TP n° 2 de Physique
Lois de Descartes et incertitudes, suite

Introduction et objectif du TP

Une régression est la recherche par ordinateur de la courbe passant au plus près des points expérimentaux. Déterminer une régression permet de connaître le lien de comportement reliant deux grandeurs mesurées. Les régressions peuvent correspondre à tout type de courbes, mais on préfère en général utiliser des **régressions linéaires** (on devrait dire *affines*), c'est-à-dire des droites.

Nous allons dans cette séance de TP reprendre le matériel du TP n° 1 et réaliser un certain nombre de mesures dans le but de les analyser sur deux axes :
– la **comparaisons de deux résultats de mesure**
– la **réalisation d'une régression linéaire**
Pour chaque analyse, l'**évaluation des incertitudes** sera une notion centrale.

Vérification de la loi de la réfraction

On dispose d'une source de lumière réalisant un unique faisceau lumineux et d'un prisme hémicylindrique en plexiglas, fixé à un disque gradué en angle.
On choisit de considérer la réfraction lorsque la lumière passe du plexiglas vers l'air.

1 Préparation

$\boxed{\mathcal{P}1}$ Quel phénomène observe-t-on pour une incidence entre 40 et 45 degrés ? *Sur le compte-rendu : schéma !*

$\boxed{\mathcal{P}2}$ En déduire un protocole de mesure de l'indice de réfraction, différent de celui du TP n° 1.

$\boxed{\mathcal{P}3}$ Recopier et/ou compléter/modifier le protocole du TP n° 1 pour mesurer l'indice de réfraction du plexiglas **sur une mesure avec une incidence unique**.

2 Manipulations

Pour chaque manipulation, on notera clairement sur le compte-rendu les valeurs réellement mesurées, leur incertitude estimée, les valeurs calculées et leur incertitude-type obtenue par propagation.

$\boxed{\mathcal{M}1}$ Réaliser le protocole établi en question $\mathcal{P}2$ et mesurer l'indice du milieu.

$\boxed{\mathcal{M}2}$ Réaliser le protocole établi en question $\mathcal{P}3$ six fois, pour six valeurs d'incidence différentes entre 5 et 40 degrés. On notera bien toutes les valeurs et incertitudes associées, présentées sous forme de tableau.

3 Analyse numérique

Obtenir, dans des conditions différentes, un grand nombre de valeurs mesurées pour une même grandeur physique, nécessite de savoir si elles sont **compatibles**. On calcule alors l'**écart normalisé** (voir l'annexe).

$\boxed{\mathcal{A}1}$ À l'aide du script Python fourni, calculer les écarts normalisés entre vos sept mesures. Certaines mesures sont-elles incompatibles ?

Les six mesures réalisées à la question $\mathcal{M}2$ correspondent à des conditions différentes : elles ne permettent pas d'effectuer un traitement statistique de la variabilité (évaluation de type A, voir l'annexe du TP n° 1). On peut cependant les utiliser simultanément à l'aide d'une régression linéaire.

$\boxed{\mathcal{A}2}$ À l'aide du script Python fourni, calculer l'indice par une régression linéaire et l'incertitude associée.

$\boxed{\mathcal{A}3}$ Commenter cette mesure : est-elle compatible avec celle de la question $\mathcal{M}1$? Est-elle plus précise ?

Annexe : Compléments sur les incertitudes

1 Comparaison de deux résultats

Pour savoir si deux mesures d'une même grandeur sont compatibles, on utilise l'**écart normalisé** z (aussi appelé « z-score »). Il est défini par

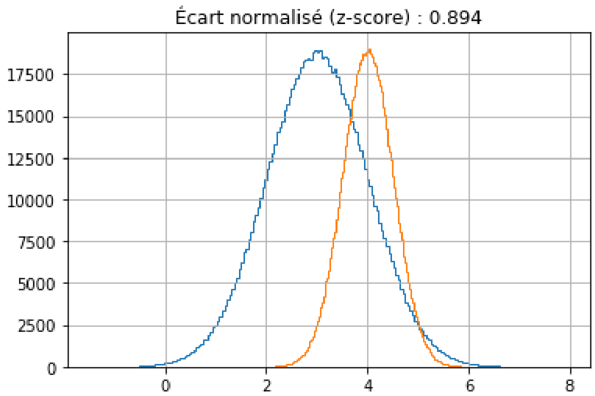
entre un résultat expérimental m et une valeur théorique x_{th},

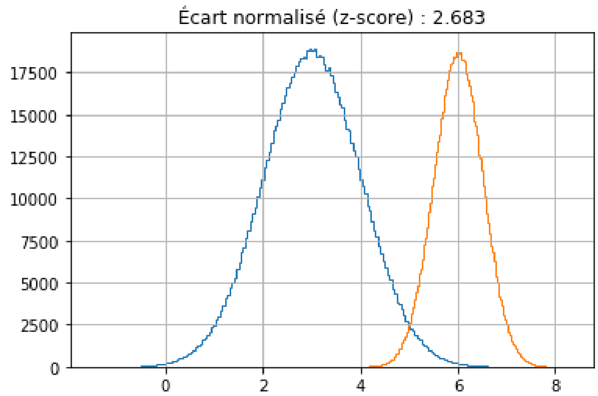
$$\boxed{z = \frac{|m - x_{\text{th}}|}{u(m)}}$$

entre deux résultats expérimentaux m_1 et m_2,

$$\boxed{z = \frac{|m_1 - m_2|}{\sqrt{u^2(m_1) + u^2(m_2)}}}$$

Cette valeur correspond graphiquement à l'éloignement des représentations des lois normales associées à chaque mesure. Ainsi, **deux mesures/valeurs sont supposées compatibles si** $\boxed{z < 2}$.





2 Régression linéaire

Pour prendre en compte les incertitudes lors d'une **régression linéaire à partir de n points** dont on connaît la définition statistique (moyenne et écart-type, à la fois en abscisse et en ordonnée), il est possible de **réaliser N fois l'algorithme** suivant (avec N grand, par exemple égal à 10000) :

- générer les n points de façon aléatoire
- calculer la régression linéaire correspondante
- récupérer le coefficient qui nous intéresse et en déduire la valeur cherchée

On aboutit ainsi à une **liste de N valeurs, que l'on peut traiter statistiquement** pour obtenir la moyenne (valeur finalement calculée) et l'écart-type (incertitude-type).

En Python, une régression linéaire peut être facilement obtenue par la fonction `polyfit` du module NumPy

```
import numpy as np
x = np.array([ ... ]) # liste de valeurs expérimentales
y = np.array([ ... ]) # liste de valeurs expérimentales
a, b = np.polyfit(x, y, 1) # 1 = degré du polynôme recherché
```

On obtient alors le coefficient directement dans la variable `a`, l'ordonnée à l'origine dans la variable `b`.
On peut aussi tracer simultanément les points expérimentaux et la régression linéaire à l'aide du code :

```
import matplotlib.pyplot as plt
plt.plot(x, y, 'x')
xfit = np.linspace(x[0], x[-1], 100)
yfit = a * xfit + b
plt.plot(xfit, yfit)
plt.show()
```