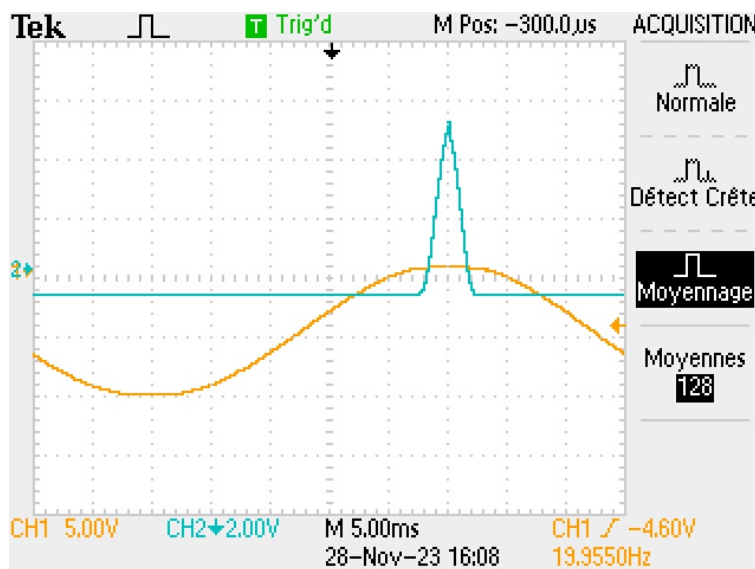
On a :

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

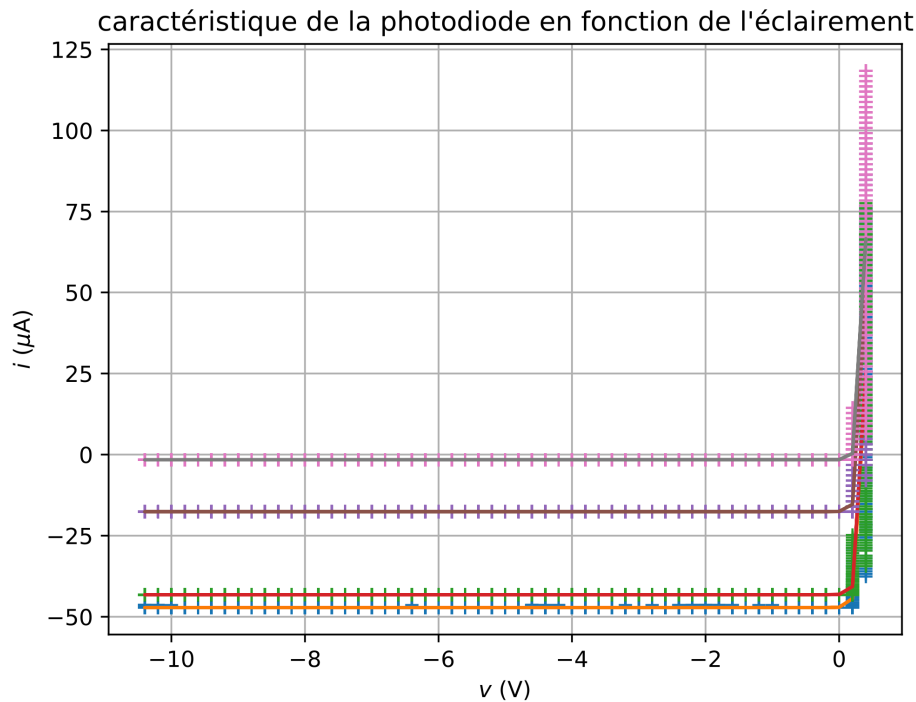
- Quand l'intensité lumineuse éclairant la photodiode augmente, le courant de la diode polarisée en sens inverse (quand $v < 0$) diminue (la partie horizontale se décale vers le bas).

Le paramètre I_p dépend de l'éclairement lumineux.

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



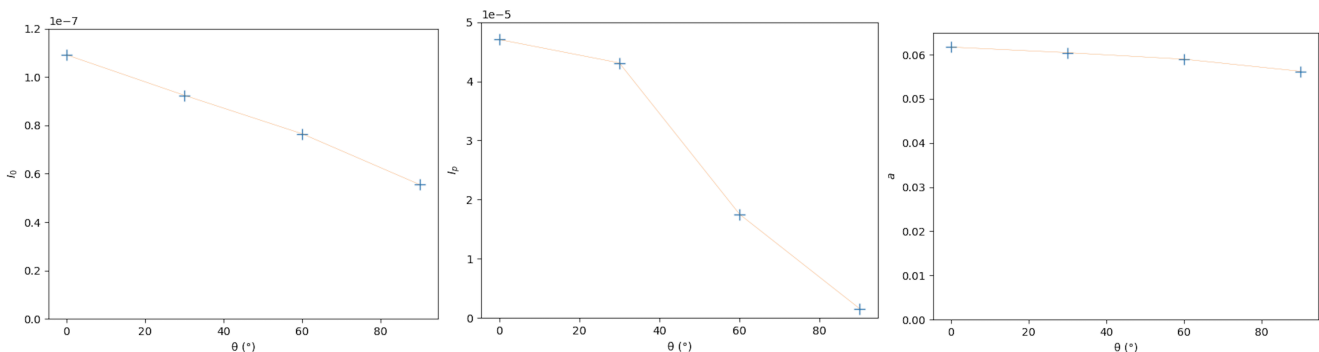
Tracé de la caractéristique pour 4 valeurs de l'éclairement, ainsi que des fonctions optimisées :



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 θ :



On voit que le paramètre I_p dépend fortement de θ , 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 θ (de -90° à 90° par pas de 5°).

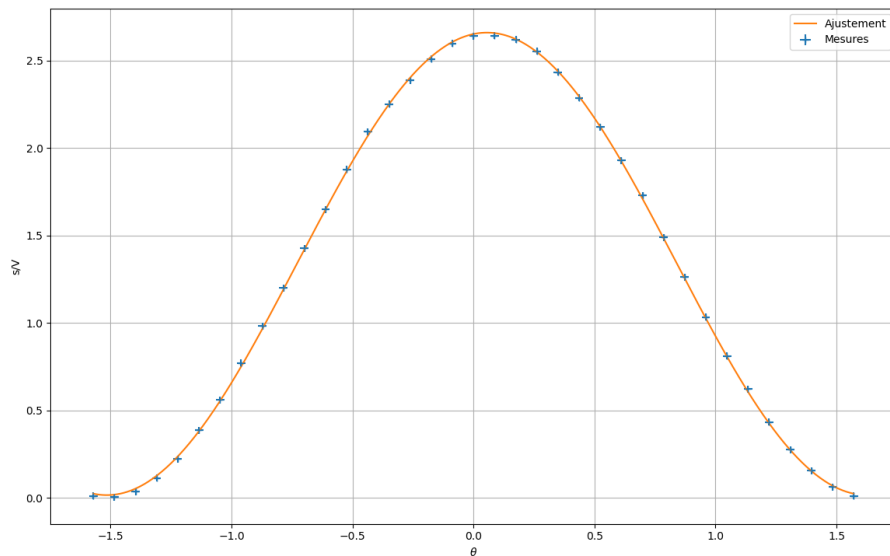
8. Le code de la fonction malus est

```
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° 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

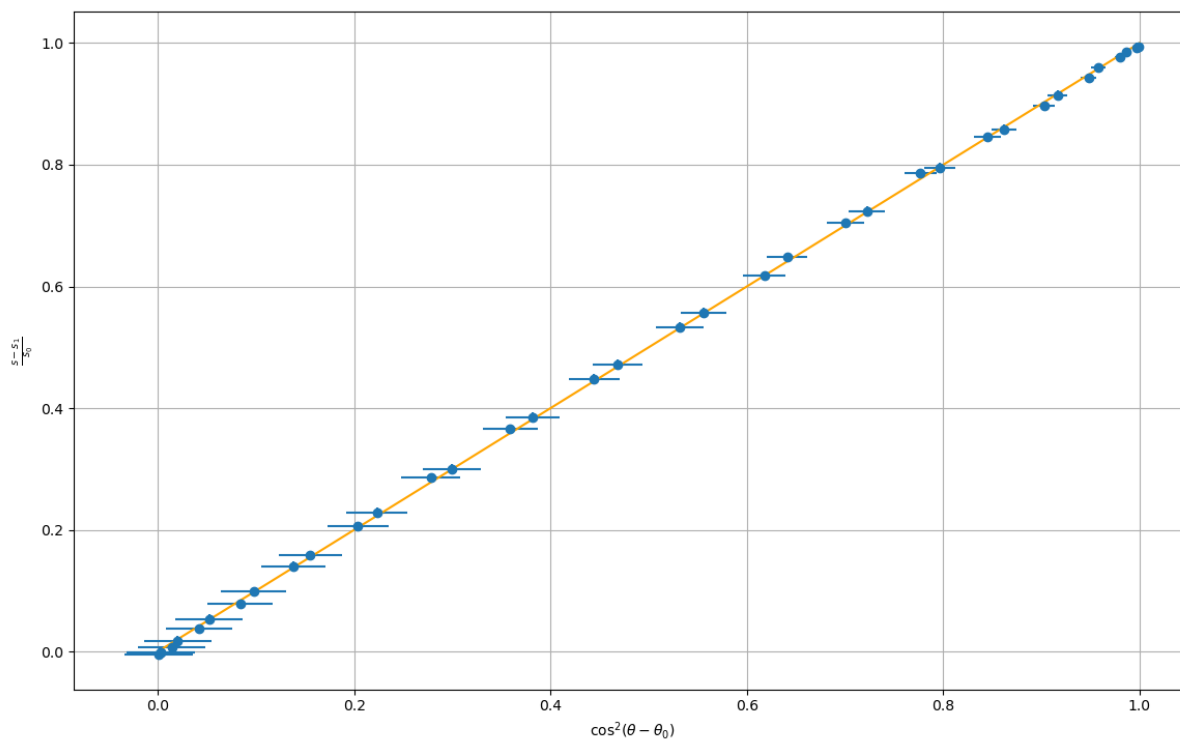
$$u(x) = \frac{u(s)}{s_0}.$$

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.