

Estimations

Ordres de grandeur

Questions de Fermi

Le but de ce chapitre est de vous présenter des façons de faire de la physique utilisant le raisonnement, les dimensions, des estimations et finalement très peu d'équations. Ces méthodes peuvent donner l'impression d'être floues, non rigoureuses et imprécises, mais ce n'est pas le cas. Simplement leur objectif n'est pas de donner un résultat chiffré précis, mais de donner un ordre de grandeur du résultat, ce qui est parfois suffisant. Ces façons de faire sont souvent utilisées, soit quand on aborde un problème pour la première fois et qu'on veut avoir une idée rapide de sa réponse, soit après avoir résolu un problème en ayant obtenu un résultat après de longs calculs, afin d'en vérifier rapidement la validité. Attention, contrairement à ce que l'on pourrait croire, cela ne veut pas dire que c'est facile !

Cette séance devrait donc vous aider à acquérir des outils qui sont utiles dans tous les domaines scientifiques afin :

- D'aborder un problème à partir de rien, y compris quand le raisonnement n'est pas dirigé par des questions très détaillées ;
- De réfléchir sur les ordres de grandeurs ce qui permet de ne pas faire des erreurs de plusieurs facteurs 10 sur un résultat, par exemple.

Méthodes

Dans chaque exercice nous vous demandons avant toutes choses (et en particulier avant de répondre à vos questions) :

- De faire un **schéma**
- De lister les **grandeurs pertinentes** et de leur **donner un nom**
- De donner **leur dimension** et de **les estimer** (il ne s'agit pas de savoir exactement combien elles valent mais d'avoir une idée de leur ordre de grandeur).

Estimations

- 1- Combien y a-t-il de grains de riz dans un paquet d'un kilogramme ?
- 2- Combien y a-t-il de litres d'eau dans la mer méditerranée ?
- 3- Si on dénoyaute des mirabelles pendant les matches d'une coupe du monde de foot, combien cela fait-il confiture ?
- 4- Quel est le nombre de conducteurs de TGV en France ?

Annexe 1 Rédaction de votre réponse

- **Introduisez succinctement le problème**

Quelle est la question que l'on vous pose ?

- **Faire un schéma**

Le schéma doit être suffisamment grand et clair. Il doit modéliser le problème. Il ne s'agit pas d'une œuvre d'art mais d'un dessin qui permet de représenter votre modélisation. Il doit donc comporter les grandeurs pertinentes (avec leur nom et sans leur valeur).

- **Lister les grandeurs pertinentes, les nommer, les estimer**

Il s'agit ici de faire une liste des grandeurs pertinentes contenant leur nom (c'est-à-dire une lettre), leur signification, leur estimation quand c'est nécessaire et leur unité.

- **Présenter votre démarche**

Il s'agit ici d'expliquer succinctement comment vous allez résoudre le problème. Il s'agit de donner les grandes lignes de la résolution. Des équations peuvent illustrer cette partie.

- **Obtenir une expression littérale**

- **Effectuer l'application numérique**

- **Présenter le calcul de propagation des incertitudes**

- **Conclure sur votre résultat.**

Il faut tout d'abord formuler la réponse à la question puis commenter le résultat, éventuellement en le comparant à une deuxième source (internet...).

Annexe 2 : barème

Présentation

Nom des étudiants, titre, présentation générale (1 pt)

Appropriation du problème

Schéma (3 pt)

1 pt pour la propreté, taille, clarté

1 pt pour la modélisation

1 pt pour la présence des paramètres pertinents sur le schéma

Liste des paramètres (1 pt)

Nommer les paramètres (1 pt)

Estimer les paramètres (1 pt)

Résolution du problème

Formule littérale (3 pt)

Application numérique (1 pt) avec les unités (1 pt)

Calcul de la propagation des incertitudes (2 pt)

Rédaction de la solution

Introduire le problème (2 pt)

Expliquer la démarche (2 pt)

Commenter la réponse et conclure (2 pt)

Annexe 3 : Méthodes de calcul pour une grandeur fonction de plusieurs variables

(tirées du poly de Phys102)

a) Cas général

De façon générale, connaissant les mesures x_{exp} et y_{exp} des grandeurs x et y , et connaissant les incertitudes δx et δy de ces mesures, on cherche à connaître l'incertitude sur la grandeur dérivée $G(x,y)$. La méthode par encadrement est toujours applicable, mais fastidieuse.

Soit G une fonction de 2 grandeurs x et y . L'incertitude absolue δG se calcule à partir des incertitudes absolues de mesure δx et δy , et des dérivées partielles de la fonction G aux points de mesure x_{exp} et y_{exp} :

$$\delta G = \left| \frac{\partial G}{\partial x}(x_{\text{exp}}, y_{\text{exp}}) \right| \delta x + \left| \frac{\partial G}{\partial y}(x_{\text{exp}}, y_{\text{exp}}) \right| \delta y$$

La dérivée partielle de G par rapport à x s'obtient en considérant que y , ou plus généralement, toutes les variables autres que x , sont constantes.

b) Cas d'une loi de puissance : dérivée logarithmique

Si la grandeur G s'exprime sous forme d'un produit de puissances de x et y , $G = k x^m y^n$, il est plus facile de calculer l'incertitude relative $\delta G/|G|$ que l'incertitude absolue δG .

L'incertitude relative $\delta G/|G|$ s'écrit simplement comme la somme des incertitudes relatives des grandeurs mesurées, pondérée par les puissances :

$$\frac{\delta G}{|G|} = m \frac{\delta x}{|x|} + n \frac{\delta y}{|y|}$$

Elle est indépendante de la constante k .