

Interactions et Champs

Prérequis

Avant d'aborder ce cours, il est essentiel de maîtriser les notions suivantes acquises lors des années précédentes :

- Les bases de la mécanique newtonienne : forces, lois de Newton, mouvement.
- La notion de gravitation universelle.
- Les concepts d'électricité : charge électrique, courant électrique, tension électrique.
- Les unités du Système International (SI) : mètre (m), kilogramme (kg), seconde (s), ampère (A), volt (V), newton (N).
- Les vecteurs : addition, soustraction, composantes.

Ce cours sur les interactions et les champs s'inscrit dans la continuité de l'étude des forces fondamentales de la nature. Il intervient généralement après un chapitre d'introduction sur les interactions fondamentales (gravitationnelle, électromagnétique, forte et faible) et précède l'étude des ondes.

Champ de gravitation

Introduction à la notion de champ

Un **champ** est une grandeur physique (scalaire ou vectorielle) définie en tout point de l'espace. On peut se représenter un champ comme une "influence" qui règne dans une région de l'espace, et qui est susceptible d'agir sur un objet placé dans cette région. Cette notion permet de décrire les interactions à distance, comme l'interaction gravitationnelle ou l'interaction électromagnétique, sans avoir besoin de postuler un contact direct entre les objets.

Le champ de gravitation

Définition

Le **champ de gravitation** \vec{g} en un point de l'espace est le vecteur force gravitationnelle \vec{F}_G qu'un objet de masse m subirait en ce point, divisée par sa masse m .

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}_G}{m}$$

L'unité du champ de gravitation est le newton par kilogramme (N/kg), qui est équivalent au mètre par seconde au carré (m/s²).

Champ de gravitation créé par une masse ponctuelle

Considérons une masse ponctuelle M placée à l'origine d'un repère. Le champ de gravitation \vec{g} créé par cette masse en un point P situé à une distance r de M est donné par la loi de la gravitation universelle :

$$\vec{g} = -G \frac{M}{r^2} \vec{u}_r$$

où :

- G est la constante de gravitation universelle ($G \approx 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$) ;
- M est la masse de l'objet créant le champ (en kg) ;
- r est la distance entre la masse M et le point où l'on calcule le champ (en m) ;
- \vec{u}_r est un vecteur unitaire dirigé radialement de la masse M vers le point P . Le signe négatif indique que le champ de gravitation est attractif, c'est-à-dire qu'il pointe vers la masse M .

Exemple : Calcul du champ gravitationnel à la surface de la Terre. La masse de la Terre est $M_T \approx 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ et son rayon est $R_T \approx 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$. Le champ gravitationnel à la surface de la Terre est donc :

$$g = G \frac{M_T}{R_T^2} \approx 9,81 \text{ m/s}^2$$

Cette valeur est l'accélération de la pesanteur, souvent notée g .

Principe de superposition

Si plusieurs masses ponctuelles créent un champ de gravitation en un point donné, le champ résultant est la somme vectorielle des champs créés par chaque masse individuellement. C'est le **principe de superposition**.

$$\vec{g}_{\text{total}} = \vec{g}_1 + \vec{g}_2 + \vec{g}_3 + \dots$$

Question de réflexion : Comment ce principe s'applique-t-il si on considère la gravitation exercée par la Lune et le Soleil sur un point de la Terre ?

Champ électrique

La force électrostatique (rappel)

La **force électrostatique** \vec{F}_E entre deux charges ponctuelles q_A et q_B séparées par une distance r est donnée par la loi de Coulomb :

$$\vec{F}_E = k \frac{q_A q_B}{r^2} \vec{u}_r$$

où :

- k est la constante de Coulomb ($k \approx 8,99 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$) ;
- q_A et q_B sont les charges électriques (en coulombs, C) ;
- r est la distance entre les charges (en m) ;
- \vec{u}_r est un vecteur unitaire dirigé de la charge q_A vers la charge q_B .

La force est attractive si les charges sont de signes opposés, et répulsive si elles sont de même signe.

Définition du champ électrique

Le **champ électrique** \vec{E} en un point de l'espace est le vecteur force électrostatique \vec{F}_E qu'une charge de test q (positive par convention) subirait en ce point, divisée par la valeur de cette charge q .

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_E}{q}$$

L'unité du champ électrique est le newton par coulomb (N/C), qui est équivalent au volt par mètre (V/m).

Champ électrique créé par une charge ponctuelle

Le champ électrique \vec{E} créé par une charge ponctuelle Q placée à l'origine d'un repère, en un point P situé à une distance r de Q , est donné par :

$$\vec{E} = k \frac{Q}{r^2} \vec{u}_r$$

où :

- k est la constante de Coulomb ;
- Q est la charge électrique (en C) ;
- r est la distance entre la charge Q et le point où l'on calcule le champ (en m) ;
- \vec{u}_r est un vecteur unitaire dirigé radialement de la charge Q vers le point P . Si Q est positive, le champ électrique pointe vers l'extérieur. Si Q est négative, le champ électrique pointe vers l'intérieur.

Exemple : Calcul du champ électrique créé par une charge de $1 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ à une distance de 1 mètre.

$$E = k \frac{Q}{r^2} = 8,99 \cdot 10^9 \frac{1 \cdot 10^{-9}}{1^2} \approx 8,99 \text{ V/m}$$

Principe de superposition

Comme pour le champ de gravitation, si plusieurs charges ponctuelles créent un champ électrique en un point donné, le champ résultant est la somme vectorielle des champs créés par chaque charge individuellement. C'est le **principe de superposition**.

$$\vec{E}_{\text{total}} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots$$

Question de réflexion : Comment utiliser le principe de superposition pour calculer le champ

électrique au centre d'un carré dont les sommets sont occupés par des charges de même valeur absolue, mais de signes alternés ?

Analogie et différences entre champ gravitationnel et champ électrique

Analogie

- Les deux champs sont des champs vectoriels.
- Les deux champs suivent une loi en inverse du carré de la distance.
- Les deux champs obéissent au principe de superposition.

Différences

- Le champ gravitationnel est toujours attractif, alors que le champ électrique peut être attractif ou répulsif.
- Le champ gravitationnel agit sur la masse, alors que le champ électrique agit sur la charge électrique.
- L'intensité des forces électriques est généralement beaucoup plus grande que celle des forces gravitationnelles à l'échelle atomique.

Exemple : Comparaison des forces gravitationnelle et électrique entre un proton et un électron. La force électrique est environ 10^{39} fois plus intense que la force gravitationnelle.

Résumé

- **Champ :** Grandeur physique (scalaire ou vectorielle) définie en tout point de l'espace.
- **Champ de gravitation \vec{g} :** Force gravitationnelle par unité de masse. $\vec{g} = \frac{\vec{F}_G}{m}$. Unité : N/kg ou m/s².
- Champ gravitationnel créé par une masse ponctuelle : $\vec{g} = -G \frac{M}{r^2} \vec{u}_r$.
- **Champ électrique \vec{E} :** Force électrostatique par unité de charge. $\vec{E} = \frac{\vec{F}_E}{q}$. Unité : N/C ou V/m.
- Champ électrique créé par une charge ponctuelle : $\vec{E} = k \frac{Q}{r^2} \vec{u}_r$.
- **Principe de superposition :** Le champ résultant créé par plusieurs sources est la somme vectorielle des champs créés par chaque source individuellement.
- **Loi de Coulomb (force électrostatique) :** $\vec{F}_E = k \frac{q_A q_B}{r^2} \vec{u}_r$
- **Constante de gravitation universelle :** $G \approx 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$
- **Constante de Coulomb :** $k \approx 8,99 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$

Idées principales par chapitre :

- **Chapitre 1 (Champ de gravitation) :** Définition du champ de gravitation, calcul du champ

créé par une masse ponctuelle, application du principe de superposition.

- **Chapitre 2 (Champ électrique)** : Définition du champ électrique, loi de Coulomb, calcul du champ créé par une charge ponctuelle, application du principe de superposition.
- **Chapitre 3 (Analogie et différences)** : Comparaison entre le champ gravitationnel et le champ électrique en termes de similitudes et de différences.

Évaluation QCM

[Q] Quelle est l'unité du champ de gravitation dans le Système International ?

[R_C] N/kg

[R_C] m/s^2

[R] C/N

[R] V/m

[EXP] Le champ de gravitation est une accélération, donc son unité est m/s^2 , qui est équivalent à N/kg.

[Q] Laquelle des affirmations suivantes concernant le champ électrique est correcte ?

[R_C] Il est défini comme la force électrique par unité de charge.

[R] Il est toujours attractif.

[R] Il est une grandeur scalaire.

[R] Il est indépendant de la présence de charges électriques.

[EXP] Par définition, le champ électrique est le rapport de la force électrique sur la charge.

[Q] Quelle est la loi qui décrit la force électrostatique entre deux charges ponctuelles ?

[R_C] La loi de Coulomb

[R] La loi de Newton

[R] La loi d'Ohm

[R] La loi de Faraday

[EXP] La loi de Coulomb décrit la force entre deux charges.

[Q] Si plusieurs charges électriques créent un champ électrique en un point, comment obtient-on le champ résultant ?

[R_C] En faisant la somme vectorielle des champs créés par chaque charge.

[R] En faisant la somme scalaire des champs créés par chaque charge.

[R] En multipliant les champs créés par chaque charge.

[R] En divisant les champs créés par chaque charge.

[EXP] Le principe de superposition stipule que le champ résultant est la somme vectorielle des champs individuels.

[Q] Le champ gravitationnel est-il toujours attractif, répulsif ou peut-il être les deux ?

[R_C] Toujours attractif.

[R] Toujours répulsif.

[R] Attractif pour les masses positives et répulsif pour les masses négatives.

[R] Dépend de la polarité de la masse.

[EXP] La gravitation est une force uniquement attractive.

[Q] Deux charges ponctuelles, l'une positive et l'autre négative, sont placées à une certaine distance l'une de l'autre. La force entre elles est :

[R_C] Attractive

[R] Répulsive

[R] Nulle

[R] Dépend de la valeur des charges

[EXP] Les charges de signes opposés s'attirent.

[Q] Si la distance entre deux charges est doublée, comment change la force électrostatique entre elles ?

[R] Elle double.

[R] Elle est divisée par deux.

[R_C] Elle est divisée par quatre.

[R] Elle est multipliée par quatre.

[EXP] La force est inversement proportionnelle au carré de la distance.

[Q] Quelle est la principale différence entre le champ gravitationnel et le champ électrique ?

[R_C] Le champ gravitationnel agit sur la masse, tandis que le champ électrique agit sur la charge.

[R] Le champ gravitationnel est plus fort que le champ électrique.

[R] Le champ électrique est toujours attractif, tandis que le champ gravitationnel est répulsif.

[R] Ils sont identiques.

[EXP] Les champs agissent sur des propriétés différentes de la matière.

[Q] Quelle est la direction du champ électrique créé par une charge ponctuelle positive ?

[R_C] Radiale, s'éloignant de la charge.

[R] Radiale, pointant vers la charge.

[R] Tangentielle à la charge.

[R] Circulaire autour de la charge.

[EXP] Par convention, le champ électrique d'une charge positive pointe vers l'extérieur.

[Q] Quelle est l'unité de la constante de Coulomb dans le Système International ?

[R] $N \cdot m^2 / kg^2$

[R_C] $N \cdot m^2 / C^2$

[R] $N \cdot C^2 / m^2$

[R] $kg \cdot m^2 / N^2$

[EXP] La constante de Coulomb relie la force, les charges et la distance, donc l'unité est $N \cdot m^2 / C^2$.

From:
<https://wikiprof.fr/> - **wikiprof.fr**

Permanent link:
https://wikiprof.fr/doku.php?id=cours:lycee:generale:terminale_generale:physique_chimie:interactions_et_champs

Last update: **2025/07/01 12:31**

