

Exercice 3 Champs électrostatique et gravitationnel

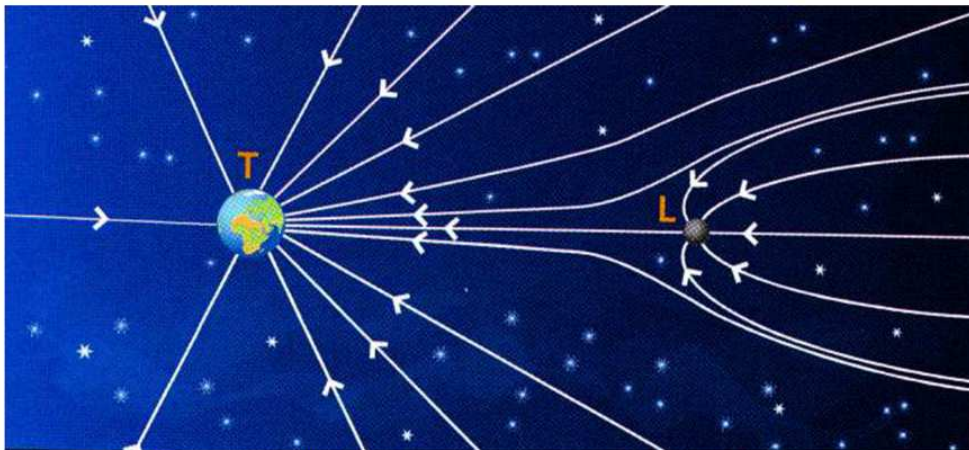
I - Champ créé par une charge

On étudie un champ électrostatique créé par un objet ponctuel O portant une charge q positive. On place un autre objet ponctuel A, portant une charge q', à une distance OA = d.

- 1) a. Quelle est la nature de la force exercée sur A ?
b. Quelles sont les caractéristiques du vecteur force $\vec{F}_{O/A}$?
c. Quelles sont les caractéristiques du vecteur champ \vec{E}_A créé par en A ?
d. Représentez ces deux vecteurs. 1,0 cm (schéma) \leftrightarrow 1,0 cm (réalité)
- 2) Quelles sont les caractéristiques du vecteur champ $\vec{E}_{A'}$ créé en A' par O, situé sur la droite OA, avec OA' = 2d ? Représentez ce nouveau vecteur sur le schéma précédent.
- 3) Démontrez que la ligne OA correspond à la définition de la ligne de champ.
- 4) Déduisez de la constatation précédente la répartition dans l'espace de l'ensemble des lignes de champ.
- 5) Situez les points de l'espace pour lesquels le champ électrostatique conserve la même valeur.

VI - Champ gravitationnel

- 1) Schématisez le champ gravitationnel autour de la Terre.
- 2) Faites de même pour la Lune.
- 3) Voici la carte quelques lignes des champs gravitationnels créés par la Terre et la Lune.



Quel astre déforme le plus les lignes de champ de l'autre ? Justifiez à partir des masses.

Lune : $M_L = 7,4 \cdot 10^{22}$ kg

Terre : $M_T = 5,6 \cdot 10^{24}$ kg

Exercice 3 Champs électrostatique et gravitationnel

Exercice I

On étudie un champ électrostatique créé par un objet ponctuel O portant une charge q positive. On place un autre objet ponctuel A, portant une charge q', à une distance OA = d.

1) a. La nature de la force exercée sur A est électrostatique.

b. Selon la loi de Coulomb, $F_{O/A}$ a pour caractéristiques :

- direction : droite OA ;

- sens : O vers A.

- point d'application : A

- valeur : $F_{O/A} = k |q \times q'| / d^2 = k \times q \times q' / d^2$

2) Selon la loi de Coulomb, $E_{A'}$ a pour caractéristiques :

- direction : droite OA' (confondu avec OA) ;

- sens : O vers A'.

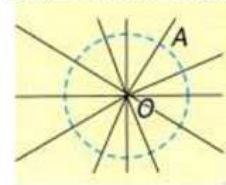
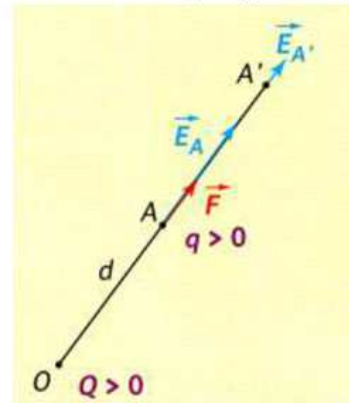
- point d'application : A'

- valeur : $E_{A'} = F_{O/A'} = k |q \times q'| / (2d)^2 = k \times q \times q' / 4d^2 = E_A / 4$

3) Une ligne de champ est une ligne tangente en chacun de ses points au vecteur champ et orientée dans le même sens. Sur une droite, tangente à la droite et direction du vecteur champ sont confondus donc la droite OA représente une ligne où, en chaque point, elle est tangente à E.

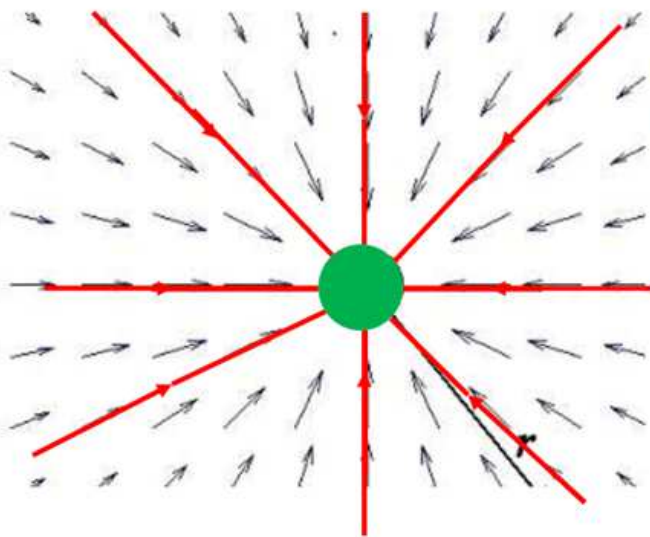
4) Par déduction, il apparaît que toutes les demi-droites issues de A sont des lignes de champ.

5) Les valeurs identiques de E seront donc sur des cercles concentriques en O.



Exercice VI

1) Voir ci-dessous.



2) Même schéma que pour la Terre.

3) La Terre déforme les lignes de champ de la Lune. L'intensité du champ de pesanteur est proportionnelle à la masse divisée par le rayon au carré.

Exercice n°1 : étude de champ électrique

Le champ électrique est qualifié de champ électrostatique quand il est créé par des charges immobiles dans le référentiel d'étude considéré.

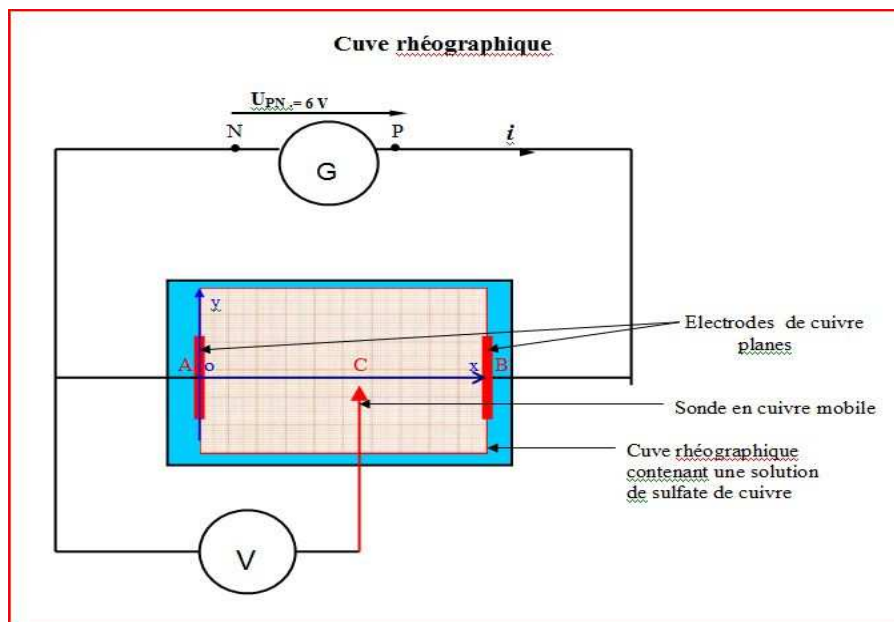
La **cuve rhéographique** (voir schéma ci-dessous) va nous permettre de déterminer les caractéristiques du champ électrostatique. En effet, elle est constituée de deux électrodes chargées et immobiles dans le référentiel du laboratoire.

Réalisation du montage ci-dessous :

On remplit au 3/4 la cuve contenant les deux électrodes de cuivre, d'une solution de sulfate de cuivre à $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$.

On place sous la cuve, une feuille de papier millimétré sur laquelle vous aurez tracé au préalable deux axes orthonormés (Ox, Oy) (voir schéma)

On fait les branchements et relie la borne V du voltmètre à la sonde en cuivre.



A lire attentivement pour répondre aux questions suivantes

Un point d'un circuit est caractérisé par son état électrique appelé **potentiel V**. Le potentiel s'exprime en Volt. La **tension** est la mesure de la **différence de potentiel** qui existe entre deux points d'un circuit.

Par exemple, le potentiel en P s'écrit V_P . Il est différent du potentiel en N, V_N . En effet, si on mesure la tension $U_{PN} = V_P - V_N$, on trouve $U_{PN} \neq 0$ d'où $V_P \neq V_N$.

Deux points reliés par un simple fil possèdent sensiblement le même potentiel car un fil perturbe peu l'état électrique du circuit.

On ne peut pas mesurer un potentiel (on ne peut mesurer que des différences de potentiel ou tensions). Par convention, on pose que le potentiel à la borne négatif du générateur est nul soit $V_N = 0 \text{ V}$, ce qui permet de déterminer la valeur des autres potentiels.

Ici on choisit $U_{PN} = 6,0 \text{ Volts}$

1. Déterminer la valeur du potentiel V_A de l'électrode A et la valeur du potentiel V_B de l'électrode B.
2. Quelle électrode (A ou B) est chargée positivement ? négativement ?

3. Quelle tension mesure le voltmètre ?

4. En théorie, quand le point C de la sonde est en A, que vaut V_C (potentiel en C).

On déplace la sonde sur toute la surface de l'électrode A, puis sur toute la surface de l'électrode B.

5. Qu'observez-vous ?

On déplace maintenant la sonde tenue verticalement, de la plaque A vers la plaque B selon l'axe (Ox) .

6. Que constatez-vous ?

7. Comment faut-il déplacer la sonde afin d'avoir toujours le même potentiel en C ?

8. Sur votre copie :

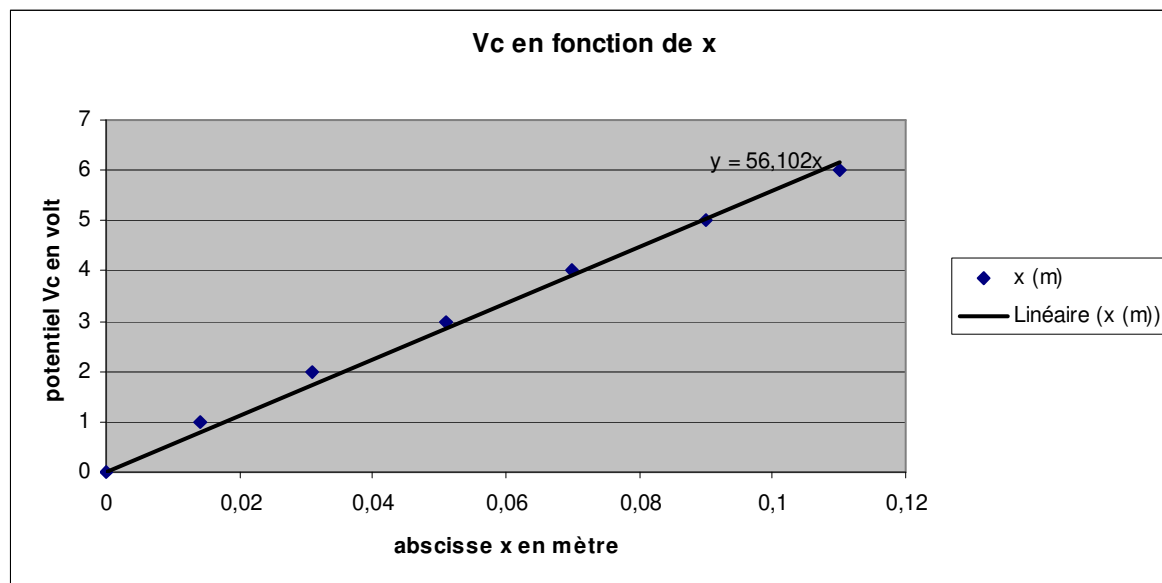
- tracer les deux électrodes A et B en respectant la distance qui les sépare.

- tracer les deux axes (Ox, Oy)

- reporter les points ayant le même potentiel et relier ces points afin de visualiser les équipotentiels.

10. En déduire la direction et le sens du vecteur champ électrostatique noté \vec{E} . Représenter quelques vecteurs \vec{E} sur la feuille de papier millimétré sans souci d'échelle.

Sur un tableur grapheur, on trace et modélise le graphe V_C en fonction de l'abscisse x .



11. Sachant que la valeur du champ électrostatique \vec{E} s'exprime en $V.m^{-1}$, la déterminer à l'aide des résultats précédents.

Exercice n°1 : étude de champ électrique

1. $V_N = 0 \text{ V}$ par convention d'où $V_P = 6 \text{ V}$. En conséquence, $V_A = 0 \text{ V}$ et $V_B = 6 \text{ V}$

2. A est chargée négativement, B est chargée positivement.

3. Le voltmètre mesure U_{CA} (borne V du voltmètre reliée en C)

1.5. $U_{CA} = V_C - V_A = V_C$

Quand C est en A alors $V_C = V_A = 0 \text{ V}$

1.6. Le potentiel est le même sur toute la surface

1.7. Le potentiel augmente quand on va vers l'électrode B

1.8. Il faut déplacer la sonde sur toute la surface perpendiculaire à l'axe (Ox)

1.9. Les équipotentielles sont parallèles aux électrodes

10. Le champ de pesanteur est perpendiculaire aux courbes de niveau et orienté dans le sens des altitudes décroissantes ; Par analogie, le champ électrostatique est perpendiculaire aux équipotentielles et orienté vers dans le sens des potentiels décroissants.

11. L'équation de la droite est ici $V_C \approx 56 \cdot x$ (la distance entre les électrodes est de 11 cm) donc V_C est proportionnel à x .

$E = 56 \text{ V.m}^{-1}$

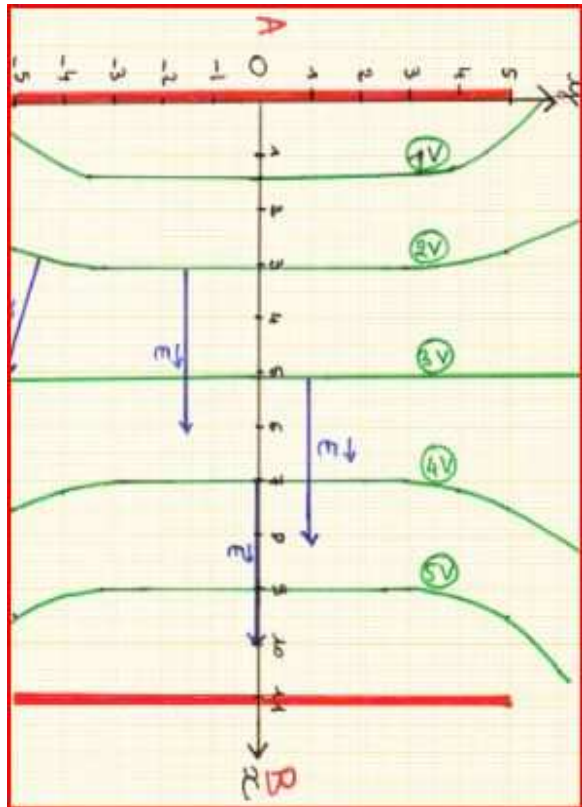


fig. 1

fig.2

En février 1971, la mission américaine Apollo XIV devient la huitième mission habitée du programme Apollo et la troisième à se poser sur la Lune. Lors de cette mission, un des astronautes, Alan B. Shepard Jr, installe un réflecteur de lumière sur le sol lunaire. Il réalise aussi un rêve : jouer au golf sur la Lune !

Données :

- Célérité de la lumière dans le vide et dans l'air : $c = 299\,792\,458 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
- Constante gravitationnelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-2}$.
- Valeur du champ de pesanteur terrestre : $g_T = 9,81 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$.
- La Terre et la Lune sont supposées sphériques.

	Masse	Rayon
Terre	$M_T = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$	$R_T = 6,38 \times 10^3 \text{ km}$
Lune	$M_L = 7,33 \times 10^{22} \text{ kg}$	$R_L = 1,74 \times 10^3 \text{ km}$

Golf lunaire

Interview de l'astronaute Alan B. Shepard Jr :

« - Dix ans après votre premier vol, vous êtes allé sur la Lune (Apollo XIV, en 1971), où vous vous êtes livré à un exercice assez original...

- Oui, j'ai joué au golf sur la Lune ! J'ai failli rater la première balle parce que j'étais gêné par ma combinaison spatiale et elle a lamentablement échoué dans un cratère tout proche. La seconde, grâce à la faible gravité, est partie à des kilomètres et des kilomètres, sans bruit, semblant ne jamais vouloir se poser. »

D'après l'interview de F. Nolde-Langlois - 29/06/1995 – Libération

Dans cette partie, on souhaite vérifier quelques-uns des propos formulés par l'astronaute lors de l'interview.

2.1. Interaction gravitationnelle lunaire.

Faire un schéma d'un objet de masse m à l'altitude h au voisinage de la Lune, en représentant :

- le vecteur unitaire \vec{u} orienté de l'objet vers le centre de la Lune ;
- le vecteur \vec{F} modélisant la force d'interaction gravitationnelle exercée par la Lune sur l'objet.

Donner l'expression vectorielle de cette force d'interaction gravitationnelle en fonction de G, m, M_L, h, R_L et \vec{u} .

2.2. Champ de pesanteur lunaire.

2.2.1. En faisant l'hypothèse que le poids sur la Lune est égal à la force d'interaction gravitationnelle, donner l'expression vectorielle \vec{g}_L du champ de pesanteur à une altitude h en fonction de G, M_L, h, R_L et \vec{u} .

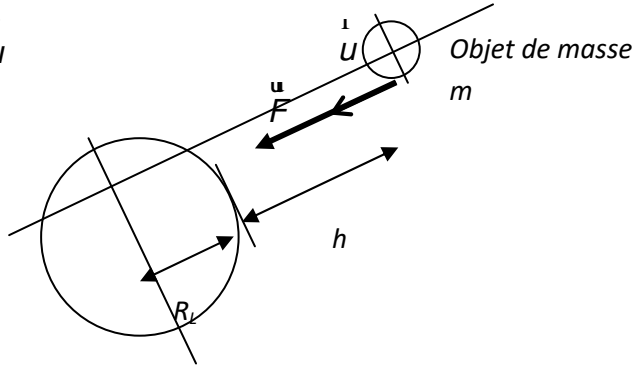
2.2.2. Calculer la valeur du champ de pesanteur g_L à la surface de la Lune.

2.2.3. Expliquer pourquoi Alan B. Shepard Jr parle alors de « faible gravité » sur la Lune.

CORRECTION Golf lunaire

2.1. Interaction gravitationnelle lunaire.

$$\vec{F} = G \cdot \frac{m \cdot M_L}{(R_L + h)^2} \cdot \vec{u}$$



Lune de masse

M_L

2.2. Champ de pesanteur lunaire.

$$2.2.1. \vec{P} = m \cdot \vec{g}_L = \vec{F} = G \cdot \frac{m \cdot M_L}{(R_L + h)^2} \cdot \vec{u}$$

On en déduit que $\vec{g}_L = G \cdot \frac{M_L}{(R_L + h)^2} \cdot \vec{u}$

$$2.2.2. g_L = G \cdot \frac{M_L}{(R_L + h)^2}, \text{ or à la surface de la Lune } h = 0, \text{ ainsi } g_L = G \cdot \frac{M_L}{R_L^2}$$

$$g_L = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{7,33 \times 10^{22}}{(1,74 \times 10^3 \times 10^3)^2} = 1,61 \text{ m.s}^{-2} \text{ ou N.kg}^{-1} \quad \text{avec } R_L \text{ converti en mètre.}$$

2.2.3. Le champ de pesanteur lunaire est bien plus faible que celui de la Terre qui vaut $9,81 \text{ N.kg}^{-1}$, c'est pourquoi Alan B. Shepard parle de faible gravité.

