



# TP n°6 Étude d'un élastique

#### Vendredi 7 novembre 2025

Un élastique est un fil, une bande ou un ruban court(e) en caoutchouc (ou dont une partie est en caoutchouc), de forme généralement circulaire.

Il fut breveté le 17 mars 1845 par l'inventeur anglais Stephen Perry. L'élastique est fabriqué à partir de latex.

https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89lastique



#### Compétences exigibles du programme :

- ✓ Mettre en œuvre un protocole expérimental permettant d'étudier une loi de force.
- ✓ Utiliser un logiciel de régression linéaire afin d'obtenir les valeurs des paramètres du modèle.
- ✓ Analyser les résultats obtenus à l'aide d'une procédure de validation : analyse graphique intégrant les barres d'incertitude ou analyse des écarts normalisés.

Matériel: Masses; Élastique; Mètre; Potence; Balance.

### Travail préparatoire

- Lire l'ensemble de l'énoncé, y compris les annexes.
- Identifier ce qu'il faudra faire pendant la séance.
- $\blacksquare$  Répondre aux questions précédées d'une plume  $\[mu]$  avant la séance de TP.

### Évaluations

Au cours cette séance de TP, vous serez évalué.e.s sur :

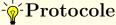
Écriture d'un protocole.

## 

La force qu'exerce un élastique peut-elle être modélisée par une force linéaire  $-k(\ell-\ell_0)\overrightarrow{u_{\rm ext}}$ ? Si oui, quelle est la constante de raideur d'un élastique?

### Validité du modèle linéaire

#### I.1 Protocole



Avant de réaliser une expérience, il faut savoir ce qu'on va faire : c'est le but du protocole, qui doit se suffire à lui-même. On doit pouvoir réaliser l'expérience en suivant « bêtement » le protocole.

- Schéma détaillé de l'expérience légendé avec le matériel, les grandeurs physiques, ...
- Mesures à réaliser : quelles grandeurs devront être mesurées ? comment ? quel(s) paramètre(s) ferat-on varier ? quel matériel à utiliser ? quelles sont les précautions à prendre ?
- Exploitation des mesures à faire : quelles sont les grandeurs à calculer à partir des grandeurs mesurées? quelle exploitation est à faire?



### \*Protocole

Q1. Écrire un protocole permettant de tester la validité de la modélisation linéaire de la force élastique exercée par l'élastique.

#### 1.2 Mesures

## Expérience

Après avoir fait valider le protocole par l'enseignante, le mettre en œuvre.

#### I.3 Exploitation

## Exploitation

- Mener l'exploitation sur Capytale qui permettra de :
  - renseigner les mesures effectuées;
  - tracer un graphe approprié pour l'étude de la loi de force
  - intégrer les barres d'incertitude sur le graphe.
- Si la modélisation linéaire est valable, les points de  $\ell_{eq}$  en fonction de mg s'alignent selon une droite. Pour visualiser cette alignement, on effectue une régression linéaire : on trace la « meilleure droite » possible compte-tenu des points de mesure.
- Effectuer la régression linéaire avec la fonction np.polyfit(x, y, 1) qui réalise un ajustement linéaire des données contenues dans les tableaux x et y. Elle renvoie les paramètres de la droite d'équation y = ax + b sous la forme d'une liste : [a,b].
- Q2. Procédure de validation : comment sont les points et les barres d'incertitude par rapport à la droite de régression ? Que conclure sur la validité du modèle ?
- On peut également représenter l'écart normalisé entre la mesure expérimentale de  $\ell_{eq}$  et celle issue du modèle linéaire, pour chaque valeur de mg:

$$E_n = \frac{|\ell_{eq} - \ell_{eq, \text{ modelelinaire}}|}{u(\ell_{eq})}$$

- Effectuer la représentation des  $E_n$  en fonction de mg
- Q3. © Conclure.

## Il Constante de raideur de l'élastique

#### II.1 Protocole

## **∢**Protocole

Q4.  $\stackrel{\text{\tiny $\infty$}}{}$  À partir de vos données de la partie I., proposer un protocole pour exploiter ces données et déterminer la valeur de k et son incertitude-type associée.

### II.2 Exploitation et conclusion

## \*Exploitation et conclusion

 $\S$  Q5.  $\square$  Écrire votre résultat de mesure pour k et son incertitude-type associée.

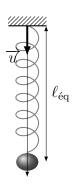
## **Annexes**

## A Donnée sur le système {masse-ressort}

On considère un ressort suspendu, de constante de raideur k et de longueur à vide  $\ell_0$ . L'extrémité supérieure du ressort est fixe, et on suspend une masse m à son extrémité inférieure.

La longueur à l'équilibre  $\ell_{\text{\'eq}}$  d'un ressort, de constante de raideur k et de longueur à vide  $\ell_0$ , vertical suspendu auquel est attaché une masse m est donnée par :

$$mg = k(\ell_{\text{\'eq}} - \ell_0) \Leftrightarrow \ell_{\text{\'eq}} = \ell_0 + \frac{mg}{k}$$



### B Validation d'une loi?

Supposons que l'on cherche à vérifier un modèle y = ax + b et que l'on ait, après expérience, un ensemble de valeurs expérimentales  $\{x_i\}$  et  $\{y_i\}$  qui possèdent toutes une certaine variabilité.

La régression linéaire est une opération mathématique qui consiste à trouver les meilleurs coefficients a et b tels que  $ax_i + b$  soient les plus proches en moyenne des points de mesures  $y_i$ .

Pour réaliser une régression linéaire sous Python, on utilisera la fonction polyfit de la bibliothèque numpy :

$$a,b = np.polyfit(x,y,1)$$

qui affecte aux variables a et b respectivement la pente et l'ordonnée à l'origine de la droite.

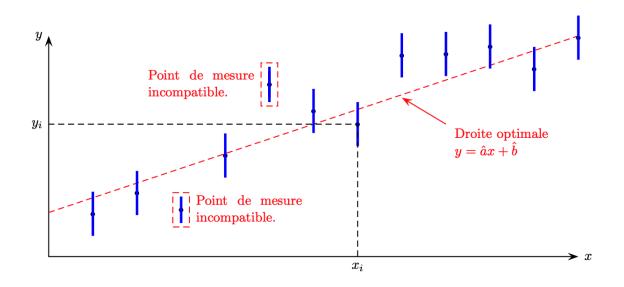
### 😽 Procédure de validation

Au niveau CPGE, la procédure de validation du modèle testé est la suivante :

- 1. Représentation graphique des points expérimentaux avec leurs barres d'incertitude.
- 2. Superposition de la droite de régression linéaire.
- 3. On fait un premier contrôle visuel : est-ce que les points de mesure sont répartis de manière aléatoire de part et d'autre de la droite de régression linéaire, et proches de la droite de régression linéaire?
- 4. On appelle résidu l'écart entre la valeur expérimentale  $(\ell_{\text{éq},i})$  et la valeur issue de la droite de régression linéaire  $(a \times P_i + b)$  :  $\delta_i = \ell_{\text{éq},i} (aP_i + b)$ .

On calcule alors l'**écart normalisé**  $E_{n,i} = \left| \frac{\delta_i}{u(P_i)} \right|$  pour chaque point expérimental.

5. L'ajustement affine des données expérimentales est jugé cohérent si  $E_{n,i} < 2$  c'est à dire si tous les résidus restent inférieurs au double de l'incertitude type associée.



Bilan du TP ■ Bilan
• La mesure de la constante d'un élastique peut se faire en mesurant la à l'
d'un élastique vertical au bout duquel on, et exploiter
la relation
■ Validation d'une loi
$\bullet$ Pour valider ou une loi (ici pour déterminer si la force exercée par l'élastique est du type $-k(\ell-1)$
$\ell_0)),$ il est utile d'effectuer une représentation pour réaliser une
• Sur la représentation graphique, on place les points avec leurs d', su-
perposés avec la droite issue de la
Si les barres d'incertitudes touchent la droite de régression, cela permet de qualitative-
ment la loi utilisée.
• La validation peut également passer par la représentation des
entre les mesures expérimentales et les valeurs issues de la régression linéaire. S'ils sont tou-
jours à, les mesures sont compatibles avec la loi, qui peut donc être

dans les conditions de l'expérience.