

Objectifs du T.P. :

Découvrir les interactions fondamentales et leurs caractéristiques à travers la lecture d'un texte

Savoir calculer et représenter les interactions gravitationnelle et électromagnétique

Utiliser un tableau Excel pour comparer ces interactions

I – Les interactions fondamentales

Extrait : « Le Trésor », dictionnaire des sciences

Michel Serres et Nayla Farouki, éditions Flammarion 1997

Pour rendre compte de tous les phénomènes auxquels ils ont accès, les physiciens ont besoin de faire intervenir quatre interactions qu'ils jugent fondamentales. [...]

La gravitation gouverne notre vie quotidienne, de la chute des corps au mouvement des planètes. Pourtant, son intensité est incomparablement plus faible que celle des autres interactions, si bien qu'on peut la négliger à l'échelle des particules. L'interaction gravitationnelle est attractive et de portée infinie. [...]

L'interaction électromagnétique assure la cohésion des atomes et gouverne aussi bien les réactions chimiques que l'optique. À l'instar de l'interaction gravitationnelle, elle a une portée infinie, mais, étant tantôt attractive, tantôt répulsive (selon le signe relatif des charges en présence), ses effets cumulatifs sont annulés à grande distance du fait de la neutralité globale de la matière. [...]

Par quoi est combattue la répulsion électrique des protons présents au sein du noyau, qui se repoussent puisqu'ils ont des charges électriques de même signe ? Aucune force classique, ni la force électromagnétique, ni la force gravitationnelle, ne peut expliquer cette cohésion nucléaire. On a donc la preuve qu'il y a ici une troisième force, qu'on a appelé l'interaction forte. Elle est très intense et de courte portée, par opposition aux forces classiques qui sont de faible intensité à l'échelle nucléaire, et de portée infinie. [...] Quand à la portée de l'interaction forte, elle est d'environ un fermi, soit un millionième de milliardième de mètre (10^{-15} m). [...]

De très faible portée, l'interaction faible [...] est responsable en particulier de la radioactivité β [...], elle régit les réactions thermonucléaires, qui permettent à notre soleil (et à toutes les étoiles) de produire l'énergie qui nous fait vivre. Sa portée est très courte, environ un millième de fermi, soit 10^{-18} m. C'est donc quasiment une interaction de contact.

Questions

- 1) Quelles sont les quatre interactions présentes dans l'univers ? Sont-elles des interactions à distance ou de contact ? Discutez éventuellement.
- 2) Quelles sont les portée et nature (attractive et/ou répulsive) de l'interaction gravitationnelle ? Citez des exemples par lesquels elle se manifeste.
- 3) Quelles sont les portée et nature (attractive et/ou répulsive) de l'interaction électromagnétique ? Est-elle plus intense que l'interaction gravitationnelle ? Pourquoi n'est-elle pas prépondérante au niveau astronomique ? Citez des exemples par lesquels elle se manifeste.
- 4) Quelle interaction existe entre les protons positifs du noyau ? Est-elle attractive ou répulsive ? Quelle interaction compense largement cette interaction et assure la cohésion du noyau ? Quelles sont ses portée et nature ?
- 5) Quelle est la portée de l'interaction faible ? Citez des exemples par lesquels elle se manifeste.
- 6) Complétez le tableau suivant (négligeable, faible, **prépondérante** = prédominante) :

Niveau d'action de l'interaction	gravitationnelle IG	électromagnétique IE	forte	faible
particule				
nucléaire				
atomique et humaine				
astronomique				

II – Interaction gravitationnelle

1) Expression

Si on considère deux corps **A** et **B**, de masses m_A et m_B , il existe entre eux une action mutuelle appelée interaction gravitationnelle représentée par deux forces dont les valeurs sont données par les expressions suivantes :

$$F_{A/B} = F_{B/A} = G \times m_A \times m_B / AB^2$$

$F_{A/B}$ (en newton) représente la force exercée par **A** sur **B**.

$F_{B/A}$ (en newton) représente la force exercée par **B** sur **A**.

G est la constante universelle de gravitation avec $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ SI $(N \cdot m^2 \cdot kg^{-2})$

AB est la distance séparant les centres des corps en m.

Les masses m_A et m_B sont en kg.

Question : cette expression est-elle en accord avec le fait que l'interaction gravitationnelle existe toujours et que sa portée est infinie ?

2) Représenter les forces de l'interaction gravitationnelle

Ces forces sont représentées par des vecteurs (flèches) qui respectent les quatre caractéristiques suivantes :

- direction : axe qui relie les centres des corps **A** et **B** et qui est confondu avec celui du vecteur ;
- point d'application : point où s'applique la force et d'où part le vecteur ;
- sens : indique vers où s'exerce la force et est matérialisé par la flèche du vecteur ;
- valeur : donnée par la relation précédente.

Questions : soient deux corps **A** et **B** en interaction gravitationnelle. Pour simplifier le raisonnement sur des corps de grande dimension, on attribue au centre du corps **A** la même notation que le corps soit **A** et toute la masse du corps.

a. Complétez la deuxième ligne du tableau.

b. Sur le schéma, tracez en pointillé la droite qui relie les centres des corps **A** et **B** ou droite _____. Complétez la troisième ligne du tableau. Les deux forces ont-elles la même direction ?

c. Complétez les lignes 4 et 5 du tableau.

Force gravitationnelle	$F_{A/B}$	$F_{B/A}$
Elle représente ...	l'action du corps ____ sur le corps _____.	l'action du corps ____ sur le corps _____.
direction		
point d'application		
sens	vers	vers

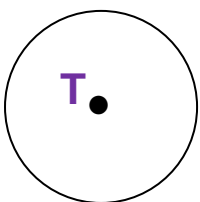
d. Adaptez l'expression de la valeur des forces aux grandeurs suivantes et calculez la valeur de l'interaction Terre-Lune.

Données : $M_T = 6,0 \cdot 10^{24}$ kg $M_L = 7,35 \cdot 10^{22}$ kg $d_{TL} = 384\,000$ km

e. Pour représenter des forces sur un schéma, il est possible d'utiliser une échelle de représentation : $1,0$ cm \leftrightarrow $1,0 \cdot 10^{20}$ N

$L(\text{vecteur}) = \text{valeur de la force} / \text{échelle en N}$

Appliquez cette formule pour calculer la longueur des vecteurs correspondant à l'attraction Terre-Lune et représentez-les sur le schéma en respectant leurs caractéristiques.



III – Interaction électromagnétique

1) Expression

Si on considère deux corps A et B, de charges q_A et q_B , il existe entre eux une action mutuelle appelée interaction électromagnétique représentée par deux forces dont les valeurs sont données par les expressions suivantes :

$$F_{A/B} = F_{B/A} = k \times |q_A| \times |q_B| / AB^2$$

$F_{A/B}$ (en newton) représente la force exercée par A sur B.

$F_{B/A}$ (en newton) représente la force exercée par B sur A.

k est la constante de Coulomb avec $k = 9,0 \cdot 10^9 \text{ SI } (N \cdot m^2 \cdot C^{-2})$

AB est la distance séparant les centres des corps en m.

Les charges q_A et q_B sont en coulomb (C).

Question : cette expression est-elle en accord avec le fait que l'interaction n'existe que dans certaines conditions à préciser et que sa portée est infinie ?

2) Représenter les forces de l'interaction électromagnétique

A – Interaction attractive

Sa représentation est identique à celle de l'interaction gravitationnelle.



Question : Dans quel cas de nature des charges des corps A et B cette interaction est-elle attractive ?

B – Interaction répulsive

1) Refaites le schéma précédent mais adapté à une interaction répulsive (longueur des vecteurs 2,0 cm).

2) Dans quel cas de nature des charges des corps A et B cette interaction est-elle répulsive ?

IV – Comparaison des valeurs des IG et IE

Allez sous le réseau pédagogique « P ». Ouvrez le dossier 1 B puis le fichier Excel correspondant au T.P. 7 : « TP_7_1-eleve.xls ».

Grâce à une feuille de calcul Excel, vous allez comparer les valeurs des différentes interactions.

Après avoir réalisé les consignes de la feuille d'utilisation d'Excel et obtenu les résultats, complétez le tableau suivant et concluez.

Interaction	entre la Terre et le Soleil.	Entre vous et la Terre	entre deux boules chargées	entre deux électrons (cristal)	entre deux protons	entre un proton et un électron (H)	entre un proton et un neutron
IG nature							
IE nature							
IF nature							
If							

Annexe : Utilisation du tableur Excel

Les notions de base :

- Chaque case se nomme une cellule et porte un nom du style A1, A2, B5, ... selon sa position dans le tableau.
- La police doit être adaptée à la largeur de la cellule sinon les nombres sont remplacés par des #. Dans ce cas, diminuez la taille de la police.
- Le signe * signifie « multiplié par » et ^(blanc) « à la puissance ».
- Pour une cellule (plusieurs ou la totalité), vous pouvez jouer sur la police ou la présentation des nombres par un clic gauche et le choix « Format de la cellule ». Vous pouvez y choisir le nombre de chiffres significatifs.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

1	Interaction	2 électrons	2 protons	1 p et 1 e-	1 p
2	m ₁	9,11E-31	1,67E-27	1,67E-27	1
3	m ₂		1,67E-27		
4	q ₁		1,60E-19		
5	q ₂		0,00E+00		
6	d		1,00E-15		
7	IG				
8	IE				
9	IF				
10	If				

The 'Format de cellule' dialog box is open, showing the 'Scientifique' category selected and the number of decimal places set to 2.

Pour écrire une formule de calcul, il faut procéder ainsi :

Pour les forces à portée infinie

Interaction gravitationnelle

- sur la septième ligne, cliquez sur la cellule dans la colonne « 2 électrons » (B7) puis dans la ligne du haut notée **fx** où vous allez écrire la formule ;
- pour introduire G, tapez « =6,67E-11* » puis cliquez sur la masse m₁ de la colonne. B2 s'affiche ;
- sur la ligne **fx**, tapez la suite de la formule « * » puis cliquez sur la masse m₂ (B3). À présent, vous avez comme formule sur « =6,67E-11* B2*B3 » ;
- sur la ligne **fx**, pour diviser par la distance d², tapez la suite de la formule « / » puis cliquez sur la distance d de la colonne. B6 s'affiche ;
- pour mettre cette distance au carré, sur **fx**, tapez « ^(espace)2 ». La formule obtenue est : « =0,0000000000667*B2*B3/B6^2 ». « Enter » ;
- étendez cette formule sur l'ensemble de la ligne, les variables **B2**, **B3** et **B4** de la formule s'adaptent à la colonne dans lesquels ils sont. Exemple de la colonne suivante : « =0,0000000000667*C2*C3/C6^2 ». Pour étendre la formule, cliquez sur la cellule du résultat de IG, identifiez le petit carré du coin en bas et à droite et opérez un clic gauche dessus. En maintenant appuyé, étendez le carré jusqu'à englober la cellule le plus à droite.

Interaction électromagnétique

- sur la huitième ligne, 1^{ère} colonne, tapez la formule : **fx** « =9,0E9*B4*B5/B6^2 ». Étendez le carré jusqu'à englober la cellule le plus à droite.

Pour les forces à portée finie

La formule est plus compliquée car il faut introduire le fait qu'au-delà d'une certaine distance (10⁻¹⁵ m pour IF et 10⁻¹⁸ m pour If), cette interaction disparaît.

Interaction forte

- sur la neuvième ligne, 1^{ère} colonne, tapez la formule : **fx** « =SI(B6>10^-15;0;2000*B8) ». Étendez le carré jusqu'à englober l'**avant-dernière cellule** (**Attention !**).

Interaction faible

- sur la dixième ligne, 1^{ère} colonne, tapez la formule : **fx** « =SI(B6>10^-18;0;B9/100000) ». Étendez le carré jusqu'à englober la cellule le plus à droite.