

## Exercices - Série 1

### 1. Problème de Fermi à New York - niveau 0

Le prix Nobel de physique de 1938, Enrico Fermi, avait l'habitude d'aborder toutes sortes de problèmes scientifiques en commençant par une estimation de l'ordre de grandeur du résultat. Vous êtes invités à faire comme lui, voici un exercice du style "problèmes de Fermi".

Combien d'accordeurs de piano y a-t-il à New York ? Guidez-vous de la logique suivante.

- Combien d'habitants y a-t-il à New York :  $10^6$ ,  $10^7$ ,  $10^8$  ?
- Est-ce que chaque habitant possède un piano ?
- Serait-il raisonnable d'affirmer que les personnes habitant seules ne possèdent pas de piano, mais que les familles en possèdent un ?
- Combien de familles habitent NY :  $1/2$ ,  $1/5$ ,  $1/20$  de la population totale ?
- Est-ce que chaque famille possède un piano ? oui,  $1/5$ ,  $1/20$  des familles.
- À partir des réponses données jusqu'ici, estimez le nombre de pianos à New York.
- Parmi ces pianos, combien sont-ils accordés à New York chaque année ?
- Combien d'accordages sont-ils effectués par un accordeur chaque année : 80, 800, 8000 ?
- Finalement, combien d'accordeurs de piano y a-t-il à New York ? Comparez avec vos collègues.

### 2. Ordres de grandeur - niveau 1

Le but de cet exercice est de faire des estimations pour s'exercer avec les ordres de grandeurs et pour comprendre les importances relatives de certaines quantités essentielles.

- Combien de personnes sont-elles nées pendant l'heure qui a suivi votre propre naissance ?
- Quelle quantité d'eau est-elle annuellement consommée par personne en Suisse (besoin ménagers) ?
- Combien de fois le coeur d'un homme bat-il durant sa vie ?
- Combien de fois faudrait-il plier une feuille de papier pour atteindre le sommet du Cervin ?
- Estimer le rapport des forces électrique et gravitationnelle entre un proton et un électron.  
*Information : la masse et la charge d'un électron sont d'environ  $10^{-30}$  kg et  $10^{-19}$  C, et les constantes gravitationnelle et électrostatique valent environ  $G = 6.7 \times 10^{-11}$  et  $k = 9 \times 10^9$  en unités SI.*
- Estimer la charge sur deux chats telle que la répulsion électrique à 1 mètre dépasse leur poids.

---

1. crédit : Dr. J. Loizu, Prof. A. Fasoli

### 3. Equilibres stables et instables - niveau 2

La force électrique entre deux charges  $Q_A$  et  $Q_B$  séparées d'une distance  $r$  a une amplitude

$$F = k \frac{|Q_A Q_B|}{r^2}$$

où  $k \approx 8.98 \times 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$  est la constante électrostatique. On place deux charges positives  $Q_A = Q_0$  et  $Q_B = 2Q_0$  à une distance de 8 cm et on les fixe dans l'espace à l'aide d'un support.

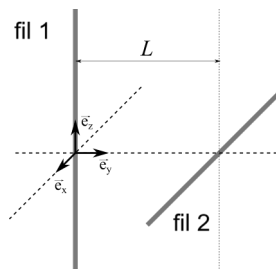
- Calculer la force qu'il faut appliquer sur les charges pour les maintenir fixes si  $Q_0 = 5 \mu\text{C}$ .
- On veut placer une charge libre  $q > 0$  entre les deux charges  $Q_A$  et  $Q_B$ . Calculer sa position pour qu'elle soit à l'équilibre.
- On applique maintenant une petite perturbation à la position d'équilibre de la charge  $q$ , dans la direction de l'une des deux charges fixes  $Q_A$  ou  $Q_B$ . Que se passe-t-il ? En conclure s'il s'agit d'un équilibre stable ou instable (raisonner qualitativement).
- Reprendre les question (b) et (c) dans le cas où  $q < 0$ .

### 4. Tige chargée - niveau 2

Une tige fine en forme de demi-cercle de rayon  $R$  est uniformément chargée avec une charge totale  $Q$ . Elle est située dans le plan  $xy$ , centrée à l'origine, et s'étend de l'angle  $\theta = 0$  à  $\theta = \pi$ . Calculez la force exercée par cette tige sur une charge  $q_0$  placée au point  $M = (0, 0)$ , c'est-à-dire au centre du demi-cercle.

### 5. Force entre deux fils - niveau 3

Calculer la force d'interaction entre deux fils droits infinis chargés uniformément. Le fil 1 de densité de charge linéaire  $\lambda_1$  est aligné selon  $\vec{e}_z$ , et le fil 2 de densité de charge linéaire  $\lambda_2$  est aligné selon  $\vec{e}_x$ . Les fils sont perpendiculaires et séparés par une distance  $L$ .



- Calculer la force du fil 1 sur une petite section de longueur  $dx_2$  et de charge  $dq_2$ , située à une position  $(x, L)$  par rapport au point le plus proche du fil 1. (Intégration selon le fil 1)
- Calculer la force exercée par le fil 1 sur toute la longueur du fil 2. (Intégration selon le fil 2)

Application :  $\lambda_1 = 4 \mu\text{C}/\text{m}$  ,  $\lambda_2 = 9 \mu\text{C}/\text{m}$  ,  $L = 25 \text{ cm}$ .

Indication : les intégrales suivantes sont utiles :

$$\int \frac{dx}{(1+x^2)^{3/2}} = \frac{x}{\sqrt{1+x^2}} \quad \text{et} \quad \int \frac{dx}{1+x^2} = \arctan x$$