

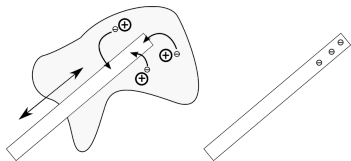
P1 : Interactions fondamentales et notion de champ

Dans ce chapitre on s'intéresse à deux interactions fondamentales : la **gravitation** et l'interaction **électrique**. On verra aussi qu'une force peut être interprétée soit comme l'effet direct d'un corps sur un autre, soit comme l'action d'un « champ ».

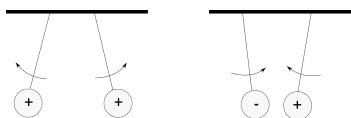
1 L'interaction électrostatique.

A. Charges et interactions électrostatique

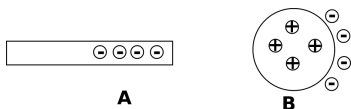
- Un objet isolant peut acquérir des propriétés électrique, on dit qu'il porte des **charges électriques** (ou qu'il est électrisé)



- L'expérience montre qu'il existe deux types de charges électriques, notées + et -



- Les charges de même signe se repoussent et celle de signe contraire s'attirent.
- Un objet électrisé est capable de séparer les charges électriques d'un objet qui est proche de lui par influence.



B. Loi de Coulomb.

Définition Loi de Coulomb:

La force électrostatique exercée par une **charge** q_A sur une charge q_B placée à une distance d est :

$$\vec{F}_{A/B} = \frac{k \times q_A \times q_B}{d^2} \vec{u}_{A/B}$$



Charles-Augustin de Coulomb (1736-1806)

q_A et q_B sont les charges en coulomb (C)
 d la distance en mètre (m)
 F la force en newton (N)
 $k = 8,99 \times 10^9 \text{ N.m}^2\text{C}^{-2}$
 $\vec{u}_{A/B}$ est un vecteur unitaire dirigé de A vers B

Important :

Si les charges sont de même signe :	Si les charges sont de signes opposés :
alors $q_A \times q_B > 0$ donc $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{u}_{A/B}$ sont de même sens	alors $q_A \times q_B < 0$ donc $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{u}_{A/B}$ sont de sens opposé !
la force de A/B est attractive	la force de A/B est répulsive

Attention :

- Ne pas confondre** une force et sa norme ! Une force est un vecteur et la norme est sa valeur. $\vec{F} \neq F$!
- La norme d'un vecteur est toujours **positive**. Il faut donc parfois utiliser une valeur absolue $F = \frac{|k \times q_A \times q_B|}{d^2}$ pour être sûr qu'elle ne soit pas négative.
- On rappelle que $\vec{F}_{B/A} = -\vec{F}_{A/B}$

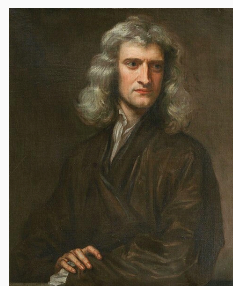
2 L'interaction gravitationnelle.

Tous les objets s'attirent les uns les autres en raison de leur masse.

Définition Loi de Newton:

La force gravitationnelle exercée par un point de masse m_A sur un point de masse m_B placé à une distance d est :

$$\vec{F}_{A/B} = -\frac{G \times m_A \times m_B}{d^2} \vec{u}_{A/B}$$



Isaac Newton (1643-1727)

m_A et m_B les masses en kilogramme (kg)
 d la distance en mètre (m)
 $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2\text{kg}^{-2}$ est la constante gravitationnelle.
 $\vec{u}_{A/B}$ le vecteur unitaire dirigé de A vers B

Remarques :

- La loi de Newton est valable pour des corps sphériques (planètes) à condition d'utiliser la distance en les centres.
- Comme les masses sont positives, la force gravitationnelle est toujours attractive
- Les lois de Newton de Coulomb ont la même forme mathématique, car elles sont inversement proportionnelles au carré de la distance.

3 Notion de champ.

Lorsque deux points A et B sont en interaction à distance, 2 interprétations sont possibles :

- Dire que B subit la force directement **exercée par A** à distance.

- Ou dire que A créé un champ autour de lui, et B subit une force **exercée par le champ** au point où il se trouve.

A. Champ de gravitation

Lorsque deux points A et B sont en interaction gravitationnelle, on peut dire :

- B subit la **force** exercée par A: \vec{F} (à distance)
- B est soumis au champ. $\vec{\zeta}$ (qui existe au B)

Définition Champ gravitationnel

Une masse ponctuelle m placée en un point de l'espace où existe un **champ gravitationnel**, $\vec{\zeta}$, subit une force gravitationnelle :

$$\vec{F} = m \times \vec{\zeta}$$

B. Champ électrostatique

Le principe est le même : la présence de charges électriques crée un champ électrostatique \vec{E} dans l'espace

Définition Champ électrostatique

Une charge ponctuelle q placée en un point de l'espace où il y a un **champ électrostatique**, \vec{E} subit une force électrostatique

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

Remarque importante :

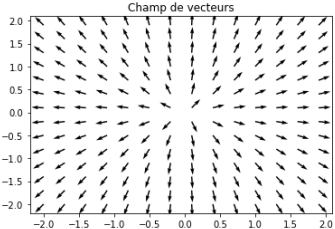
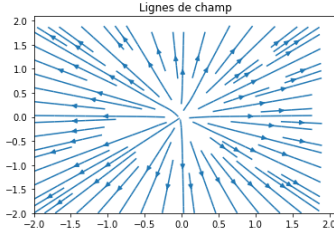
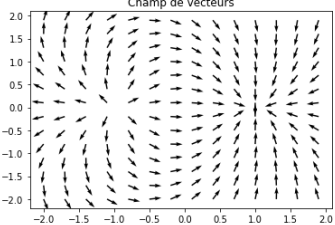
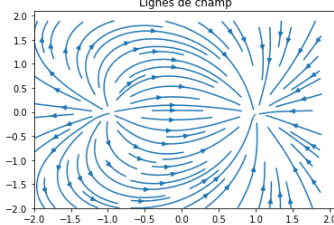
- Si $q > 0$, la force est de même sens que le champ \vec{E}
 Si $q < 0$ la force est de sens opposée au champ.

C. Lignes de champ

Les champs gravitationnel ou électrostatique sont vectoriels pour les représenter dans une zone de l'espace, on dessine soit :

Ce qu'il faut savoir faire ↓

- ✓ Interpréter des expériences mettant en jeu l'interaction électrostatique.
- ✓ Utiliser la loi de Coulomb.
- ✓ Citer les analogies entre la loi de Coulomb et la loi d'interaction gravitationnelle.
- ✓ Utiliser les expressions vectorielles :
 de la force de gravitation et du champ de gravitation ;
 de la force électrostatique et du champ électrostatique.
- ✓ Caractériser localement une ligne de champ électrostatique ou de champ de gravitation.

Les vecteurs en différents points	Des lignes qui sont tangentes au champ, où « lignes de champ »
Exemple 1 : Champ électrostatique d'une charge positive.	
	
Exemple 2 : Champ électrostatique de deux charges de signes différents.	
	

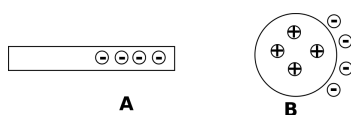
P1 : Activité et Exercices

⚠ Méthode de travail à suivre :

- **Lire** la partie cours et suivre les **explications** du professeur.
- **Rédiger** les réponses aux questions Q1.. sur une feuille de travail. Ne pas attendre la correction pour commencer !
- **Réaliser** une carte mentale (ou un résumé) du cours
- **Faire les exercices** dans l'ordre (sur une feuille)

Rappels :

- Q1.** En physique, qu'est-ce qu'une force ? Donner quelques exemples.
- Q2.** Comment les représente-t-on sur les dessins ?
- Q3.** Donner les noms des 3 caractéristiques d'une force.
- Q4.** Interpréter ce qui se passe dans la situation ci dessous en utilisant les mots *noyaux*, *électrons*



- Q5.** Sur les schémas ci-dessous dessiner (sans échelle particulière):

- le vecteur $\vec{u}_{A/B}$ au point B.
- la force exercée par A sur B notée $\vec{F}_{A/B}$

Situation n°1 $q_A > 0$ et $q_B > 0$	Situation n°2 $q_A < 0$ et $q_B > 0$

- Q6.** Calculer la valeur de la force $F_{\text{proton/électron}}$ pour une distance de 1,0 nm entre l'électron et le proton.

Données : $q_{\text{proton}} = e = 1,6 \times 10^{-19} \text{C}$ et $q_{\text{électron}} = -e = -1,6 \times 10^{-19} \text{C}$

- Q7.** Calculer la valeur de la force exercée par la Terre sur la Lune.

Données : $m_{\text{Terre}} = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$; $m_{\text{Lune}} = 7,35 \times 10^{22} \text{ kg}$; $d_{T-L} = 3,84 \times 10^5 \text{ km}$.

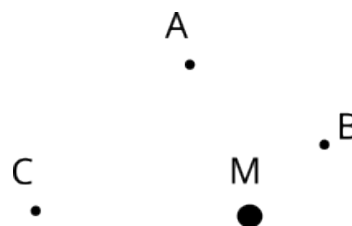
- Q6.** Expliquer le mouvement de rotation de l'aiguille d'une boussole en utilisant:

- le mot de *force*
- l'expression de *champ magnétique*.

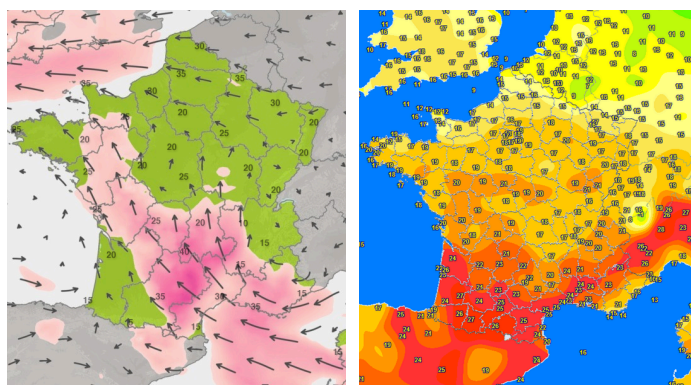
- Q7. Question importante:** En utilisant la loi de Newton, donner l'expression (formule) du champ gravitationnel $\vec{\zeta}$ exercé par une masse ponctuelle A en un point M. On notera d la distance AM.

- Q8.** En utilisant le résultat précédent, que peut on dire de la valeur du champ si la distance est doublée ?

- Q9.** Sur le schéma ci dessous, une masse M exerce un champ gravitationnel autour d'elle. Représenter sans échelle mais de façon cohérente les vecteurs champs aux points notés A,B et C.



- Q10.** Une grandeur physique qui varie selon sa position dans l'espace constitue un champ. Sur les cartes ci-dessous quelles sont les deux champs représenté ?



Rappels de mathématique :

- 1)** Utilisation de la calculette

Par exemple pour taper $1,6 \times 10^{-19}$ il faut taper



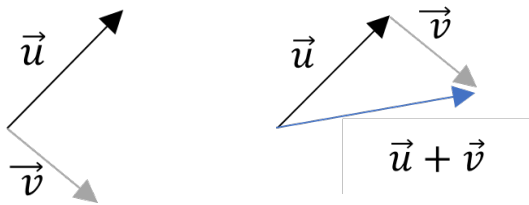
La calculette affiche **1.6E-19**

Attention à ne pas écrire les puissances de 10 de cette façon sur le papier ! Il existe d'autres méthodes pour saisir les puissances de 10 mais elles risquent de générer des erreurs ...

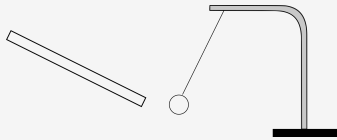
- 2)** Somme de deux vecteurs.

À partir des deux vecteurs \vec{u} et \vec{v} , comment construire graphiquement le vecteur $\vec{w} = \vec{u} + \vec{v}$?

- On « glisse » la base de \vec{v} au niveau de la pointe de \vec{u}
- On trace le vecteur qui part de la base de \vec{u} jusqu'à la pointe de \vec{v}



Exercice 1: Charges et pendule



On frotte une baguette de verre avec une peau de chat. La charge portée par la baguette est de $+5 \text{ nC}$

Données: charge élémentaire $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$,

- 1) Combien de charges élémentaires porte la baguette ?
- 2) Quelle est la valeur de la charge électrique portée par la peau de chat ?
- 3) La baguette de verre est capable d'attirer une petite bille d'aluminium suspendue à l'aide d'un fil. Expliquer pourquoi. (il est possible de représenter les charges sur le schéma)

Exercice 2: L'atome d'hydrogène.

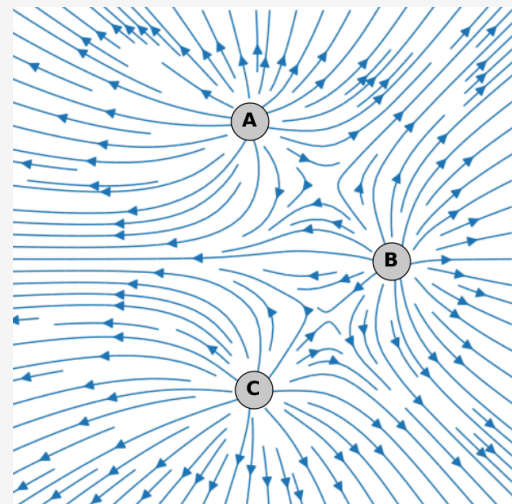
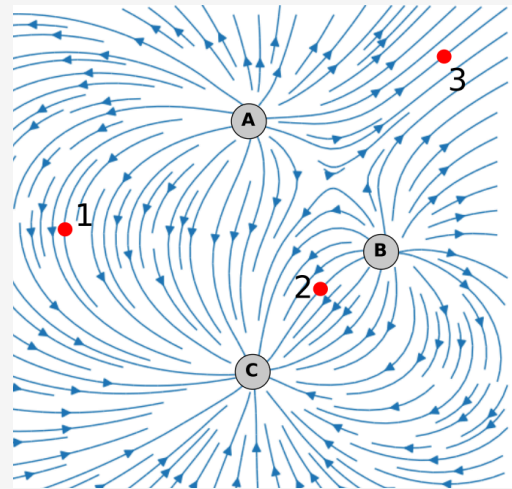
L'atome d'hydrogène est constitué d'un proton de charge $+e$ et de masse $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ autour duquel se trouve un électron de charge $-e$ et de masse $9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$. La distance moyenne entre les deux particules est de 53 pm .

Données: Les constantes fondamentales sont notées dans le cours. $1 \text{ pm (pico)} = 10^{-12} \text{ m}$

- 1) Quel est la direction et le sens de la force gravitationnelle exercée par le proton sur l'électron ?
- 2) Calculer sa valeur.
- 3) Quelle est la direction et le sens de la force électrostatique exercée par le proton sur l'électron ?
- 4) Calculer sa valeur.
- 5) Comparer les valeurs des deux forces et conclure.

Exercice 3: Champs électrostatiques

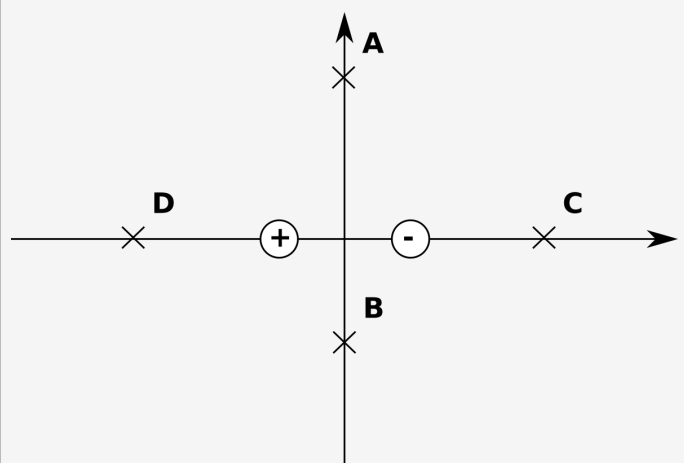
On dispose 3 charges notées A, B et C., déterminer leurs signes pour les deux situations ci-contre (les traits sont des lignes de champs).



Représenter sans échelle :

- le vecteur champ électrostatique au point 1.
- la force exercée sur une charge positive que l'on place au point 2.
- la force exercée sur une charge négative placée au point 3.

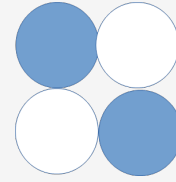
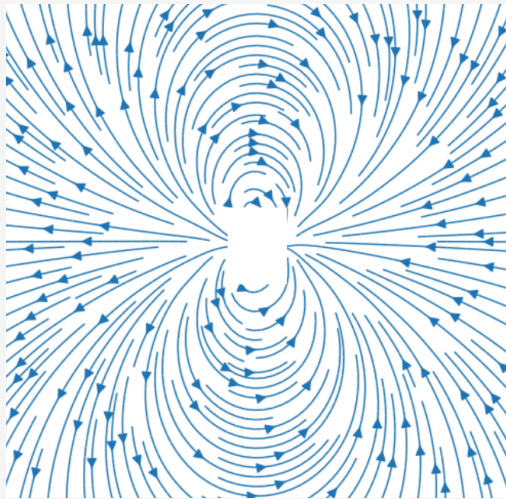
Exercice 4: Champ d'un dipôle



Un dipôle est constitué de deux charges de signes opposés proches l'une de l'autre (voir schéma). On cherche

à déterminer la direction et le sens du champ électrostatique en quelques points.

- 1) Représenter (sans échelle) le champ \vec{E}_1 créé par la charge positive au point A.
- 2) Représenter le champ \vec{E}_2 créé par la charge négative au point A de façon cohérente.
- 3) Représenter le champ des deux charges en A en construisant $\vec{E}_1 + \vec{E}_2$
- 4) Procéder de la même façon pour le point B.
- 5) Tracer approximativement les champs en C et D.
- 6) Comparer vos réponses avec les lignes de champ du document ci-dessous et conclure.



Le proton et le neutron ont une même masse $m = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg et un même rayon $R = 1,2 \cdot 10^{-15}$ m

Données: Charge élémentaire : $e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ C. Les constantes fondamentales sont dans le cours.

- 1) Montrer, à l'aide du schéma, que la distance entre un proton et un neutron est $2R$ alors que la distance entre deux protons est $2\sqrt{2}R$
- 2) Calculer la valeur de la force électrostatique entre 2 protons. Est-elle attractive ou répulsive ?
- 3) Pourquoi n'y a-t-il pas d'interaction électrostatique entre le proton et le neutron ?
- 4) Calculer la valeur de la force gravitationnelle entre 2 protons. Est-elle attractive ou répulsive ?
- 5) Pourquoi l'interaction gravitationnelle est la même entre un proton et un neutron ?
- 6) Dans ce noyau, l'interaction électrostatique est bien plus grande que l'interaction gravitationnelle. Que devrait-il se passer ?

Exercice 5: Champ gravitationnel terrestre.

Données : Masse de la Terre $m_T = 5,97 \times 10^{24}$ kg,
Le rayon de la Terre est de 6380 km.

- 1) Écrire l'expression vectorielle de la force gravitationnelle exercée par la Terre T de masse m_T sur un point P de masse m . On notera \vec{u} le vecteur unitaire dirigé de P vers T
- 2) En déduire l'expression vectorielle du champ gravitationnel exercée par la Terre au point M.
- 3) Calculer la valeur du champ gravitationnel au niveau du sol (altitude 0), et à 10 km d'altitude, puis conclure.
- 4) À quelle altitude le champ de gravitation est deux fois plus petit qu'au niveau du sol ?

Exercice supplémentaire :

Exercice 6: Le noyau d'hélium

Le noyau d'hélium est constitué de 2 protons et 2 neutrons que l'on suppose sphériques et au contact avec les centres dans le même plan comme sur le schéma ci-contre.