

Capacités numériques pour les TP

Notions et contenus	Capacités exigibles
1. Outils graphiques	
Représentation graphique d'un nuage de points. Représentation graphique d'une fonction. Courbes planes paramétrées.	Utiliser les fonctions de base de la bibliothèque <code>matplotlib</code> pour représenter un nuage de points, la courbe représentative d'une fonction ou une courbe plane paramétrée.
2. Équations algébriques	
Résolution d'une équation algébrique ou d'une équation transcendante : méthode dichotomique. (Voir <i>poly de cours</i>)	Déterminer, en s'appuyant sur une représentation graphique, un intervalle adapté à la recherche numérique d'une racine par une méthode dichotomique. Mettre en œuvre une méthode dichotomique afin de résoudre une équation avec une précision donnée. Utiliser la fonction <code>bisect</code> de la bibliothèque <code>scipy.optimize</code> (sa spécification étant fournie).
3. Intégration – Dérivation	
Calcul approché d'une intégrale sur un segment par la méthode des rectangles.	Mettre en œuvre la méthode des rectangles pour calculer une valeur approchée d'une intégrale sur un segment.
Calcul approché du nombre dérivé d'une fonction en un point.	Utiliser un schéma numérique pour déterminer une valeur approchée du nombre dérivé d'une fonction en un point.
4. Équations différentielles	
Équations différentielles d'ordre 1. (Voir <i>poly de cours</i>)	Mettre en œuvre la méthode d'Euler explicite afin de résoudre une équation différentielle d'ordre 1.
Équations différentielles d'ordre supérieur ou égal à 2 (Voir <i>poly de cours</i>)	Transformer une équation différentielle d'ordre n en un système différentiel de n équations d'ordre 1. Utiliser la fonction <code>odeint</code> de la bibliothèque <code>scipy.integrate</code> (sa spécification étant fournie).
5. Probabilité – statistiques	
Variable aléatoire.	Utiliser les fonctions de base des bibliothèques <code>random</code> et/ou <code>numpy</code> (leurs spécifications étant fournies) pour réaliser des tirages d'une variable aléatoire. Utiliser la fonction <code>hist</code> de la bibliothèque <code>matplotlib.pyplot</code> (sa spécification étant fournie) pour représenter les résultats d'un ensemble de tirages d'une variable aléatoire. Déterminer la moyenne et l'écart-type d'un ensemble de tirages d'une variable aléatoire.
Régression linéaire.	Utiliser la fonction <code>polyfit</code> de la bibliothèque <code>numpy</code> (sa spécification étant fournie) pour exploiter des données. Utiliser la fonction <code>random.normal</code> de la bibliothèque <code>numpy</code> (sa spécification étant fournie) pour simuler un processus aléatoire.

1 Utilisation de numpy : le type array

Le type `array` correspond à un tableau de valeurs, nous utiliserons des nombres de type `float`. On retiendra les fonctions suivantes :

```
import numpy as np          # pour pouvoir utiliser les fonctions np.
A = np.array(liste)         # converti une liste en tableau numpy sous la variable A
N = len(A)                  # mesure la taille de A
B = np.zeros(N)              # créer un tableau numpy contenant N valeurs 0.
C = np.linspace(ini, fin, N) # créer un tableau de N valeurs comprises entre ini et fin incluses.
```

On notera qu'on ne peut pas modifier la taille d'un tableau, pas d'ajouter d'éléments, ni de suppression possibles. On peut cependant enregistrer un sous-tableau avec le slicing :

```
A = B[i:j:k]                # prend un élément sur k de i inclus à j exclu.
```

```
B = [i:] # commence à i jusqu'à la fin incluse.
```

L'avantage du type `array` par rapport au type `list` est de pouvoir faire des calcul élément par élément avec les opérations élémentaires `+`, `-`, `*` et `/` ainsi que les fonctions mathématiques usuelles présentes dans la bibliothèque `numpy` :

```
B = np.exp(A)
C = np.log(A)
D = np.log10(A)
E = np.sqrt(A)
F = np.cos(A)
G = np.acos(A)
```

Lorsqu'on prend une série de mesures qu'on enregistre dans un fichier `TPXX.txt` sous la forme :

t	X	Y
15	...	...
30	...	...
45	...	...

Puis dans un fichier `TPXX.py` dans le même dossier :

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
data = np.loadtxt("TPXX.txt", skiprows=1, dtype=float)
t, X, Y = data[:,0], data[:,1], data[:,2]
```

2 Calculer une incertitude-type

2.1 Définition

Résultat ou définition à connaître par cœur

[Résultat d'une mesure] Dans le monde scientifique, le **résultat d'une mesure** est donné par deux valeurs suivies de leurs unités :

$$x = x_{\text{mes}} \text{ unité}; u(x) = u_x \text{ unité}$$

où x_{mes} correspond à la valeur retenue de la grandeur et u_x correspond à l'incertitude-type qui prend en compte la **variabilité de la mesure**.

On définit l'**écart normalisé** E entre deux résultats de mesures $x_1 \pm u_1$ et $x_2 \pm u_2$ par la relation :

$$E = \frac{|x_1 - x_2|}{\sqrt{u_1^2 + u_2^2}}$$

Par convention, on dit que les deux mesures sont compatibles si $E < 2$.



Chiffres significatifs :

- On prend toujours deux chiffres significatifs pour $u(x)$;
- On choisit alors le nombre de chiffre significatif pour obtenir la même précision sur x_{mes} .

Exemples : Soit la mesure d'une résistance $R = 1 \text{ k}\Omega$ on utilise deux méthodes avec chacune une incertitude-type différente :

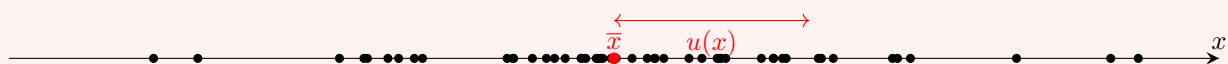
- Dans la première méthode on a $u(R) = 0,10 \text{ k}\Omega$, on écrit alors $R_{\text{mes}} = 1,00 \text{ k}\Omega$.
- Dans la seconde méthode on a $u(R) = 10 \text{ k}\Omega$, on écrit alors $R_{\text{mes}} = 1,0 \times 10^3 \Omega$

2.2 Type A

Résultat ou définition à connaître par cœur

[incertitude-type A] On appelle **incertitude-type A** le cas d'une mesure comportant une série de N (entre 5 et 20) valeurs qui correspondent aux observations x_i :

La moyenne : $x_{\text{mes}} = \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$ L'écart-type : $u(x) = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$ et $u(x_{\text{mes}}) = \frac{u(x)}{\sqrt{N}}$



Pour un tableau `X` contenant une série de mesures $(x_1, x_2, x_3, x_4, \dots)$ on retient les fonctions suivantes :

```
import numpy as np
X_mes = np.mean(X) # Calcule la moyenne de la série de valeurs contenues dans X
u_X = np.std(X, ddof=1) # Calcule l'écart-type de la série de valeurs contenue dans X
```

2.3 Type B

Résultat ou définition à connaître par cœur

On appelle **incertitude-type B** lorsqu'on effectue une mesure à partir d'une observation unique. On ne peut pas observer la variabilité. Généralement cette observation est comprise entre une valeur minimale $X_{\min}$ et une valeur maximale $X_{\max}$, on définit alors le résultat de la mesure par

$$x_{\text{mes}} = \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2} \quad u(x) = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{2\sqrt{3}}$$

L'écart-type associé à une distribution de probabilité uniforme sur l'intervalle de largeur 2Δ .

Si on effectue une mesure d'une grandeur x avec un résultat x_{mes} et $u(x)$. On peut simuler via la méthode Monte Carlo la répétition de cette mesure avec une fluctuation aléatoire en utilisant la fonction

```
import numpy as np
X = np.random.normal(X_mes, u_X, N)
```

On obtient un tableau X contenant N mesures simulées de x tirée aléatoirement selon une loi normale centrée sur X_{mes} et d'écart-type u_X .

2.4 Propagation

Dans cas où on effectue la mesure des grandeurs x et y pour calculer la grandeur $g = g(x, y)$:

$g(x, y)$	$x + y$	$x - y$	$x \times y$	$\frac{x}{y}$
$u(g)$	$\sqrt{u^2(x) + u^2(y)}$	$\sqrt{u^2(x) + u^2(y)}$	$ \bar{g} \sqrt{\left(\frac{u(x)}{\bar{x}}\right)^2 + \left(\frac{u(y)}{\bar{y}}\right)^2}$	$ \bar{g} \sqrt{\left(\frac{u(x)}{\bar{x}}\right)^2 + \left(\frac{u(y)}{\bar{y}}\right)^2}$

avec $\bar{g} = g(\bar{x}, \bar{y})$.



Capacité numérique au programme : Simuler, à l'aide de python, un processus aléatoire permettant de caractériser la variabilité de la valeur d'une grandeur composée.

Méthode à savoir appliquer et adapter

Propagation des incertitudes avec Python : Dans le cas où une grandeur g est reliée aux grandeurs x et y par la relation : $g = f(x, y)$ En utilisant les résultats des mesures de x et y :

$$x = x_{\text{mes}} ; u(x) = u_x \text{ et } y = y_{\text{mes}} \quad \text{et } u(y) = u_y$$

- Simuler N valeurs de x suivant une loi normale d'écart-type $u(x)$;
- Simuler N valeurs de y suivant une loi normale d'écart-type $u(y)$;
- Calculer N valeurs de g notée g_i en appliquant la formule : $g_i = f(x_i, y_i)$
- Obtenir g_{mes} et u_g en calculant la moyenne et l'écart-type.

Exemple : Soit $z = xy$ avec $x = x_{\text{mes}}$ et $u(x)$, $y = y_{\text{mes}}$ et $u(y)$.

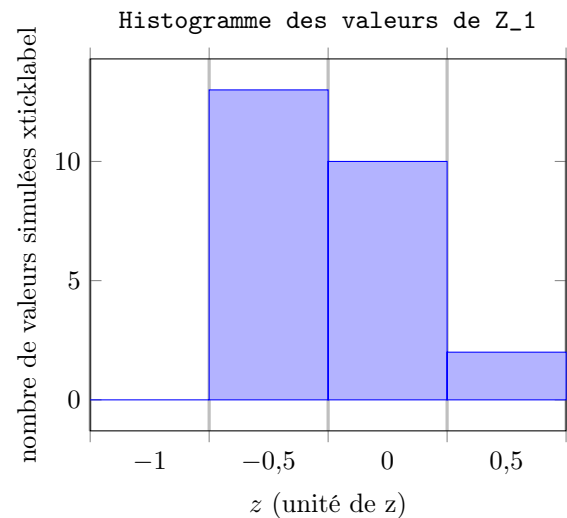
```
import numpy as np
X = np.random.normal(X_mes, u_X, N)
Y = np.random.normal(Y_mes, u_Y, N)
Z = X*Y
Z_mes = np.mean(Z)
u_Z = np.std(Z, ddof=1)
```

3 Graphiques

3.1 Histogramme

On peut tracer l'histogramme des N valeurs z_i contenues dans un tableau Z à partir d'une simulation Monte Carlo :

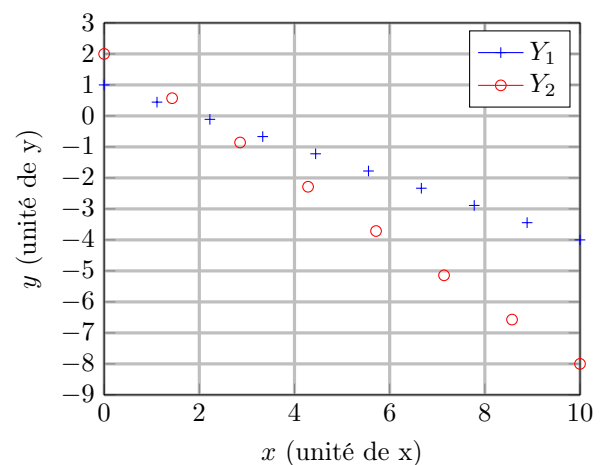
```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
plt.figure()
plt.hist(Z_1, bins='rice')
plt.title("Histogramme des valeurs de Z_1")
plt.xlabel("z (unité de z)")
plt.ylabel("nombre de valeurs simulées")
plt.grid()
plt.show()
```



3.2 Courbes

Soit deux séries de mesures associées aux tableaux (X_1 , Y_1) de la **même taille** et (X_2 , Y_2) de la **même taille** avec Y_1 et Y_2 qui représentent la même grandeur et X_1 et X_2 également, on trace les courbes :

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
plt.figure()
plt.plot(X_1, Y_1, '+', label="Y_1")
plt.plot(X_2, Y_2, 'o', label="Y_2")
plt.xlabel("x (unité de x)")
plt.ylabel("y (unité de y)")
plt.grid()
plt.show()
```

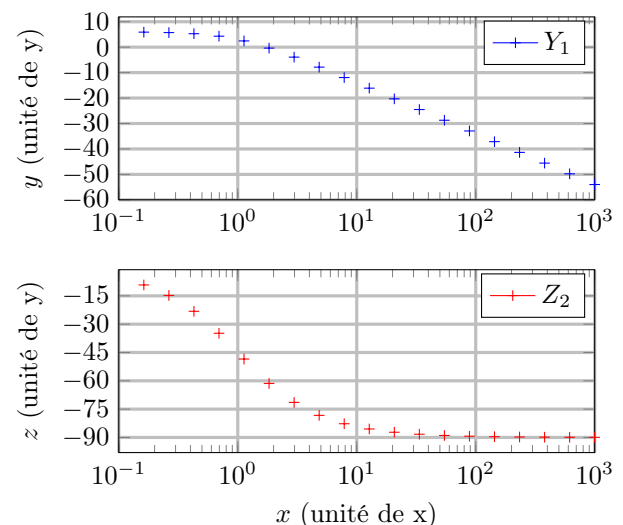


Si on veut tracer l'axe des x à l'échelle log on ajoute `plt.xscale('log')`

3.3 Plusieurs graphes

Soit deux séries de mesures associées aux tableaux (X_1 , Y_1) de la **même taille** et (X_2 , Z_2) de la **même taille** avec Y_1 et Z_2 qui ne représentent pas la même grandeur mais que X_1 et X_2 représentent la même grandeur, on trace les courbes dans une même fenêtre l'une en dessous de l'autre :

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
fig, (ax1, ax2) = plt.subplots(2, 1)
fig.suptitle('Titre')
ax1.plot(X_1, Y_1, '+', label="Y_1")
ax1.set_xscale('log')
ax1.grid(which='both')
ax1.set_ylabel('y (unité de y)')
ax2.plot(X_2, Z_2, '+', label="Y_2")
ax2.set_xscale('log')
ax2.grid(which='both')
ax2.set_ylabel('z (unité de z)')
plt.xlabel('x (unité de x)')
plt.show()
```



4 Régression linéaire

4.1 Calcul des coefficients

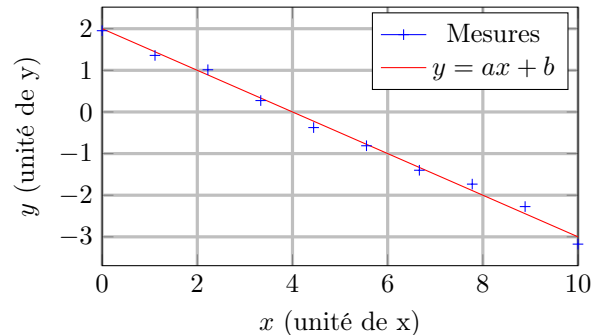
On cherche à faire une régression linéaire, c'est-à-dire l'expression de la droite de régression $y = ax + b$ qui minimise l'écart des mesures de x_i et y_i contenues dans les tableaux X et Y de même taille à la droite :

```
import numpy as np
a,b=np.polyfit(X,Y,1) # regression lineaire de la forme Y=a*X+b
```

4.2 Ajouter la courbe de régression sur un graphique

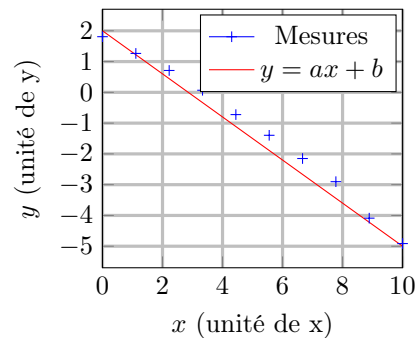
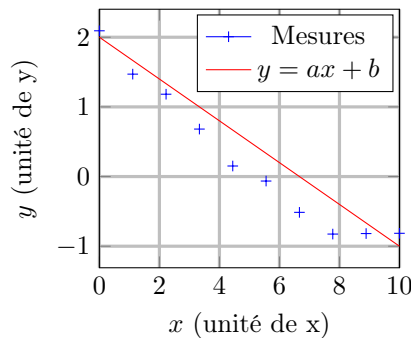
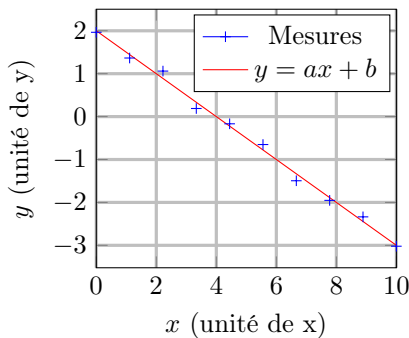
Soit la série de mesures associée aux tableaux (X, Y) de la **même taille**, on a effectué une régression linéaire de la forme $y = ax + b$ et on trace les courbes :

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
a,b=np.polyfit(X,Y,1)
plt.figure()
plt.plot(X, Y, '+', label="Mesures")
plt.plot(X, a*X+b, label="y=aX+b")
plt.xlabel("x (unité de x)")
plt.ylabel("y (unité de y)")
plt.grid()
plt.show()
```



4.3 Validation visuelle

Dans un premier temps, on regarde la courbe pour voir si la tendance linéaire se vérifie :



4.4 Prise en compte des incertitudes



Capacité numérique au programme : Simuler, à l'aide de python, un processus aléatoire de variation des valeurs expérimentales de l'une des grandeurs (simulation Monte-Carlo) pour évaluer l'incertitude sur les paramètres du modèle.

Méthode à savoir appliquer et adapter

[Régression linéaire] Dans le cas où on a effectué k mesures de x et y avec les incertitudes-types associées notées :

$$x_k = x_{k,\text{mes}} ; u(x_k) = u_k, x \text{ et } y_k = y_{k,\text{mes}} ; u(y_k) = u_k, y$$

On souhaite calculer les coefficients a et b et leurs incertitudes associées $u(a)$ et $u(b)$ qui optimisent la relation : $y = ax + b$ Pour cela on va utiliser python pour utiliser la méthode suivante :

- Simuler N valeurs de x suivant une loi normale d'écart-type $u(x)$;
- Simuler N valeurs de y suivant une loi normale d'écart-type $u(y)$;
- On effectue n régression linéaires en prenant pour chaque valeur de i les k valeurs de $x_{k,i}$ et $y_{k,i}$ obtenir la droite d'équation :

$$y = a_i x + b_i$$

On possède alors n valeurs de a notées a_i et n valeurs de b notées b_i .

- on calcul l'écart-type des valeurs de a_i puis de b_i ce qui nous donne les incertitudes-types :

$$u(a) = u_a \quad \text{et} \quad u(b) = u_b$$

- On note alors le résultat de notre régression linéaire : $y = ax + b$ avec $a = \bar{a}$; $u(a) = u_a$ et $b = \bar{b}$; $u(b) = u_b$

5 Calcul numérique

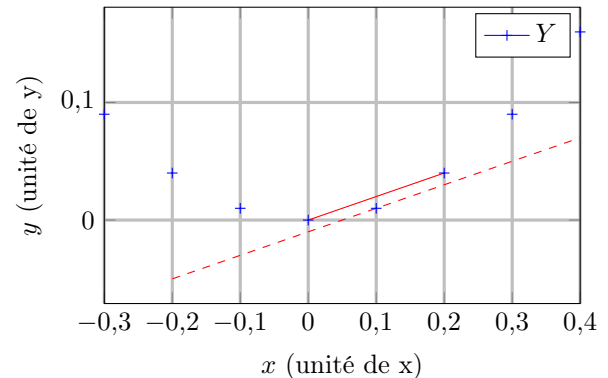
5.1 Dérivation

On considère une série de mesure contenue dans deux tableaux **X** et **Y** de même taille contenant les N mesures (x_i, y_i) , on utilise alors la définition du taux d'accroissement :

$$\frac{dy}{dx}(x_i) \simeq \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{x_{i+1} - x_{i-1}}$$

qui permet d'avoir une valeur approchée de la dérivée centrée sur la i^{e} mesure.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
N = len(X)
dY = np.zeros(N-2)
X_2 = X[1:N-1]
for i in range(N-2):
    dY[i] = (Y[i+2]-Y[i])/(X[i+2]-X[i])
```



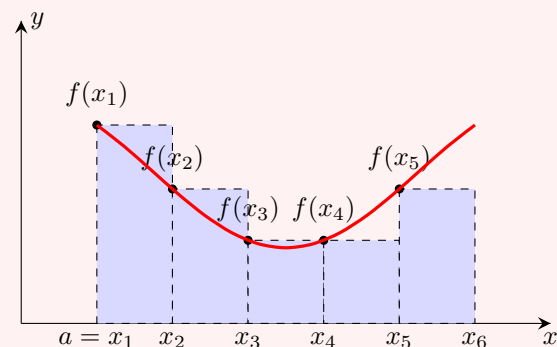
Le tableau **X_2** est nécessaire pour extraire les mesures contenues dans **X** sans les deux points extrêmes où l'on ne peut pas calculer la dérivée.

5.2 Intégration

Résultat ou définition à connaître par cœur

Intégration numérique par la méthode des rectangles : À l'aide de python, on peut calculer une valeur approchée d'une intégrale d'une fonction f en séparant un intervalle $[a; b]$ en N intervalles $[x_i; x_{i+1}]$ tel que $x_{i+1} - x_i = (b - a)/N$ et où la fonction f est considérée comme constante sur l'intervalle $[x_i; x_{i+1}]$. On choisit alors $f(x) \simeq f(x_i)$ sur l'intervalle $[x_i; x_{i+1}]$ qu'on appelle méthode des rectangles à gauche ce qui donne :

$$I = \int_a^b f(x)dx \simeq \left(\frac{b-a}{N}\right) \sum_{i=1}^N f\left(\frac{x_{i+1} + x_i}{2}\right)$$



On considère qu'on a une série de mesures contenue dans deux tableaux **X** et **Y** de même taille, on cherche à calculer la valeur approchée de l'intégrale :

$$I = \int_a^b y(x)dx$$

```
import numpy as np
N = len(X)
I = 0
for i in range(N-1):
    I = I + (X[i+1]-X[i]) * Y[i]
print(I)
```

5.3 Résolution d'une équation

Voir poly de cours pour la méthode dichotomique. On peut utiliser la fonction `bisect(f, a, b)`. Qui renvoie la valeur approchée à 10^{-12} près de $x_0 \in [a, b]$ tel que $f(x_0) = 0$ avec **f** une fonction à définir.

5.4 Résolution d'équations différentielles

Voir poly de cours pour la méthode d'Euler. On peut utiliser la fonction `odeint(F, Y_0, t)`. Avec **F(Y, t)** qui correspond à la fonction $\frac{dY}{dt} = F(Y, t)$, **Y_0** qui correspond à $Y(t = 0)$.

TP Physique-Chimie 1 : Lois des Snell-Descartes

Objectif : Vérifier et exploiter les lois de Snell-Descartes.

Capacités expérimentales :

- Mettre en œuvre une mesure de longueur sur un banc d'optique.
- Procéder à l'évaluation des incertitudes-types A et types B et leurs propagation grâce à python.

Matériel à disposition :

- laser
- rapporteur + demi-cylindre



Lors des TP d'optique, il est nécessaire de :

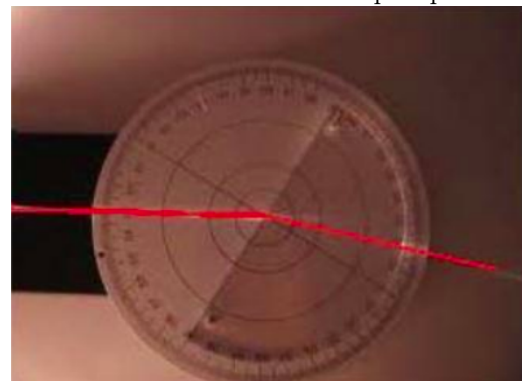
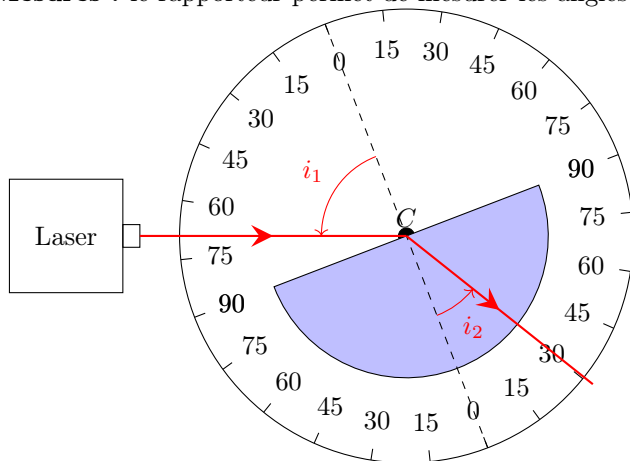
- Ne jamais observer directement à l'œil nu une source de lumière.
- Ne jamais toucher les surfaces optiques avec nos gros doigts tout sales.
- Ne pas les frotter contre une surface dure, on pose délicatement un instrument d'optique.

1 Dispositif expérimental

Les rayons issus du lasers peuvent :

- pénétrer par le dioptré plan afin de ressortir en incidence normale sur le dioptré cylindrique.
- pénétrer par le dioptré cylindrique en incidence normale et ressortir par le dioptré plan.

Mesures : le rapporteur permet de mesurer les angles d'incidences et de réfraction au niveau du dioptré plan.



Manipulations expérimentales

→ Procéder au réglage du faisceau incident pour s'assurer que celui-ci passe bien par le centre du cylindre pour toutes les incidences et par l'angle 0° en incidence normale.

2 Vérification de la loi de Snell-Descartes

Questions préliminaires :

- Q.1** Rappeler la loi de Snell-Descartes.
- Q.2** Montrer que n est le coefficient directeur d'une droite linéaire. Préciser la grandeur en abscisse et la grandeur en ordonnée.
- Q.3** Exprimer n en fonction de n_{air} , i_1 et i_2 .
- Q.4** Établir l'expression de $i_{2\text{lim}}$ l'angle limite de réfraction en fonction de n .

Manipulations expérimentales

→ Établir un protocole de mesure et faire au moins 10 mesures de l'indice n du demi-cylindre.

i_1 (°)										
i_2 (°)										
n										

- Utiliser un ordinateur en salle C310 pour tracer la courbe qui permet de valider la loi de Snell-Descartes.
 → Proposer méthode de mesure de n_1 avec son incertitude $u(n_1)$ et noter la valeur du résultat de la mesure :

$n_1 =$

$u(n_1) =$

3 Mesure de l'angle limite

Questions préliminaires :

- Q.1** Préciser la condition sur la réfringence pour pouvoir observer une réflexion totale.
Q.2 En déduire le sens de parcours des rayons : air $\rightarrow$ cylindre ou cylindre $\rightarrow$ air
Q.3 Établir la condition de réflexion totale i_{lim} :

$i_{\text{lim}} =$

Manipulations expérimentales

→ Mesurer l'angle limite i_{lim} et son incertitude-type $u(i_{\text{lim}})$ en précisant la méthode pour la mesure et évaluer l'incertitude-type :

$i_{\text{lim}} =$

$u(i_{\text{lim}}) =$

→ Calculer n_2 la valeur de l'indice optique du cylindre puis utiliser un ordinateur en salle C310 pour calculer son incertitude-type $u(n_2)$:

$i_{\text{lim}} =$

$u(i_{\text{lim}}) =$

→ Vérifier la cohérence des résultats avec la mesure précédente en calculant l'écart normalisé :

Expression : $E =$

Valeur : $E =$

TP Physique-Chimie 2 : Introduction à la formation d'images

Objectif : Prendre en main l'utilisation d'un banc d'optique et caractériser une lentille.

Capacités expérimentales :

- Éclairer un objet de manière adaptée.
- Choisir une ou plusieurs lentilles en fonction des contraintes expérimentales.
- Optimiser la qualité d'une image.
- Estimer une valeur approchée d'une distance focale.
- Mettre en œuvre une mesure de longueur sur un banc d'optique.
- Procéder à l'évaluation des incertitudes-types A et types B.

Matériel à disposition :

- Banc optique + supports + Source de lumière blanche + verre dépoli + objet diffusant ;
- Lentilles convergentes et divergentes de la boîte de Morez ;
- Lentilles convergentes notée E et X et divergente notée I ;
- Écran translucide + Miroir ;



Lors des TP d'optique, il est nécessaire de :

- Diminuer l'intensité lumineuse de la source avant de faire une observation directe à l'œil ou au viseur.
- Ne jamais toucher les surfaces optiques avec nos gros doigts tout sales.
- Ne pas les frotter contre une surface dure, on pose délicatement un instrument d'optique.

1 Principe de la loupe

Questions préliminaires :

Q.1 Tracer sur votre feuille les rayons permettant de former l'image pour différentes position d'un objet réel dans le cas d'une lentille convergente puis d'une lentille divergente.

Q.2 Déterminer la nature de l'image pour chaque cas ainsi que les caractéristique du grandissement.

Manipulations expérimentales

→ Expliquer comment reconnaître le caractère convergent ou divergent d'une lentille à partir de l'observation à l'œil nu de l'image formé par la lentille d'un objet réel.

→ Pour chaque lentille de la boîte noter dans la tableau son caractère convergent ou divergent et si l'image est grossi ou non.

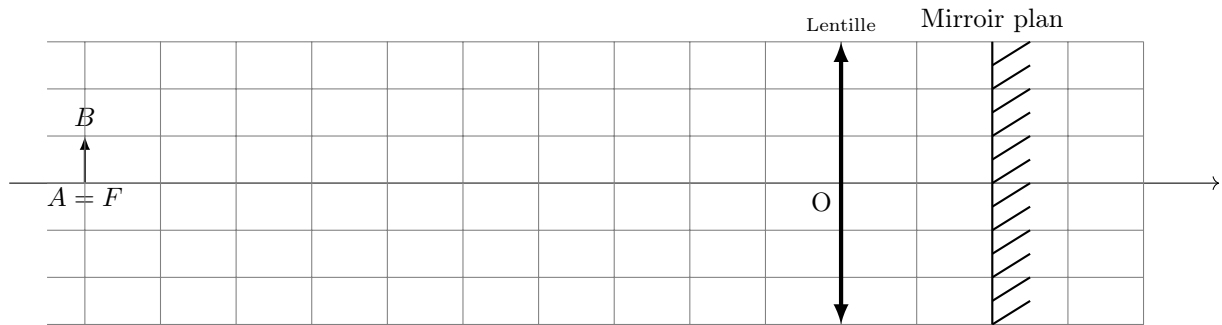
Lentille					
Conv/Div					
Grossi					

2 Méthode d'autocollimation

Questions préliminaires :

Q.1 Reproduire le schéma ci-dessous et construire l'image du point objet A confondu avec le foyer objet de la lentille

par le système optique.



Q.2 Quelle est l'influence de la distance miroir/lentille par cette méthode ? Que se passe-t-il si on incline légèrement le miroir par rapport à l'axe optique ?

Manipulations expérimentales

- Placer la lentille E une distance raisonnable de la lampe. Placer le miroir plan derrière la lentille.
- Faire varier la position de l'objet tout en essayant d'obtenir une image nette sur le porte objet.
- Lorsque l'image est nette mesurer la distance focale f'_{E1} et son incertitude-type $u(f'_{E1})$:

$$f'_{E1} =$$

$$u(f'_{E1}) =$$

3 Lentille convergente

Questions préliminaires :

Q.1 Rappeler la relation de conjugaison de Descartes.

Q.2 Pour une distance D entre l'objet et l'écran, à quelle condition sur f' peut-on projeter l'image conjugué de l'objet sur l'écran ?

Manipulations expérimentales

- Placer la lentille dans la monture sur le banc optique. Placer l'écran de manière à projeter l'image. Mesurer les distances $\overline{OA}$, $\overline{OA'}$ pour 5 positions différentes de l'objet, en déduire f'_{E2} avec son incertitude $u(f'_{E2})$:

$\overline{OA}$					
$\overline{OA'}$					
f'					

$$f'_{E2} =$$

$$u(f'_{E2}) =$$

- Calculer l'écart normalisé pour comparer f'_{E1} et f'_{E2} :

4 Lentille divergente

Questions préliminaires :

Q.1 Construire l'image à travers une lentille d'un objet réel A puis d'un objet virtuel A .

Manipulations expérimentales

- Placer la lentille divergente I devant l'objet réel de type lettre, observer l'image virtuelle (placer les filtres avant d'observer à l'œil nu).
- Utiliser la lentille convergente E pour fabriquer une image réelle à une distance correcte pour qu'elle serve d'objet virtuel pour la lentille divergente I . À quelle condition peut-on obtenir une image réelle ? Observer l'image obtenue dans ce cas.

TP Physique-Chimie 3 : Focométrie : lentilles convergentes

Objectif :

Capacités expérimentales :

- Éclairer un objet de manière adaptée.
- Choisir une ou plusieurs lentilles en fonction des contraintes expérimentales.
- Optimiser la qualité d'une image.
- Estimer une valeur approchée d'une distance focale.
- Mettre en œuvre une mesure de longueur sur un banc d'optique.
- Procéder à l'évaluation des incertitudes-types A et types B.

Matériel à disposition :

- Banc optique + supports ;
- Source de lumière blanche + verre dépoli + objet diffusant ;
- Lentilles convergentes notée E et X et divergente notée I ;
- Écran translucide ;
- Miroir ;



Lors des TP d'optique, il est nécessaire de :

- Ne jamais observer directement à l'œil nu une source de lumière.
- Ne jamais toucher les surfaces optiques avec nos gros doigts tout sales.
- Ne pas les frotter contre une surface dure, on pose délicatement un instrument d'optique.

1 Méthode de Silbermann

Questions préliminaires : On considère un objet AB et un écran (E) séparé d'une distance D . On cherche à former l'image A' sur l'écran de sorte que $\gamma = -1$.

Q.1 Réaliser un schéma de la situation.

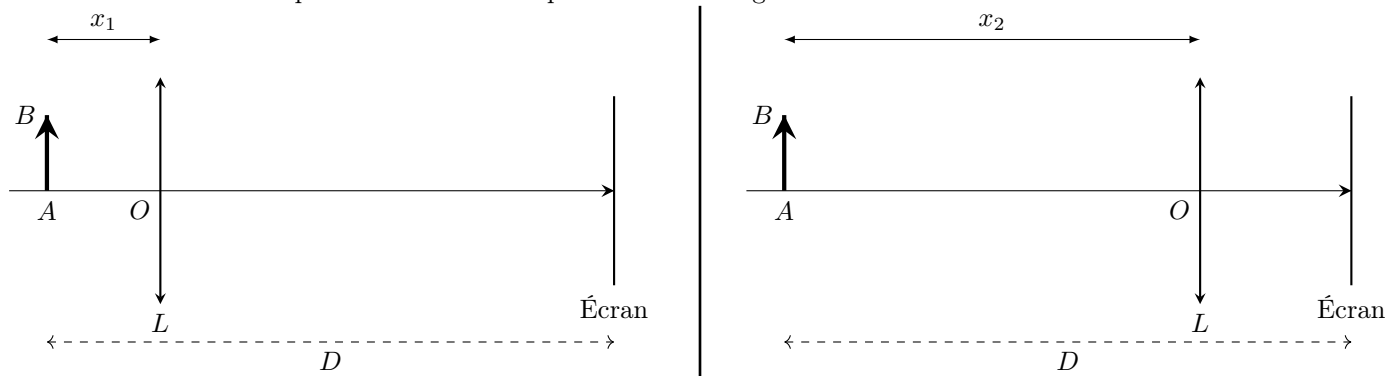
Q.2 En utilisant les relations de conjugaison, exprimer f' en fonction de $\overline{OA}$ et γ .

Manipulations expérimentales

→ Déterminer f' avec son incertitude-type et comparer le résultat de la mesure avec la méthode d'auto-collimation.

2 Méthode de Bessel

Questions préliminaires : On considère un objet AB et un écran (E) séparé d'une distance D . On cherche à former l'image A' sur l'écran de sorte que $\overline{AA'} = D$. On place une lentille (L) de centre optique O et de distance focale f' entre les deux et on cherche la position de la lentille pour former l'image net sur l'écran.



Q.1 Montrer que $D \geq D_{\min}$ où on exprimera $D_{\min}$ en fonction de f' .

Q.2 Exprimer x_2 et x_1 en fonction de f' et D .

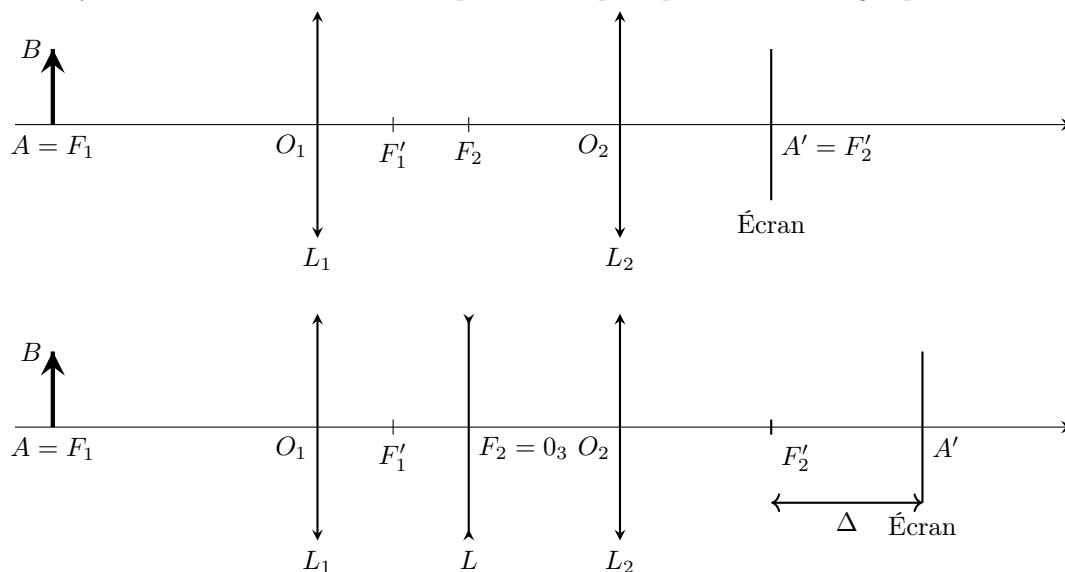
Q.3 On pose $d = |x_2 - x_1|$ la différence entre les deux positions, montrer que : $f' = \frac{D^2 - d^2}{4D}$

Manipulations expérimentales

- Placer l'écran à une distance D choisie par vous même de l'objet.
- Mesurer les positions x_1 et x_2 et en déduire d .
- Calculer f' .
- Recommencer pour différentes valeurs de D .
- En déduire une mesure de f' .

3 Méthode de Badal

Questions préliminaires : On considère un système optique composé de 3 lentilles, deux lentilles L_1 et L_2 convergentes de distance focale f'_1 et f'_2 connues, et une lentille divergente L de distance focale f' à déterminer. On place un objet AB dans le plan focal objet de L_1 et on cherche dans un premier temps la position de l'image après L_2 sans la lentille L .



- Q.1** Effectuer une construction graphique pour obtenir le trajet d'un faisceau de rayons lumineux.
- Q.2** On ajoute L entre L_1 et L_2 , effectuer une nouvelle construction graphique pour obtenir la nouvelle position de l'image.
- Q.3** Exprimer Δ le déplacement de l'écran pour obtenir la nouvelle image en fonction de f' et f'_2 .

Manipulations expérimentales

- Par autocollimation, placer l'objet dans le plan focal de la lentille L_1 .
- Placer l'écran dans le plan focal image de L_2 , une image nette se forme.
- Ajouter L dans le plan focal objet de L_2 et déplacer l'écran d'une distance δ pour former à nouveau une image nette, en déduire une mesure de f' .

4 Lentilles accolées

Questions préliminaires : On considère deux lentilles de vergences V_1 et V_2 et de centre optique confondus $O_1 = O_2 = O$.

- Q.1** Montrer que l'ensemble agit comme une unique lentille de centre optique O et de vergence $V = V_1 + V_2$.

Manipulations expérimentales

- Associer à une lentille divergente inconnue, une lentille convergente afin que le système soit convergent.
- En déduire la vergence V de l'ensemble par la méthode de votre choix.
- En déduire la distance focale f' de la lentille divergence.

TP Physique-Chimie 4 : Collimateur et modèle d'œil

Objectif : Prendre en main l'utilisation d'un banc d'optique et caractériser une lentille.

Capacités expérimentales :

- Éclairer un objet de manière adaptée.
- Choisir une ou plusieurs lentilles en fonction des contraintes expérimentales.
- Optimiser la qualité d'une image.
- Estimer une valeur approchée de f' .
- Mesurer une longueur sur un banc d'optique.
- Procéder à l'évaluation des incertitudes-types B et leurs propagation grâce à python.

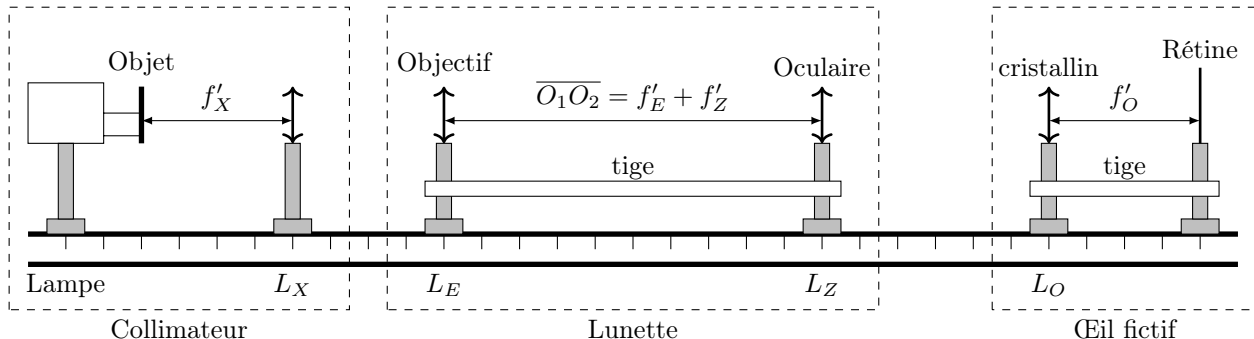
Matériel à disposition :

- Source de lumière blanche + verre dépoli ;
- Objet diffusant + porte objet
- 4 Lentilles convergentes E , X , Z et O + 1 lentille divergente I ;
- Écran translucide + miroir + barre d'attache ;
- banc optique + 6 pieds ;



Lors des TP d'optique, il est nécessaire de :

- Diminuer l'intensité lumineuse de la source avant de faire une observation directe à l'œil ou au viseur.
- Ne jamais toucher les surfaces optiques avec nos gros doigts tout sales.
- Ne pas les frotter contre une surface dure, on pose délicatement un instrument d'optique.



Manipulations expérimentales

→ Par autocollimation, mesurer la distance focale des lentilles X , E , Z et O et leurs incertitudes-types :

$$f'_X =$$

$$f'_E =$$

$$f'_Z =$$

$$f'_O =$$

$$u(f'_X) =$$

$$u(f'_E) =$$

$$u(f'_Z) =$$

$$u(f'_O) =$$

1 Collimateur

Questions préliminaires :

Q.1 Faire un schéma d'un collimateur en traçant deux rayons.

Manipulations expérimentales

→ En plaçant l'objet sur la lampe, construire un collimateur à l'aide de l'objet diffusant et de la lentille X .

2 Œil fictif

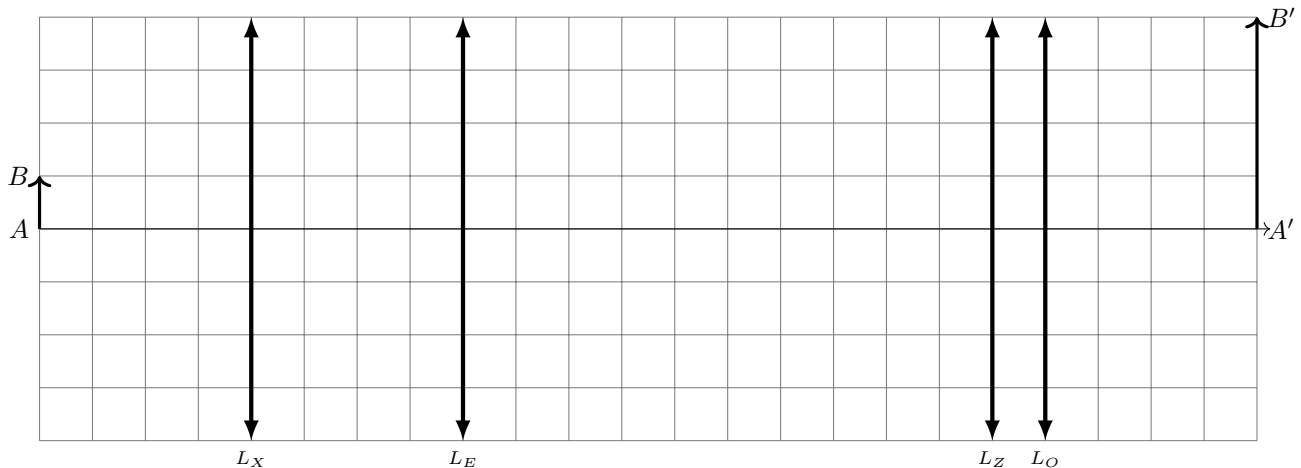
Questions préliminaires :

Q.1 Faire un schéma d'un œil normal au repos. Tracer 2 rayons pour construire l'image d'un objet situé à l'infini.

Manipulations expérimentales

- En utilisant le collimateur précédent, construire un modèle d'œil au repos à l'aide de la lentille O et d'un écran. On fixera le réglage à l'aide d'une barre.
- Vérifier avec les incertitudes que la distance $\overline{OA'} = f'_O$.

3 Lunette astronomique



Questions préliminaires :

- Q.1 Utiliser les rayons adéquats et identifier les positions des foyers F_X , F'_E , F_Z et F_O .
- Q.2 Déterminer la relation entre α' , $\overline{A'B'}$ la taille de l'image de AB sur la rétine, et f'_O .
- Q.3 Déterminer la relation entre α , $\overline{AB}$ la taille de l'objet, et f'_X .
- Q.4 Montrer que le grossissement peut être exprimé à l'aide de f'_E et f'_Z .
- Q.5 Montrer que le grossissement peut également être exprimé en fonction de $\overline{A'B'}$, $\overline{AB}$, f'_X et f'_O .

Manipulations expérimentales

- En utilisant la lentille E comme objectif et la lentille Z comme oculaire, construire et faire la mise au point d'une lunette astronomique à l'aide du collimateur et du modèle d'œil.
- Mesurer $\overline{AB}$, $\overline{A''B''}$ et en déduire une mesure G_1 du grossissement et son incertitude-type $u(G_1)$.

$$G_1 =$$

$$u(G_1) =$$

- Calculer G_2 à partir des mesures de f'_Z et f'_E et son incertitude-type $u(G_2)$.

$$G_2 =$$

$$u(G_2) =$$

- Comparer les résultats de la mesure et du calcul.

4 Lunette de Galilée

Manipulations expérimentales

- Remplacer la lentille Z par la lentille divergente I et refaire la mise au point de la lunette. Commenter.