

FORCES ET CHAMPS ASSOCIÉS

Objectif : il s'agit dans cette activité d'étudier les propriétés des champs associés à deux interactions particulières : l'interaction électrostatique et l'interaction gravitationnelle.

I. NOTION DE CHAMP

1. Définition

En physique, un champ est un outil de description de l'espace. On peut définir un champ en tout point de l'espace, associé à la propriété ou la grandeur physique qu'on souhaite caractériser.

Par exemple, un champ de pressions peut traduire les valeurs d'une grandeur physique, la pression, sur une zone géographique donnée.

De même, le champ de gravitation généré par un astre traduit la modification des propriétés de l'espace induite par la présence de l'astre massif.

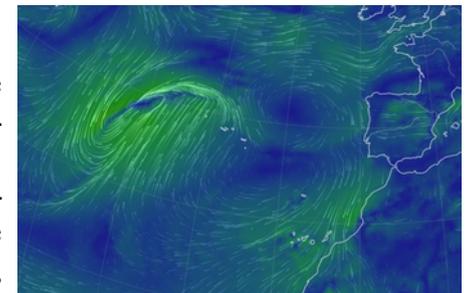


Exemple 1 - Champ scalaire : champ des pressions en météo

2. Champ scalaire, champ vectoriel

Un champ *SCALAIRE* est à même de représenter une propriété de l'espace caractérisée par une *VALEUR NUMÉRIQUE* : champ de pressions, champ de températures, par exemple.

Un champ est *VECTORIEL* si la propriété ou la grandeur physique qu'il décrit est caractérisée par *UN SENS*, *UNE DIRECTION* et *UNE INTENSITÉ* et se représente en un point de l'espace par *UN* vecteur : champ des vitesses dans un fluide, champ de gravitation, champ magnétique, etc...



Exemple 2 - Champ vectoriel : carte des vents en météorologie

II. CHAMP ÉLECTRIQUE

1. Définition

Le champ électrique est noté \vec{E} et traduit une modification des propriétés de l'espace pouvant résulter de la présence de charges électriques.

En présence d'un champ électrique, une particule supposée ponctuelle, portant une charge électrique q , est soumise à une force \vec{F} qui s'exprime par :

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E}$$

2. Champ créé par une sphère chargée

On modélise la situation par un dispositif en deux dimensions : cuve au centre de laquelle on place une point métallique chargée à l'aide d'une machine de Wimshurst.

1. *Quel semble être l'aspect des lignes de champ ?*
2. *Sachant que $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$ et que deux charges de signes opposés s'attirent, justifiez par un raisonnement qualitatif que \vec{E} est dirigé vers les charges négatives.*
3. *En rappelant la loi de Coulomb et en la confrontant à l'expression $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$, établir l'expression vectorielle du champ électrique \vec{E} en un point situé à la distance r d'une charge ponctuelle q .*

3. Champ électrique dans un condensateur plan

Un condensateur plan est composé de deux plaques conductrices portant des charges opposées, séparées par un isolant.

On note U la tension, ou différence de potentiel, existant entre les deux plaques séparées par la distance d .

1. *Quelle est la géométrie des lignes de champ dans un tel dispositif ?*
2. *On peut montrer que le champ électrique \vec{E} est uniforme entre les plaques et que $E = \frac{U}{d}$. Représenter le champ de vecteurs entre les plaques d'un condensateur plan.*

4. Phénomène d'électrisation

1. Rappeler la définition du *COURANT ÉLECTRIQUE*. Quelle est la nature du courant électrique dans les *SOLIDES* ?
2. À quelle condition qualifie-t-on un matériau de *CONDUCTEUR* électrique ? Et d'*ISOLANT* électrique ?

Différencier électrisation par influence et électrisation par contact

1. Observez l'expérience du carillon électrostatique. Notez en particulier les phases différentes de l'expérience.
2. Proposer une interprétation à l'aide de schémas sur lesquels figureront les signes des porteurs de charge. On considérera que l'action de la machine de Wimshurst charge une plaque positivement et l'autre négativement.
3. Interpréter en termes d'électrisation. À quel moment y a-t-il électrisation par contact ? À quel moment y a-t-il électrisation par influence ?

III. CHAMP DE GRAVITATION

1. Expression du champ de gravitation

On rappelle qu'un objet de masse m subit au voisinage de la Terre une force de gravitation qui s'exprime de la façon suivante : $\vec{F} = G \times \frac{m \times M_T}{r^2} \cdot \vec{u}$, où M_T est la masse de la Terre, G la constante de gravitation universelle et r la distance qui sépare l'objet du centre de la Terre. \vec{u} est un vecteur unitaire tel que $\|\vec{u}\|=1$, sa direction sera définie ultérieurement.

Le champ de gravitation caractérise l'effet de la Terre, à une distance r de son centre, indépendamment de la masse m de l'objet qui subit le champ.

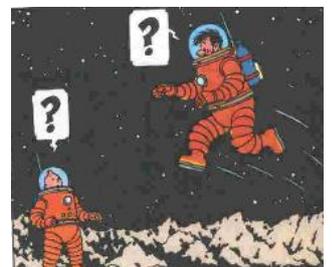
On définit le champ de gravité \vec{g} de la Terre par l'influence qu'il exerce sur un objet de masse m . Cela se traduit par la $\vec{F} = m \times \vec{g}$. Au niveau du sol, la force \vec{F} est appelée le poids et est notée \vec{P} .

On peut alors écrire :

$$\vec{g} = \frac{G \times M_T}{r^2} \cdot \vec{u}$$

1. Calculer la valeur numérique du champ de gravitation sur Terre au niveau du sol. Pouvez-vous vous attendre à ce résultat ? Cette valeur sera notée g_0 dans la suite.
2. Comment faudrait-il adapter la relation précédente pour qu'elle s'applique sur la Lune ? Effectuez les modifications nécessaires et justifiez par un calcul le phénomène illustré ci-contre.

Données : $R_L = 1737 \text{ km}$; $M_L = 7,35 \times 10^{22} \text{ kg}$.



2. Lignes de champ

1. Comment mettre en évidence les lignes de champ du champ gravitationnel ?
2. Précisez alors la direction et le sens (vers le centre de l'astre ou vers l'extérieur) du vecteur unitaire \vec{u} utilisé précédemment.
3. Quelle approximation peut-on faire sur ces lignes de champ si on se limite à une zone géographique très restreinte (la pièce par exemple ou le terrain de sport à l'extérieur) ?

4. Variation avec l'altitude

1. On peut transformer l'expression du champ de gravitation g pour faire intervenir l'altitude h :

$$g = G \times \frac{M_T}{(R_T + h)^2}$$

En utilisant l'expression de g_0 (au niveau du sol, quand h est égal à 0), montrer que g peut s'exprimer

$$\text{par } g = g_0 \cdot \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2}.$$

2. Exploitez cette relation avec la feuille de calcul **Variations_g_altitude_vider.ods** que vous pouvez récupérer en cliquant sur ce lien, ou en le tapant dans une barre d'adresse de navigateur : <https://colibris.link/g-altitude> (cliquer sur Télécharger en haut à droite de la page)

Entrez les formules permettant de calculer **g en fonction de h** et la **variation relative** $\frac{\Delta g}{g_0}$, définie

$$\text{par : } \frac{\Delta g}{g_0} = \frac{|g_0 - g|}{g_0} \times 100.$$

3. À partir de quelle altitude le champ de gravitation terrestre a-t-il diminué de 1 % ?
4. Dans les activités usuelles, pourquoi considère-t-on généralement le champ gravitationnel comme uniforme ?

EXERCICES BILANS : N° 41 ET 42 PAGE 232 DU LIVRE.

