TIPE - Kluster

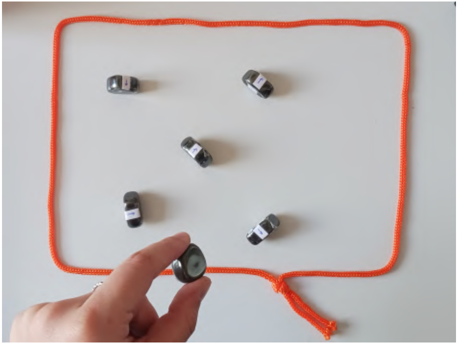
Clémence PIEL
N° 32802

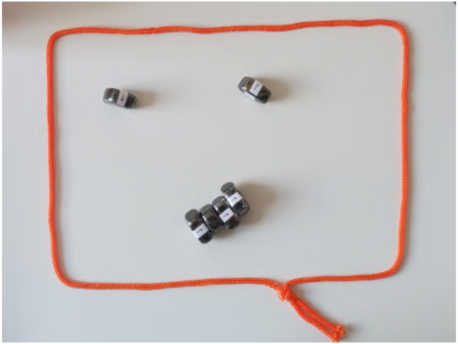
10 juin 2024

Mon sujet : le magnétisme

Pour aborder le thème "sport et jeux", je m'appuierai sur le Kluster, un jeu de société avec des aimants permanents.

Exemple d'un coup perdant :

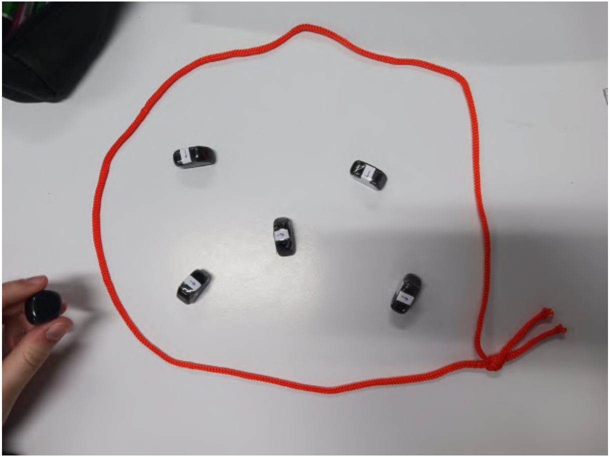




Problématique

Quel est le meilleur coup à jouer dans une position donnée du jeu ?

Position considérée



Position étudiée.

Hyppothèses du modèle

Les aimants :

- sont modélisés comme des dipôles magnétiques,
- sont tous identiques,
- s'alignent d'abord avec le champ magnétique puis se déplacent.

Plan

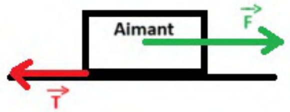
Plan

Pourquoi ces expériences ?

Finalité du TIPE :

Avoir une carte représentant la zone où je devrais positionner mon aimant pour laisser le moins d'espace à mon adversaire.

A partir d'une certaine intensité du champ magnétique, la force que subit un aimant est plus importante que la force de frottements solide entre cet aimant et la table.



Démarche expérimentale

- Déterminer le moment magnétique d'un aimant.
- Déterminer le coefficient de frottements table/aimant.
- Trouver la force subie par un aimant sur un autre aimant.
- En déduire le champ magnétique à ne pas dépasser pour que les frottements empêchent le mouvement de l'aimant.

Première expérience : Moment magnétique

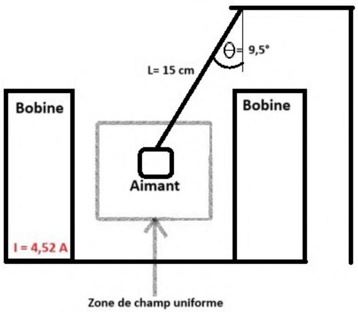
Permet d'obtenir le champ magnétique que crée 1 aimant.

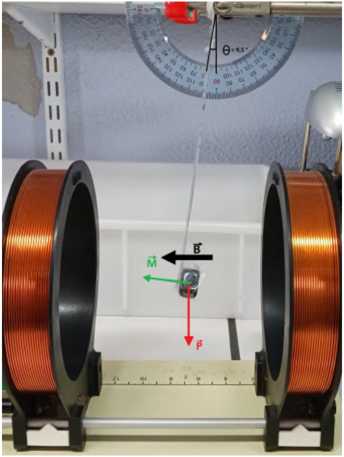
Bobines de Helmoltz

On place deux bobines parcourues par le même courant en série, en les séparant d'une distance égale à leur rayon.

Protocole :

- Relever le champ magnétique induit.
- Suspendre l'aimant.
- Déplacer l'aimant en appliquant un courant dans les bobines (créer un champ magnétique).
- Relever l'angle d'écartement.





Position de l'aimant une fois que le courant passe dans les bobines, avec les forces exercées sur l'aimant.

Moment magnétique

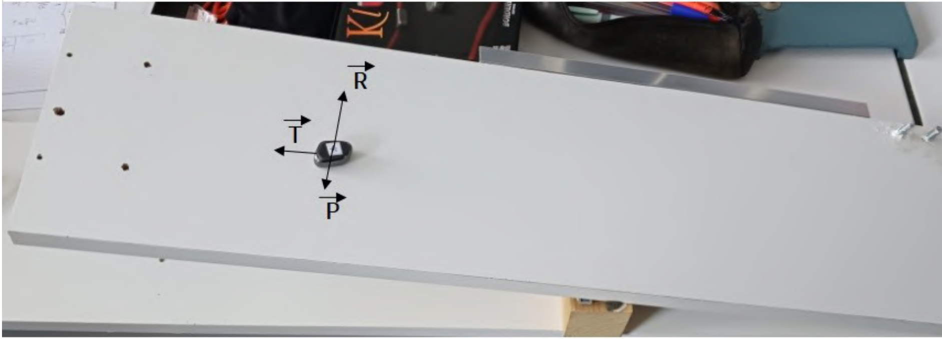
- formule : $||\vec{M}|| = \frac{m \times g \times tan(\theta) \times l}{B}$
- résultat : $||\vec{M}|| = 3,2 \pm 0,3 A.m^2$

Ici, $\theta = 9,5\,\text{deg}$, $l = 15cm$ et $m = 19,3g$

Deuxième expérience : Coefficient de frottement

Protocole :

- Grâce à un bloc, relever petit à petit la planche, en s'arrêtant à chaque fois. Vérifier que l'aimant ne glisse pas.
- Noter l'angle à partir duquel l'aimant glisse.



Bilan des forces sur le système aimant dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Coefficient de frottement

- Formule : $f = tan(\theta)$
- Résultat : $f = 0,231 \pm 0,004$

Troisième expérience : Force entre deux aimants

<u>Premier essai :</u>

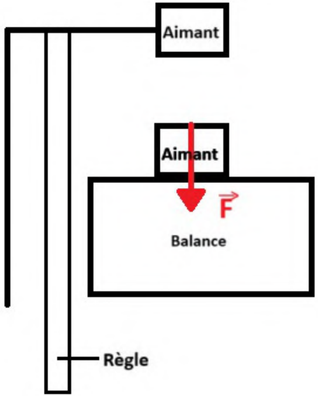
Un premier aimant est fixé sur une surface. Le second est attaché à un Newton-mètre. On mesure la force que le second aimant subit.

Problème, les mesures sont très peu précises.

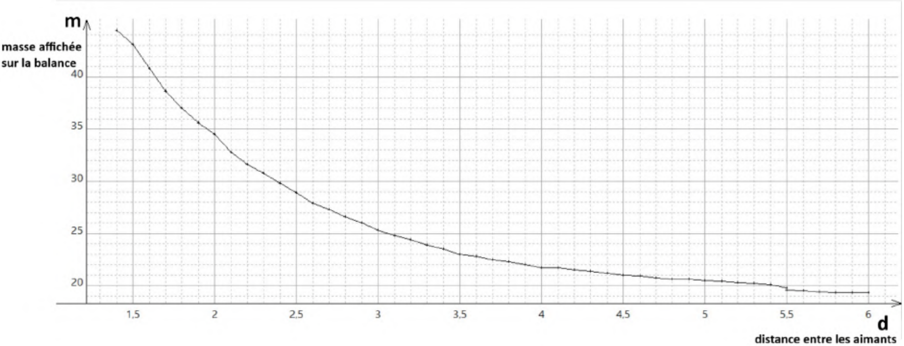
Deuxième essai : On utilise une balance pour plus de précision.

Protocole :

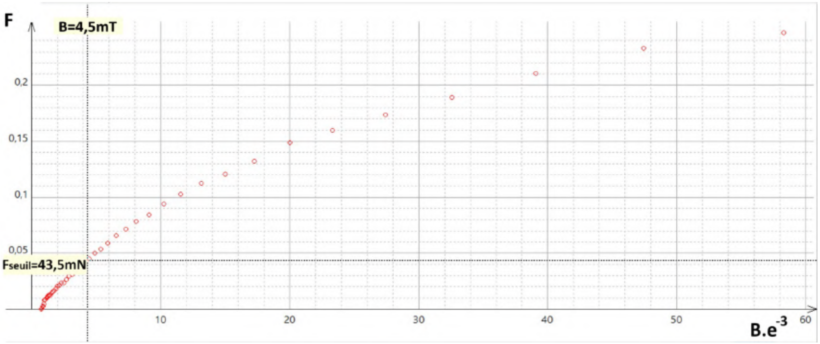
- Placer les aimants pour qu'ils se repoussent.
- Relever tous les millimètres la masse affichée de l'aimant.



Modélisation de la force que subit l'aimant 2.



Graphe modélisant la masse de l'aimant 2 affichée sur la balance par rapport à sa distance avec l'aimant 1.



La force que subit l'aimant 2 en fonction du champ magnétique présent.

$$\text{Ici } ||\vec{force}|| = (m_{balance} - m_{aimant}) \times g$$
$$\text{et : } B = \frac{\mu_0 \times M}{2\pi \times r^3}$$

Plan

Les programmes

But

Savoir quelle est la meilleure position où placer un aimant à un moment précis d'une partie.

- Position définie de toutes les pierres de la partie.
- Moment magnétique de l'aimant.
- Valeur du champ magnétique à ne pas dépasser : $||\vec{B}||$ tel que : $||\vec{force}|| \geq 43,5 \times 10^{-3} N$

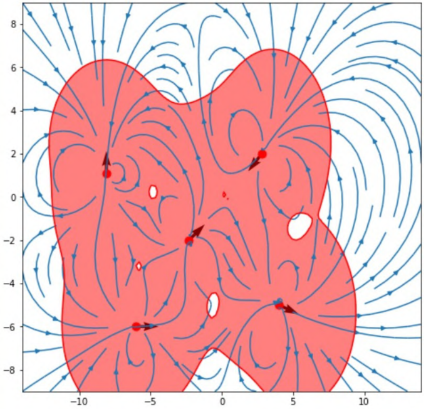
Fonctionnement du premier programme :

- Champ magnétique engendré par 1 aimant
- Donner la position de chaque aimant, et la direction de son moment magnétique.

Champ magnétique d'un dipôle

$\vec{B} = (\frac{\mu_0}{4\pi}) \times \frac{3(\vec{\mu}\vec{u})\vec{u} - \vec{\mu}}{r^3}$

Zone actuelle de jeu :



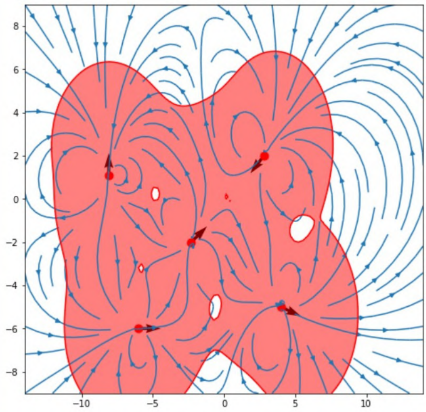
Fonctionnement du second programme :

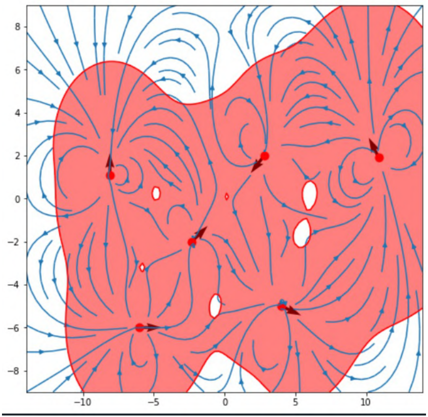
- Calcul pour tous les points hors zone rouge, ce que deviendrait la nouvelle zone rouge.
- Trouver le ou les points avec la plus grande zone.

Ce que renvoie ce programme :

```
In [31]: runfile('C:/Users/clclm/OneDrive/Bureau/python tipe/V5/V5.2 tout
les points possibles.py', wdir='C:/Users/clclm/OneDrive/Bureau/python tipe/
V5')
la ou les meilleurs positions à jouer sont en : [(10.88888888888889,
1.9090909090909091)] avec une aire totale de  7339
```

Comparaison de la zone de jeu après avoir positionné l'aimant :





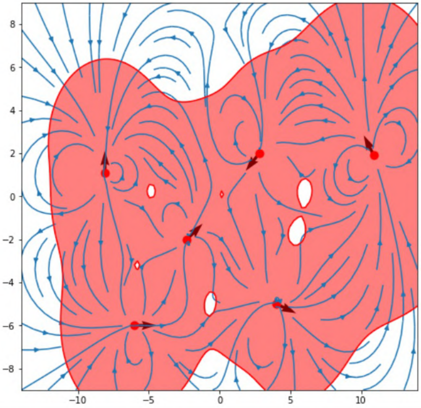
Plan

Contact extérieur

- Discussion des expériences qu'ils ont faites sur les aimants.
- Discussion de mon projet avec leurs collègues.
- Possible utilisation de mon projet, départ d'idée ?

Plan

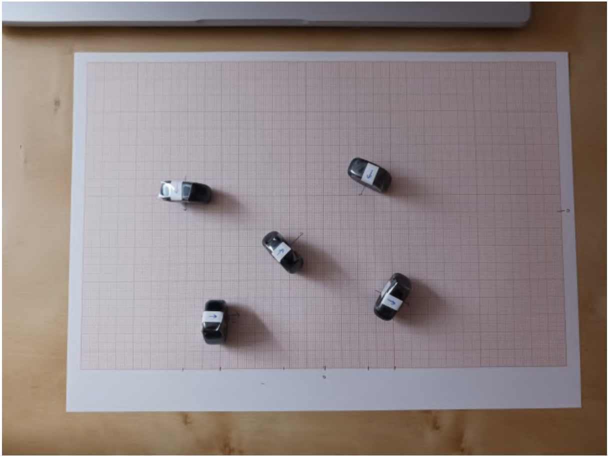
Conclusion



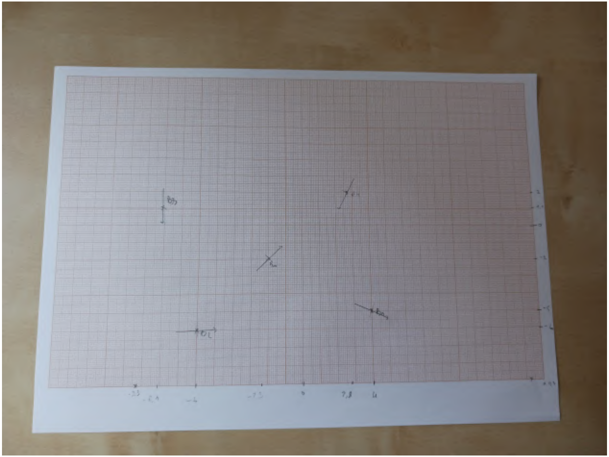
Il faut absolument placer son aimant aux coordonnées [10.9,1.9] pour occuper la plus grande aire.

Plan

Annexes



Position réelle des aimants.



Visualisation du moment magnétique.

Incertitudes de mesure

Expérience 1 : formule de l'incertitude ΔU

$$\Delta U = U \times \sqrt{\left(\frac{\left(\frac{précision\ \ de\ \ la\ \ mesure}{en\ \ fonction\ \ du\ \ nombre\ \ de\ \ sources\ \ d'incertitutes}\right)}{valeur\ \ mesurée}\right)^2 \times (coefficient)^2}$$

On a ici : $\Delta U =$
$U \times \sqrt{\left(\frac{\left(\frac{0{,}1}{\sqrt{6}}\right)}{19{,}3}\right)^2 \times 1^2 + \left(\frac{\left(\frac{0{,}5}{\sqrt{6}}\right)}{2{,}4}\right)^2 \times (-1)^2 + \left(\frac{\left(\frac{0{,}5}{\sqrt{12}}\right)}{15}\right)^2 \times (1)^2 + \left(\frac{\left(\frac{1}{\sqrt{12}}\right)}{9{,}5}\right)^2 \times (1)^2}$
$= 3.2 \times 9 \times 10^{-2}$
$= 2,9 \times 10^{-1}$
Donc on a : $\boxed{\vec{M} = 3,2 \pm 0,3 A.m^2}$

Formule du moment magnétique

$\vec{M} = \frac{m \times g \times tan(\theta) \times l}{B} = 3,2 \pm 0,3 A.m^2$

<u>Preuve :</u>

système : aimant, dans le référentiel terrestre galiléen.

Bilan des forces :

- $\vec{T} = -T.\vec{e_r}$
- $\vec{P} = mg.\vec{e_z} = mg(cos(\theta).\vec{e_r} - sin(\theta).\vec{e_\theta})$
- $\vec{\Gamma} = \vec{M} \wedge \vec{B_{ext}} = M(\theta).\vec{e_\theta}$

Ainsi d'après le théorème du moment cinétique :

$0 = J\ddot{\theta} = -mgsin(\theta)l + MBcos(\theta)$

Donc : $\boxed{M = \frac{m \times g \times tan(\theta) \times l}{B}}$

Expérience 2 : formule de l'incertitude σ

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \times \sum_{k=1}^{N} (moy(x) - x_k)^2$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{26} \times \sum_{k=1}^{N} (13 - x_k)^2 = 0,288 \approx 0,3$$

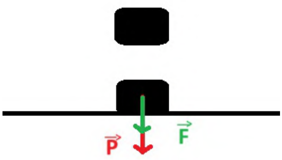
Ainsi $u = \frac{\sigma}{\sqrt{3}} = 0,2\,\mathrm{deg}$
Donc $\alpha = 13 \pm 0,2$

Enfin, le coefficient de frottement est : $\boxed{f = 0,231 \pm 0,004}$

Expression du champ B pour l'expérience 3 :

$B = \frac{\mu_0 \times M \times cos(\theta)}{2 \times \pi \times r^3}$

On trace $||\vec{F}||$ en fonction de B, où $||\vec{F}|| = m_{balance} \times g - m_{aimant} \times g$ car : $m_{balance} = \frac{P_{aimant} + F}{g}$



Condition de glissement :

On considère le système aimant, dans le référentiel terrestre, supposé galiléen. Le bilan des forces donne :

- le poids $\vec{P} = -mg(cos(\theta).\vec{e}_x + sin(\theta).\vec{e}_y)$
- la réaction du support : $\vec{N} = \vec{R} + \vec{T} = R.\vec{e}_y + T.\vec{e}_x$

D'après le principe fondamental de la dynamique, en projettant selon chaque vecteur on a :

- selon $\vec{e}_x$: $0 = -mg \times cos(\theta) + T$
- selon $\vec{e}_y$: $0 = -mg \times sin(\theta) + N$

Comme il y a glissement, la loi de Coulomb donne $\vec{T} = f \times \vec{N}$
Donc, on a $\boxed{f = T/N = tan(\theta)}$

Donc : glissement $\Leftrightarrow \vec{F} = \vec{T} = f \times \vec{N} = m_{aimant} \times g \times f = 43,5 \times 10^{-3} N$ car $\theta = \pi$