

Chapitre

2

Mouvement et interactions

Plan du chapitre

1. Interactions, forces et champs
2. Mouvement d'un système et vecteur vitesse

1 Interactions, forces et champs

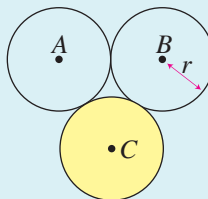
Exercice type 1

Lycée Victor Hugo, Colomiers

Données :

- charge élémentaire : $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$;
- masse d'un nucléon : $m = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$;
- rayon d'un nucléon : $r = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ nm}$;
- constante de la loi de Coulomb : $k = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$;
- constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

On étudie le noyau d'un atome d'hélium ${}^3_2\text{He}$ comportant deux protons (notés A et B) et un neutron (noté C). On modélise ces particules par des sphères de rayon r placées comme l'indique la figure suivante :



- 1 (a) Exprimer puis calculer la valeur de la force de gravitation $\vec{F}_g$ exercée par le proton A sur le proton B .
(b) Cette force est-elle attractive ou répulsive ?
(c) Représenter cette force sur la figure, sans souci d'échelle.
- 2 (a) Exprimer puis calculer la valeur de la force électrostatique $\vec{F}_e$ exercée par le proton A sur le proton B .
(b) Cette force est-elle attractive ou répulsive ?
(c) Représenter cette force sur la figure, sans souci d'échelle.

...

Exercice type 1 (suite)

Lycée Victor Hugo, Colomiers

- 3 Comparer les valeurs de ces deux forces. Que peut-on en conclure ?
- 4 (a) Pourquoi les deux interactions, gravitationnelle et électrique, ne permettent pas d'expliquer la cohésion du noyau d'hélium ?
(b) Comment expliquer alors la cohésion du noyau d'hélium ?

Voir corrigé page 28

Cette section a pour but de présenter deux des quatre interactions fondamentales : l'interaction *gravitationnelle* et l'interaction *électrostatique*, qui sont à l'origine des forces du même nom. Par ailleurs, la notion de champ sera introduite.

1.1 Interaction gravitationnelle et interaction électrostatique

1.1.1 - Interaction gravitationnelle entre deux masses ponctuelles

On considère deux corps A et B, suffisamment petits pour que l'on puisse les considérer comme ponctuels. Les masses de ces corps sont respectivement m_A et m_B , et ils sont séparés par une distance d .

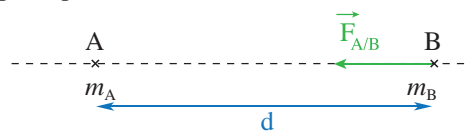


Figure 2.1 – Force exercée par la masse ponctuelle A sur la masse ponctuelle B.

Alors le corps A exerce sur le corps B une force $\vec{F}_{A/B}$, appelée force gravitationnelle, colinéaire au vecteur $\vec{AB}$, dirigée de B vers A, et dont la valeur est donnée par la *loi de la gravitation universelle* :

$$F_{A/B} = \frac{\mathcal{G} \times m_A \times m_B}{d^2}.$$

Il s'agit d'une force exercée sans contact entre les masses A et B.

Dans cette expression, $\mathcal{G}$ est une constante, appelée constante de la gravitation universelle. Dans les unités du Système International, elle vaut :

$$\mathcal{G} = 6,67 \times 10^{-11} \text{ S.I.}$$

On en déduit immédiatement que la force exercée par B sur A est, en intervertissant les indices A et B.

À RETENIR

$$F_{B/A} = \frac{\mathcal{G} \times m_B \times m_A}{d^2} = F_{A/B}$$

MOUVEMENT ET INTERACTIONS • CHAP. 2

Nous retrouvons ainsi le principe de l'action-réaction, sur une force qui s'exerce à distance.

En outre, cette force est dirigée de A vers B, comme représenté sur la figure page ci-contre.

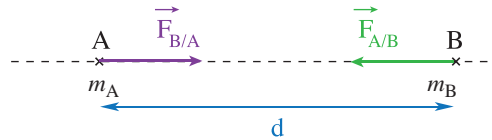


Figure 2.2 – Les deux forces sont de valeurs égales et de sens opposés.

L'expression de l'interaction gravitationnelle peut se résumer ainsi : « Entre deux corps massifs ponctuels, il existe une action à distance appelée force gravitationnelle, attractive et parallèle à la droite joignant les deux corps, dont la valeur est proportionnelle au produit des masses des deux corps et inversement proportionnelle au carré de leur distance. »

Exemple : il existe une interaction gravitationnelle entre la Terre et la Lune, entre la Terre et le Soleil, mais aussi entre la Lune et le Soleil, entre votre main droite et votre main gauche ou entre ce livre et vous. L'interaction gravitationnelle est universelle, en ce sens qu'elle intervient dans toute paire de corps de masse non nulle. Toutefois, elle est généralement beaucoup trop faible pour être détectable, et il faut des masses considérables pour qu'elle joue un rôle non négligeable. Ainsi, dans la vie quotidienne, la seule masse avec laquelle nous interagissons de manière notable est la Terre ;

1.1.2 - Interaction électrostatique entre deux charges ponctuelles

On considère à nouveau deux corps A et B, suffisamment petits pour que l'on puisse les considérer comme ponctuels mais on s'intéresse cette fois au fait qu'ils portent des charges électriques q_A et q_B (exprimées en coulomb : C). Ils sont séparés par une distance d .

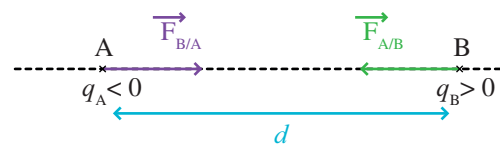


Figure 2.3 – Force exercée par la charge ponctuelle A sur la charge ponctuelle B.

Alors la charge A exerce sur la charge B une force $\vec{F}_{A/B}$, appelée force électrostatique, colinéaire au vecteur $\vec{AB}$, dont la valeur est donnée par la loi de Coulomb :

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

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

Cette force est attractive si q_a et q_b sont de signes contraires (comme dans l'exemple ci-dessus) et répulsive si q_a et q_b sont de même signe.

Il s'agit d'une force exercée sans contact entre les charges A et B.

➔ À RETENIR : loi de Coulomb

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

Dans cette expression, k est une constante, appelée constante de Coulomb. Dans les unités du Système International, elle vaut :

$$k = 9,0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}.$$

De la même manière que précédemment, la force exercée par B sur A est égale à celle exercée par A et B (principe de l'action-réaction).

L'expression de l'interaction électrostatique peut se résumer ainsi : « Entre deux charges ponctuelles, il existe une action à distance appelée force électrostatique, attractive ou répulsive, et parallèle à la droite joignant les deux corps, dont la valeur est proportionnelle au produit des charges des deux corps et inversement proportionnelle au carré de leur distance. »

Exemple : il existe une interaction **gravitationnelle** entre le noyau d'un atome (chargé positivement) et un électron (chargé négativement) du même atome. Cette force attractive maintient l'électron à proximité du noyau.

1.2 Notion de champs



Retrouvez le cours sur les champs en vidéo avec

1.2.1 - Champs scalaires et champs vectoriels

Définition 1

On appelle *champ* une grandeur physique définie en chaque point de l'espace.

Un champ peut être *scalaire*, c'est-à-dire caractérisé uniquement par sa valeur numérique. Par exemple :

- la température T est un champ scalaire : elle est caractérisée, en chaque point de l'espace, par une valeur numérique ;
- la pression P est un champ scalaire, aussi caractérisé par une valeur numérique en chaque point de l'espace (par exemple, plus l'altitude augmente, plus la pression atmosphérique diminue).

MOUVEMENT ET INTERACTIONS • CHAP. 2

Un champ peut aussi être vectoriel, par exemple dans le cas de l'écoulement de l'air : en tout point de l'espace la vitesse de l'air est caractérisée par sa valeur, mais également par sa direction ou son sens (qui peuvent varier d'un point à l'autre) ; c'est le champ de vitesse.

Définition 2

Un champ est *uniforme* lorsqu'il ne varie pas d'un point à l'autre de l'espace.

1.2.2 - Rappel sur les vecteurs

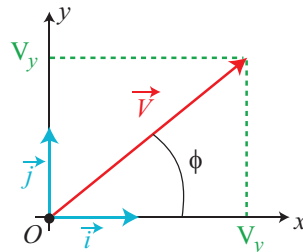
Définition 3

Un *vecteur* $\vec{V}$ est une grandeur caractérisée par :

- sa direction (horizontale, verticale, ...) ;
- son sens (vers la droite, la gauche, ...) ;
- sa norme $V = \|\vec{V}\|$ (taille du vecteur).

Deux vecteurs unitaires $\vec{i}$ et $\vec{j}$ (c'est-à-dire de normes : $\|\vec{i}\| = \|\vec{j}\| = 1$) et une origine O suffisent généralement à définir un repère $\mathcal{R} = (O, \vec{i}, \vec{j})$.

Un vecteur $\vec{V}$ est décrit, dans $\mathcal{R}$, par ses composantes V_x et V_y qui s'obtiennent par projection orthogonale de $\vec{V}$ sur les axes (Ox) et (Oy) de vecteurs unitaires directeurs $\vec{i}$ et $\vec{j}$. $\vec{V}$ admet ainsi deux représentations :



$$\vec{V} = V_x \vec{i} + V_y \vec{j} \text{ et } \vec{V} = \begin{pmatrix} V_x \\ V_y \end{pmatrix}.$$

Soit ϕ l'angle que fait $\vec{V}$ avec l'un des axes (par exemple l'axe Ox). Les composantes de $\vec{V}$ peuvent s'exprimer en fonction de $V = \|\vec{V}\|$ et de ϕ :

- représenter les extrémités O et P de $\vec{V}$;
- projeter le point P sur l'axe par rapport auquel l'angle ϕ est défini (Q est ici ce projeté) ;

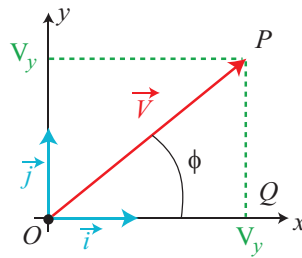
COURS

INTERROS

CORRIGÉS

- définir, dans le triangle rectangle (OPQ) :

$$\begin{cases} \cos \phi = \frac{OQ}{OP} = \frac{OQ}{V} \\ \sin \phi = \frac{PQ}{OP} = \frac{PQ}{V} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} OQ = V \cos \phi \\ PQ = V \sin \phi \end{cases}$$



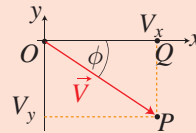
- repérer les composantes de $\vec{V}$ et les identifier à $\pm V_x$ et $\pm V_y$:

$$V_x = OQ = V \cos \phi \text{ et } V_y = PQ = V \sin \phi.$$

⚠ ATTENTION

La dernière identification doit tenir compte des signes de V_x et V_y . On pourra, par exemple, trouver :

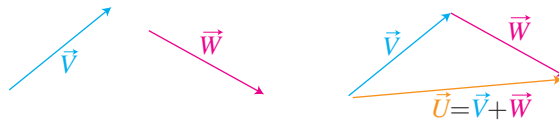
$$\begin{cases} V_x = OQ = V \cos \phi \\ V_y = -PQ = -V \sin \phi \end{cases}$$



Rappelons quelques propriétés des vecteurs :

- *Addition des vecteurs.*

La somme $\vec{U} = \vec{V} + \vec{W}$ s'obtient, graphiquement, en joignant l'extrémité « avec flèche » d'un vecteur à l'extrémité « sans flèche » de l'autre vecteur (en déplaçant, au besoin les deux vecteurs) :



Analytiquement, l'addition de deux vecteurs se traduit par l'addition de leurs composantes :

$$\vec{V} + \vec{W} = \begin{pmatrix} V_x \\ V_y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} W_x \\ W_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_x + W_x \\ V_y + W_y \end{pmatrix}.$$

MOUVEMENT ET INTERACTIONS • CHAP. 2

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

- *Égalité de deux vecteurs.*

Deux vecteurs sont égaux si leurs composantes, associées aux mêmes vecteurs de base, le sont :

$$\vec{U} = \vec{V} \Rightarrow \begin{pmatrix} U_x \\ U_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_x \\ V_y \end{pmatrix} \Leftrightarrow \begin{cases} U_x = V_x \\ U_y = V_y \end{cases}.$$

- *Multiplication par un scalaire.*

Soit α un scalaire et soit $\vec{U}$ un vecteur. La multiplication d'un vecteur par un scalaire se traduit par la multiplication de toutes les composantes du vecteur par le scalaire :

$$\alpha \vec{U} = \alpha \begin{pmatrix} U_x \\ U_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha U_x \\ \alpha U_y \end{pmatrix}.$$

L'identité $\vec{V} = \alpha \vec{U}$ signifie que :

$$\|\vec{V}\| = |\alpha| \times \|\vec{U}\|;$$

$\vec{U}$ et $\vec{V}$ sont *colinéaires* : les deux vecteurs ont la même direction (si $\alpha > 0$, ils ont aussi le même sens, mais si $\alpha < 0$, ils sont de sens contraire).

- *Norme d'un vecteur.*

$$\vec{U} = \begin{pmatrix} U_x \\ U_y \end{pmatrix} \Rightarrow \|\vec{U}\| = \sqrt{U_x^2 + U_y^2}.$$

1.3 Exemples de champs vectoriels

1.3.1 - La gravitation

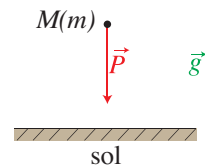
1.3.1.1 - Champ de pesanteur

À la surface d'un astre (notamment de la Terre), un point matériel M , de masse m , est soumis à un champ de pesanteur $\vec{g}$, à l'origine du poids $\vec{P}$ de M :

$$\vec{P} = m \times \vec{g} \text{ avec } \begin{cases} \|\vec{P}\| \text{ en newton (N)} \\ m \text{ en kilogramme} \\ \|\vec{g}\| \text{ en } \text{N} \cdot \text{kg}^{-1} \end{cases}$$

Le champ de pesanteur $\vec{g}$ est localement caractérisé par :

- sa direction : verticale (qui passe à proximité du centre de la Terre) ;
- **sons sens** : vers le sol ;
- son intensité, qui dépend de l'endroit où elle est mesurée :



à l'équateur $g \approx 9,78 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$
aux pôles $g \approx 9,83 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$
en moyenne, sur Terre $g \approx 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

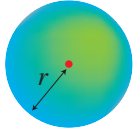
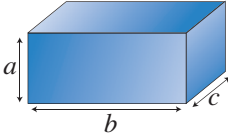
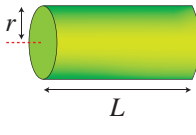
Rappelons que, dans l'expression de $\vec{P}$, la masse m d'un corps est indépendante de l'endroit où se trouve ce corps ; seul $\vec{g}$ en dépend.

À RETENIR

Pour calculer la masse m d'un corps dont on connaît le volume V et la masse volumique μ , on applique la règle :

$$m = \mu \times V \text{ avec } \begin{cases} m \text{ en kg} \\ V \text{ en m}^3 \\ \mu \text{ en kg} \cdot \text{m}^{-3} \end{cases}$$

On rappelle quelques volumes élémentaires qu'il faut connaître :

Sphère	Parallélépipède rectangle	Cylindre
		
$V = \frac{4}{3} \pi r^3$	$V = a \times b \times c$	$V = \pi r^2 \times L$

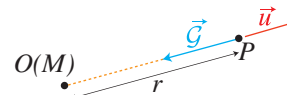
1.3.1.2 - Champ de gravitation

Un point O de masse M , crée en un point P de l'espace, tel que :

$$OP = r \text{ et } \vec{OP} = r \vec{u}$$

un champ de gravitation :

$$\vec{G} = -G \frac{M}{r^2} \vec{u} \text{ avec } \begin{cases} \|\vec{G}\| \text{ en N} \cdot \text{kg}^{-1} \\ M \text{ en kg} \\ r \text{ en m} \end{cases}$$



où $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ S.I. est la constante de gravitation universelle.

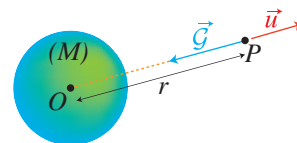
Si le point P possède une masse m , il est alors soumis à une force de gravitation :

$$\vec{F}_g = m \vec{G} = -G \frac{Mm}{r^2} \vec{u}.$$

Remarque : le signe négatif qui apparaît dans l'expression de $\vec{F}$ rend compte du caractère exclusivement attractif de la force de gravitation.

De même, un corps sphérique de masse M (par exemple un astre) et de centre O produit en un point P , extérieur à l'astre, le même champ de gravitation que si une masse ponctuelle M était placée en O :

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



MOUVEMENT ET INTERACTIONS • CHAP. 2

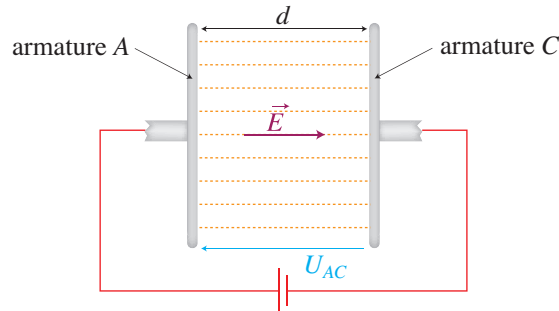
À la surface de la Terre, de rayon moyen R_T et de masse M_T , un point de masse m est soumis à un poids $\vec{P} = m \vec{g}$ qui s'identifie presque à la force de gravitation (la rotation de la Terre, ... génère quelques petites différences entre ces forces) :

$$\vec{P} \approx \vec{F}_g \Rightarrow m \vec{g} \approx -G \frac{M_T m}{R_T^2} \vec{u} \Rightarrow \vec{g} \approx -G \frac{M_T}{R_T^2} \vec{u}.$$

1.3.2 - Champ électrostatique dans un condensateur

Définition 4

Un *condensateur plan* est constitué de deux armatures planes, conductrice de l'électricité, parallèles, de surface très grande par rapport à la distance d qui les sépare.



Un condensateur peut être relié aux bornes d'un générateur électrique ; soit A l'armature du condensateur connectée à la borne positive du générateur et soit C celle reliée à la borne négative du générateur.

À l'intérieur d'un condensateur plan ainsi branché, et loin de ses bords, un champ électrique $\vec{E}$ prend naissance. Il est caractérisé par :

- sa direction : celle des lignes de champ, perpendiculaires aux armatures ;
- son sens : de l'armature A vers l'armature C ;
- son intensité, inversement proportionnelle à d et proportionnelle à la tension U_{AC} qui règne entre ses bornes :

$$E = \|\vec{E}\| = \frac{U_{AC}}{d} \text{ avec } \begin{cases} E \text{ en } \text{V} \cdot \text{m}^{-1} \\ U_{AC} \text{ en } \text{V} \\ d \text{ en } \text{m} \end{cases}$$

Une particule portant la charge q , placée entre les armatures du condensateur plan, se trouve soumise à une force électrostatique :

$$\vec{F}_e = q \vec{E} \text{ avec } \begin{cases} F_e = \|\vec{F}_e\| \text{ en } \text{N} \\ q \text{ en } \text{C} \\ E = \|\vec{E}\| \text{ en } \text{V} \cdot \text{m}^{-1} \end{cases}$$

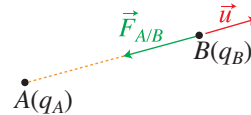
COURS

INTERROS

CORRIGÉS

Soient deux charges q_A et q_B placées respectivement aux points A et B . La force $\vec{F}_{A/B}$ que A exerce sur B suit la loi de Coulomb :

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



Elle est caractérisée par :

- son point d'application : le point B ;
- sa direction : la droite AB de vecteur directeur unitaire $\vec{u}$;
- son sens : de B vers A si les charges sont de signe opposé (attraction) ou de A vers B si les charges sont de même signe (répulsion) ;
- son intensité :

$$F_{A/B} = \|\vec{F}_{A/B}\| = k \times \frac{|q_A| \times |q_B|}{AB^2} \text{ où } k = 9 \cdot 10^{-9} \text{ kg} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{A}^{-2} \cdot \text{s}^{-4}$$

désigne la constante de la loi de Coulomb.

Remarque : réciproquement, le point B exerce sur la charge placée en A la force :

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

➡ Solution de l'exercice type 1

Lycée Victor Hugo, Colomiers

- 1 (a) La distance qui sépare les deux protons de masses $m_A = m_B = m$ valant $AB = 2r$, l'intensité de la force gravitationnelle que le proton A exerce sur le proton B vaut :

$$\begin{aligned} F_g &= G \times \frac{m_A m_B}{AB^2} = G \times \frac{m^2}{(2r)^2} \text{ avec } r = 1,2 \cdot 10^{-15} \text{ m} \\ &= 6,67 \cdot 10^{-11} \times \frac{(1,673 \cdot 10^{-27})^2}{(2,4 \cdot 10^{-15})^2} = 3,2 \cdot 10^{-35} \text{ N} \quad (1) \end{aligned}$$

- (b) La force gravitationnelle qui s'exerce entre deux corps est toujours attractive.
- (c) Comme l'indique la figure 1, la force $\vec{F}_g$ est dirigée selon la droite (AB) , de B vers A (car la gravitation attire B vers A) :

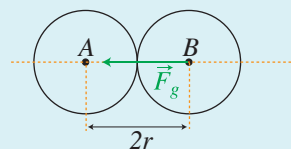


figure 1

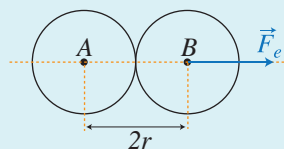


figure 2

MOUVEMENT ET INTERACTIONS • CHAP. 2

➔ Solution de l'exercice type 1 (suite)

Lycée Victor Hugo, Colomiers

- 2 (a)** La loi de Coulomb fournit la valeur de la force électrostatique que le proton A (de charge $q_A = e$) exerce sur le proton (de charge $q_B = e$) :

$$\begin{aligned} F_e &= k \times \frac{|q_A| \times |q_B|}{AB^2} = k \times \frac{e^2}{(2r)^2} \text{ où } r = 1,2 \cdot 10^{-15} \text{ m} \\ &= 9 \cdot 10^9 \times \frac{(1,6 \cdot 10^{-19})^2}{(2,4 \cdot 10^{-15})^2} = 40 \text{ N.} \end{aligned} \quad (2)$$

- (b)** Puisque les protons possèdent des charges de même signe (charges positives), la force électrostatique $\vec{F}_e$ subie par B le repousse de A .
(c) La direction de la force $\vec{F}_e$ se confond avec la droite (AB) et son sens va de A vers B pour rendre compte de la nature répulsive de cette interaction (cf. figure 2).

- 3** Les valeurs numériques (1) et (2) obtenues pour les interactions gravitationnelle et électrostatique conduisent à :

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{40}{3,2 \cdot 10^{-35}} \approx 1,2 \cdot 10^{36} \Rightarrow F_e \approx 1,2 \cdot 10^{36} \times F_g.$$

Cette disproportion entre F_e et F_g justifie que l'on néglige l'interaction gravitationnelle devant l'interaction électrostatique à l'échelle nucléaire (la force électrostatique est environ un milliard de milliards de milliards de milliards de fois plus intense que la force gravitationnelle).

- 4 (a)** Compte tenu de ce qui précède, l'interaction électrostatique devrait s'imposer entre les deux protons du noyau. Sa nature répulsive ne permet alors pas d'expliquer pourquoi les deux protons restent confinés dans le noyau atomique.
(b) Seule l'interaction forte, par sa nature attractive, explique la cohésion du noyau d'hélium.

Voir énoncé page 19

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

2 Mouvement d'un système et vecteur vitesse

Exercice type 2

Lycée Honoré de Balzac, Mitry-Mory

Un mobile, attaché à un fil élastique, dont l'autre extrémité est liée à un point fixe O , est lancé sur une table à coussin d'air horizontale.

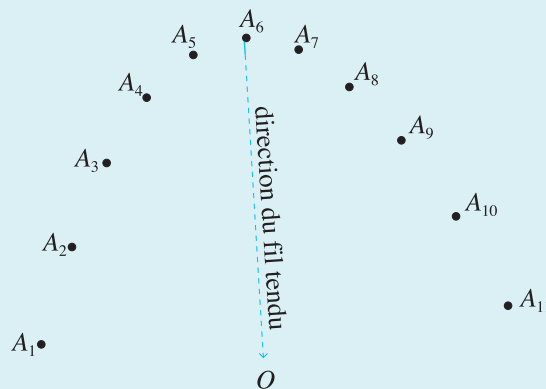
Les positions du centre d'inertie G du mobile sont enregistrées à intervalles de temps consécutifs égaux à 50 ms. Sur l'enregistrement est reportée la direction du fil tendu lorsque le centre d'inertie G occupe la position A_6 .

Voir illustration page suivante.

...

Exercice type 2 (suite)

Lycée Honoré de Balzac, Mitry-Mory



- 1 Calculer la valeur de la vitesse de G en A_5 et A_7 .
- 2 Représenter, à l'échelle $1 \text{ cm pour } 5 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, les vecteurs vitesse $\vec{v}_5$ et $\vec{v}_7$ en A_5 et A_7 .
- 3 Représenter le vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}_6 = \vec{v}_7 - \vec{v}_5$ du vecteur vitesse du centre d'inertie du mobile.
- 4 Comparer $\Delta \vec{v}_6$ à la résultante $\vec{F}$ des forces appliquées au mobile, lorsque G se trouve en A_6 . Le résultat de cette étude est-il conforme à la deuxième loi de Newton ?

Voir corrigé page 33

Le but de cette section est de se familiariser avec la notion de vecteur vitesse ainsi que d'avoir une première approche d'une loi fondamentale dans l'étude des mouvements : la deuxième loi de Newton.

2.1 Définition du vecteur vitesse

La vitesse d'un corps peut être représentée par un vecteur $\vec{v}$: la norme $\|\vec{v}\|$ du vecteur correspond à la valeur de la vitesse (en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ par exemple) et la flèche indique la direction de la vitesse.

Dans le cas général, ce vecteur n'est pas constant au cours du temps : il peut changer de norme et/ou de direction.

À deux dimensions, on peut écrire $\vec{v}$ sous la forme de ses deux composantes avec les notations suivantes :

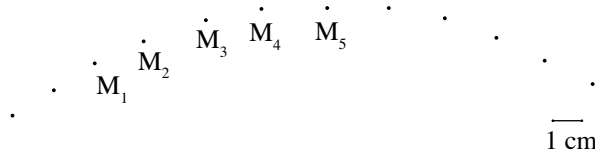
$$\vec{v} = \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \end{pmatrix} \text{ ou } \vec{v} = v_x \vec{u}_x + v_y \vec{u}_y$$

où $\vec{u}_x$ et $\vec{u}_y$ sont deux vecteurs unitaires selon l'axe des x et l'axe des y .

MOUVEMENT ET INTERACTIONS • CHAP. 2

2.2 Détermination graphique d'un vecteur vitesse

Supposons que l'on souhaite déterminer la vitesse d'un corps à partir de sa trajectoire :



Cette trajectoire représente la position du point au cours du temps. Deux points successifs correspondent toujours au même intervalle de temps Δt (ici 40 ms).

Pour évaluer la vitesse en un point donné M (on choisira pour notre exemple le point M_3), on procède de la manière suivante :

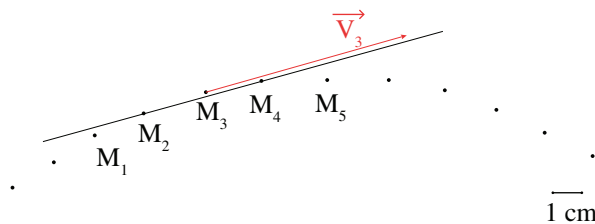
- le vecteur cherché est sur la parallèle à M_2M_4 passant par M_3 .
- sa norme est égale à $\frac{M_2M_3 + M_3M_4}{2 \cdot \Delta t}$.

⚠ ATTENTION

Les valeurs retenues pour M_2M_3 et M_3M_4 doivent correspondre au déplacement réel de l'objet et non à la distance directement mesurée avec la règle. Il ne faut pas oublier de prendre en compte le facteur d'échelle.

Dans notre cas, en prenant en compte l'échelle, on trouve : $M_2M_3 = 2,2\text{cm}$ et $M_3M_4 = 1,9\text{cm}$.

La valeur de la vitesse est donc $v = \frac{(2,2 + 1,9) \cdot 10^{-2}}{2 \times 40 \cdot 10^{-3}} = 0,51 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



⚠ ATTENTION

Cette détermination permet d'avoir une valeur approchée du vecteur vitesse qui sera d'autant meilleure que l'intervalle de temps entre deux points sera court. Une manière exacte de procéder, utilisant la notion de dérivée, sera vue en classe de Terminale.

COURS

INTERROS

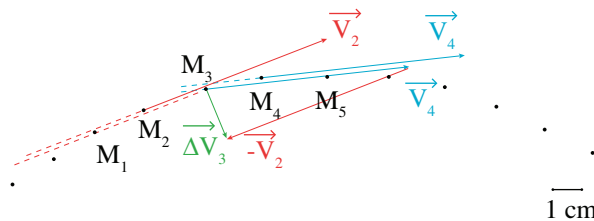
CORRIGÉS

2.3 Détermination du vecteur variation de vitesse

 Retrouvez en vidéo le tracé des vecteurs vitesse et accélération avec 

Il est utile de savoir déterminer le vecteur variation de vitesse au point M_3 . Pour cela on détermine tout d'abord $\vec{v}_2$ et $\vec{v}_4$ comme précédemment. Le vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}$ correspond à $\Delta \vec{v} = \vec{v}_4 - \vec{v}_2$.

Graphiquement, il faut donc tracer $\vec{v}_4$ à partir du point M_3 , puis le vecteur $-\vec{v}_2$ au bout du vecteur précédemment tracé. Le vecteur $\Delta \vec{v}$ correspond au vecteur issu de M_3 qui aboutit au bout du dernier vecteur tracé :



Si on connaît les composantes de $\vec{v}_2$ et $\vec{v}_4$ on peut également obtenir $\Delta \vec{v}$ par le calcul :

$$\Delta \vec{v} = \begin{pmatrix} \Delta v_x \\ \Delta v_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_{4x} - v_{2x} \\ v_{4y} - v_{2y} \end{pmatrix}.$$

2.4 Lien entre la résultante des forces appliquées et la variation du vecteur vitesse

Tout d'abord, rappelons que l'on appelle résultante des forces la somme vectorielle de l'ensemble des forces qui s'exercent sur un corps.

Si l'on procède avec soin lorsque l'on construit le vecteur variation de vitesse et que les points de la trajectoire sont suffisamment proches, on s'aperçoit qu'il existe une relation entre ce vecteur et la résultante $\vec{F}$ des forces qui s'appliquent sur le corps considéré :

- ces deux vecteurs sont colinéaires
- leurs normes sont proportionnelles et le coefficient de proportionnalité est lié à la masse de l'objet considéré.

On peut résumer ces deux points en une égalité vectorielle :

$$\vec{F} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

Ce résultat constitue une première approche de la deuxième loi de Newton qui sera vue en détail en classe de Terminale.

MOUVEMENT ET INTERACTIONS • CHAP. 2

➔ Solution de l'exercice type 2

Lycée Honoré de Balzac, Mitry-Mory

- 1 Si $\tau = 50 \text{ ms} = 0,05 \text{ s}$ désigne le temps séparant l'enregistrement de deux positions successives, les vitesses en A_5 et A_7 sont définies par :

$$v_5 = \frac{A_4A_6}{2\tau} \text{ et } v_7 = \frac{A_6A_8}{2\tau}.$$

Or, on constate que

$$A_4A_6 = A_6A_8 = 1,5 \text{ cm} = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

en raison de quoi :

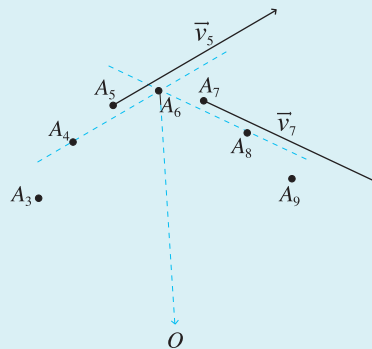
$$v_5 = v_7 = \frac{1,5 \cdot 10^{-2}}{2 \times 0,05} = 0,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

- 2 À l'échelle $1 \text{ cm} \leftrightarrow 5 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, une vitesse de $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ serait représentée par une flèche de longueur :

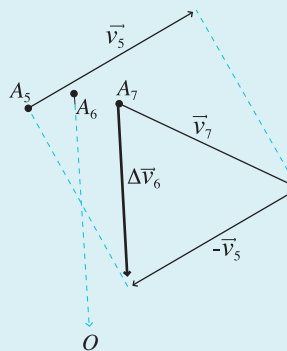
$$\frac{1}{5 \cdot 10^{-2}} = 20 \text{ cm}.$$

C'est pourquoi les vecteurs $\vec{v}_5$ et $\vec{v}_7$ sont figurés par des flèches de longueur $0,15 \times 20 = 3 \text{ cm}$.

En outre, ces vecteurs s'appliquent aux points A_5 pour $\vec{v}_5$ et A_7 pour $\vec{v}_7$ et leurs directions sont respectivement celles de $\overrightarrow{A_4A_6}$ et $\overrightarrow{A_6A_8}$:



- 3 Le vecteur $\Delta\vec{v}_6 = \vec{v}_7 - \vec{v}_5 = \vec{v}_7 + (-\vec{v}_5)$ s'obtient en effectuant la somme vectorielle de $\vec{v}_7$ et du vecteur $\vec{v}'_5 = -\vec{v}_5$ opposé à $\vec{v}_5$:



COURS

INTERROS

CORRIGÉS

➔ Solution de l'exercice type 2 (suite)

Lycée Honoré de Balzac, Mitry-Mory

- 4 Le mobile est soumis à son poids $\vec{P}$, la réaction $\vec{R}$ de la table et la tension $\vec{T}$ du fil. Or, le mouvement se produit dans le plan de la table, ce qui signifie aussi que $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$, et la résultante des forces vaut alors :

$$\vec{F} = \underbrace{\vec{P} + \vec{R}}_{\vec{0}} + \vec{T} = \vec{T}.$$

Donc $\vec{F}$ est colinéaire à $\overrightarrow{A_6O}$ comme l'est $\vec{T}$. Or, la construction géométrique précédente a révélé que $\Delta \vec{v}_6$ et $\overrightarrow{A_6O}$ étaient aussi colinéaires, ce qui confirme la deuxième loi de Newton : $\Delta \vec{v}_6$ a la même direction et le même sens que la résultante $\vec{F}$ des forces qui s'exercent sur le mobile.

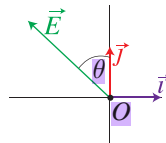
Voir énoncé page 29

MOUVEMENT ET INTERACTIONS • CHAP. 2

1 Connaissance du cours

15 min Corrigé p. 44

- 1 Lorsqu'un champ vectoriel ne varie pas d'un point à l'autre, il est :
a uniforme **b** isotrope **c** constant
- 2 Le champ $\vec{E}$ (de norme E), représenté ci-dessous :



a pour composantes dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$:

- a** $\vec{E} = \begin{pmatrix} E \cos \theta \\ E \sin \theta \end{pmatrix}$ **b** $\vec{E} = \begin{pmatrix} -E \sin \theta \\ E \cos \theta \end{pmatrix}$
c $\vec{E} = \begin{pmatrix} E \sin \theta \\ -E \cos \theta \end{pmatrix}$ **d** $\vec{E} = \begin{pmatrix} -E \cos \theta \\ E \sin \theta \end{pmatrix}$

- 3 Les vecteurs : $\vec{U} = \begin{pmatrix} 5 \\ 2 \end{pmatrix}$ et $\vec{V} = \begin{pmatrix} 3,40 \\ 1,36 \end{pmatrix}$, définis dans la base $\{\vec{i}, \vec{j}\}$, sont :
a orthogonaux **b** colinéaires **c** égaux

2 Testez vos connaissances

5 min Corrigé p. 44

Indiquer, pour chacune des phrases ci-dessous si elles sont vraies ou fausses en justifiant votre réponse.

- 1 La norme d'une vitesse peut être négative.
- 2 La formule $v_2 = \frac{M_1 M_2 + M_2 M_3}{2 \cdot \Delta t}$ permet de déterminer de manière exacte la norme de la vitesse instantanée en M_2 .
- 3 Le vecteur variation de vitesse ne peut jamais être nul.
- 4 En un point donné, le vecteur variation de vitesse est toujours perpendiculaire à la vitesse.
- 5 Le vecteur variation de vitesse est toujours colinéaire à la résultante des forces qui s'applique sur l'objet étudié.

Champ électrostatique

3 Force subie par un proton

★ 5 min Corrigé p. 45

Lycée Guynemer, Compiègne

Un proton de charge e est placé dans une région où règne un champ électrostatique uniforme d'intensité $E = 2,0 \cdot 10^3 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

- 1 (a) Représenter, sur un schéma, l'allure des lignes de champ du champ électrostatique.
(b) Sur ce schéma, représenter en un point quelconque le champ électrostatique $\vec{E}$.
- 2 (a) Calculer l'intensité de la force subie par le proton dans cette zone.
(b) Représenter cette force sur le schéma précédent.

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

4 Cumulonimbus



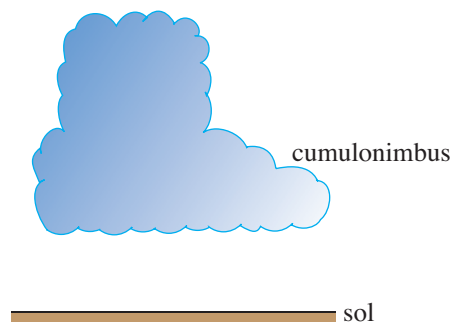
5 min

Corrigé
p. 45

Lycée Teilhard De Chardin, Saint-Maur-des-Fossés

Au cours d'un orage, par des mouvements internes au cumulonimbus, des charges positives s'accumulent à son sommet, alors que des charges négatives se trouvent dans sa base.

Par influence, la partie de la Terre sous le nuage se charge positivement. Par temps calme, le champ électrique à la surface de la Terre a une valeur moyenne d'environ $150 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$. Par temps orageux, cette valeur est de l'ordre de $15 \text{ kV} \cdot \text{m}^{-1}$ et peut atteindre $100 \text{ kV} \cdot \text{m}^{-1}$ près des pointes (arbres, paratonnerres, ...).



- 1 Faire apparaître, sur le schéma ci-dessus, la répartition des charges dans le nuage et sur le sol.
- 2 On modélise par un condensateur plan l'ensemble formé par la base du nuage et le sol.
 - (a) Représenter trois lignes du champ électrique créé entre le sol et la base du nuage.
 - (b) Tracer le vecteur représentant le champ électrique précédent.
 - (c) Sachant que la foudre correspond à une tension de l'ordre de 100 millions de volts entre la Terre et la base du nuage, calculer l'altitude de la base du nuage.

MOUVEMENT ET INTERACTIONS • CHAP. 2

Loi de Coulomb

5 Forces électrostatiques



20 min

Corrigé
p. 46

Lycée Charlemagne, Paris

Une particule P , portant une charge électrique q_P équivalente à celle de six protons, se trouve à une distance de 180 pm d'une particule R de charge q_R . Les particules s'attirent mutuellement avec des forces d'intensité $0,128 \mu\text{N}$.

- 1 Quelle est la valeur de la charge q_P et quel est le signe de la charge q_R ?
- 2 Schématiser la situation. Donner l'expression vectorielle des forces électrostatiques en présence puis l'expression de leur intensité. En déduire la valeur de la charge q_R .

Données :

- charge élémentaire : $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- constante de la loi de Coulomb : $k = 9 \cdot 10^9 \text{ SI}$

6 Cristal de chlorure de sodium



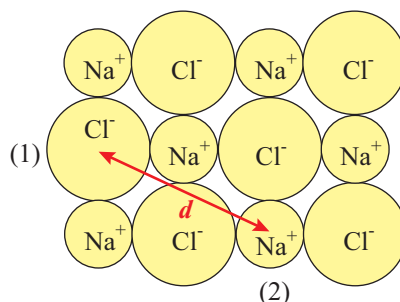
20 min

Corrigé
p. 47

Lycée Bertioz, Vincennes

Retrouvez le corrigé de cet exercice en vidéo avec

On considère une portion de cristal de chlorure de sodium. Les ions sont assimilés à des sphères comportant des charges ponctuelles placées en leur centre. Les rayons des sphères sont $r_{\text{Cl}^-} = 181 \text{ pm}$ et $r_{\text{Na}^+} = 97 \text{ pm}$. On considère que les sphères sont en contact les unes avec les autres.



- 1 Montrer que la distance d figurant sur le schéma vaut $d = 622 \text{ pm}$. Faire un calcul littéral avant le calcul numérique.
- 2 Calculer la valeur de la force exercée par l'ion (1) sur l'ion (2) puis la représenter sur le schéma.

Données :

- charge élémentaire : $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$;
- constante de la loi de Coulomb : $k = 9,0 \cdot 10^9 \text{ USI}$.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

Champ de gravitation

7 Poids à la surface de Mercure



5 min

Corrigé
p. 48

Lycée Alexandre Dumas, Saint-Cloud

Mercure, la première des planètes de notre système solaire, possède une masse $M = 3,30 \cdot 10^{23}$ kg et un rayon $r = 2,44 \cdot 10^3$ km.

- 1 Calculer l'intensité de la pesanteur g à la surface de Mercure.
- 2 Calculer le poids d'un objet de masse $m = 500$ g à la surface de Mercure.

Donnée : constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$.

8 Trou noir stellaire



30 min

Corrigé
p. 49

Lycée Teilhard De Chardin, Saint-Maur-des-Fossés

Un trou noir stellaire résulte de l'effondrement d'une étoile massive sur elle-même. Le plus petit trou noir découvert jusqu'à présent a un rayon de 15 km. Un trou noir moyen d'environ 300 000 masses terrestres a un rayon de 30 km alors que le rayon d'un « gros » trou noir stellaire peut atteindre 300 km, ce qui reste plus petit que les jets directs de particules, émises à grande vitesse et qui s'étendent sur plusieurs centaines d'années lumière de chaque côté du trou noir.

D'après <http://www.eso.org>

- 1 Donner les caractéristiques du champ de gravitation de la Terre en un point A, situé à une distance R de son centre. À quelle condition peut-on assimiler champ de pesanteur et champ de gravitation ?
- 2 On donne l'expression et la valeur du champ de pesanteur terrestre :

$$g = G \frac{M_T}{R_T^2} = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Évaluer la valeur du champ de gravitation à la « surface » d'un trou noir stellaire moyen

Donnée : rayon terrestre : $R_T = 6\,400$ km.

9 Balancier d'une horloge



40 min

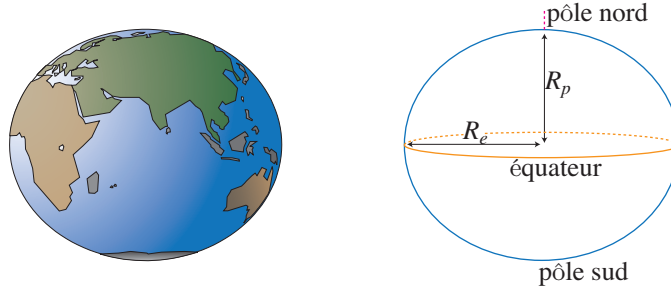
Corrigé
p. 49

Lycée Saint-Exupéry, Mantes-la-Jolie

À la surface de la Terre, le champ de gravitation vaut g .

La Terre a une forme ovoïde telle que son rayon équatorial n'est pas exactement égal à son rayon polaire (voir illustration page suivante).

MOUVEMENT ET INTERACTIONS • CHAP. 2



La différence des deux rayons vaut :

$$R_e - R_p = 21 \text{ km avec } R_e = 6\,378 \text{ km}$$

Un pendule de balancier, de longueur ℓ , placé en une région où règne un champ de pesanteur d'intensité g , décrit un aller-retour en une période :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

- 1** Une horloge est réalisée avec un balancier dont les caractéristiques géométriques lui confèrent une période $T_0 = 1,000 \text{ s}$ à l'équateur ; un aller-retour du balancier durant une seconde, la trotteuse de l'horloge avance d'une unité à chaque aller-retour du balancier.
Calculer la période T_p de ce balancier lorsque l'horloge est placée aux pôles.
- 2** L'horloge placée aux pôles marque-t-elle une avance ou un retard par rapport à celle restée à l'équateur ?
- 3** Au bout de combien de temps l'écart entre les indications données par les deux horloges atteindra-t-il une seconde ?

On admettra que le champ de pesanteur en un point de la surface de la Terre (de masse M) situé à une distance R du centre vaut $g = G \frac{M}{R^2}$.

10 Interaction Terre-Lune



20 min

Corrigé
p. 50

Lycée Sophie Germain, Paris

- 1** Calculer la force d'attraction gravitationnelle $F_{T/L}$ que la Terre exerce sur la Lune.
- 2** Calculer la charge électrique que devraient porter la Terre et la Lune afin de compenser la force gravitationnelle qu'elles exercent l'une sur l'autre.

Données :

- Masse de la Terre : $M_T = 6,0 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
- Masse de la Lune : $M_L = 7,3 \cdot 10^{22} \text{ kg}$
- Distance Terre-Lune : $d = 384\,400 \text{ km}$
- Constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ SI}$
- Constante d'interaction électrostatique : $k = 9,0 \cdot 10^9 \text{ SI}$

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

11 Loi de la gravitation



20 min

Corrigé
p. 51

Lycée Bertioz, Vincennes

On considère un point N , situé entre la Terre de masse M_T et la Lune de masse M_L , où les forces d'interaction gravitationnelle $\vec{F}_T$ et $\vec{F}_L$, exercées sur un objet de masse m par la Terre et par la Lune se compensent.

La distance entre les centres de la Terre et de la Lune est notée d_{TL} et celle entre les centres de la Terre et de l'objet est notée d .

- 1 Quelle est la nature des forces $\vec{F}_T$ et $\vec{F}_L$?
- 2 Exprimer F_T en fonction des paramètres de la situation. On n'utilisera que les données littérales du texte.
- 3 Exprimer F_L en fonction des paramètres de la situation en utilisant uniquement les notations du texte.
- 4 Que signifie que les forces se compensent au point N ?
- 5 En déduire une expression du rapport $\frac{d_{TL}}{d}$ en fonction des masses.

Mouvement d'un système et vecteur vitesse

12 Tir d'une flèche



10 min

Corrigé
p. 52

Nouveau Programme

On tire une flèche horizontalement qui part à une vitesse $\vec{v}_0$ telle que $v_{0x} = 15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Un dixième de seconde plus tard le vecteur vitesse de la flèche est $\vec{v}_1 = 15\vec{u}_x - \vec{u}_y$

- 1 En négligeant les frottements, quelle force s'applique sur la flèche ?
- 2 Montrer que $\Delta\vec{v} = \vec{v}_1 - \vec{v}_0$ est proportionnel cette force.
- 3 En déduire le vecteur vitesse $\vec{v}_2$ deux dixièmes de seconde après le départ de la flèche.

13 Mouvement de la Lune



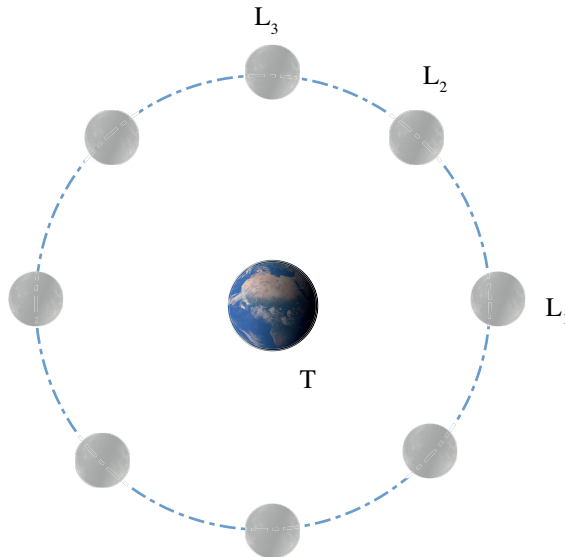
10 min

Corrigé
p. 53

Lycée Lakanal, Sceaux

On considère le mouvement de la Lune (de masse $M_L = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$) autour de la Terre (de masse $M_T = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$). On supposera que la Lune fait le tour de la Terre en 28 jours et que le centre de la Lune est situé à une distance de 385 000 km du centre de la Terre. On considère la trajectoire représentée page suivante.

MOUVEMENT ET INTERACTIONS • CHAP. 2



- 1 Reproduire le schéma et tracer les vecteurs vitesses aux points L_1 et L_3 grâce à une échelle judicieusement choisie.
- 2 Tracer le vecteur variation de vitesse en L_2 .
- 3 Quelle est la force qui s'exerce sur la Lune ? Vous préciserez sa direction et sa norme.
- 4 Les résultats de la question 2 et de la question 3 sont-ils compatibles avec la deuxième loi de Newton ?

Données : $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{SI}$.

14 Étude d'un mouvement en Python



25 min

Corrigé
p. 54

Nouveau Programme

Joachim souhaite réaliser un script Python qui calcule le vecteur variation de vitesse au troisième point d'une trajectoire. Il a pour cela réalisé le programme page suivante.

Ce programme, non optimisé, est en cours de réalisation.

- 1 Compléter les lignes permettant d'estimer v_{2x} , v_{2y} , v_{4x} , v_{4y} , Δv_{3x} , et Δv_{3y}
- 2 Faire les calculs sans utiliser le programme afin de déterminer Δv_{3x} et Δv_{3y} (et ainsi pouvoir vérifier le bon fonctionnement du script).
- 3 Que peut-on en conclure quant-à la force qui s'exerce au point 3 ?

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

En Python



```
#Intervalle de temps entre deux points successifs (en s)

tau=0.04

#Position des 5 premiers points (en m)
x1=0
y1=100
x2=2
y2=95.2
x3=4
y3=80.4
x4=6
y4=55.6
x5=8
y5=20.8

#Calcul des vecteurs vitesse en 2 et 4
v2x= #A COMPLETER
v2y= #A COMPLETER

v4x= #A COMPLETER
v4y= #A COMPLETER

#Calcul du vecteur variation de vitesse en 3
Deltav3x= #A COMPLETER
Deltav3y= #A COMPLETER

#Affichage du resultat
print("Dv3x="+str(Deltav3x)+" Dv3y="+str(Deltav3y))
```

15 le dauphin à flanc blanc



30 min

Corrigé
p. 55

Nouveau Programme

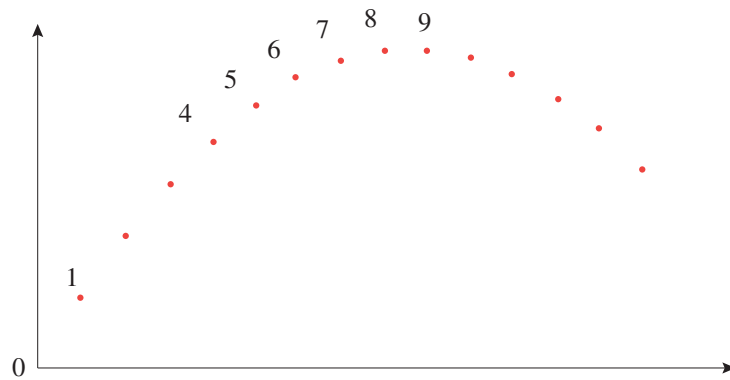
Le dauphin à flancs blancs du Pacifique est peut-être l'espèce la plus abondante du Pacifique Nord. C'est un dauphin très sociable et qui voyage généralement en groupe ; il est rapide, puissant et bon surfeur.

Les positions du centre d'inertie du dauphin sont données à intervalles de temps réguliers sur le document page suivante, la durée entre deux positions est $\Delta t = 0,10\text{s}$.

- 1 À partir du document, déterminer la valeur de la vitesse du centre d'inertie du dauphin aux points 4 et 6. On les notera V_4 et V_6 .

MOUVEMENT ET INTERACTIONS • CHAP. 2

- 2 Tracer les vecteurs $\vec{V}_4$ et $\vec{V}_6$ sur le document, en utilisant l'échelle : 1 cm pour $3,5 \text{ m.s}^{-1}$.
- 3 Construire sur le document le vecteur $\Delta \vec{V} = \vec{V}_6 - \vec{V}_4$ au point 5 et déterminer sa valeur en m.s^{-1} en utilisant l'échelle précédente.
- 4 En déduire le sens et la direction de la résultante vectorielle des forces appliquées au centre d'inertie du dauphin.



Échelle du document : 1 cm pour 0,8 m.

16 La phase d'accélération d'un motard ★★★ 30 min Corrigé p. 57

Nouveau programme

On considère un motard qui s'élance, avec une vitesse initiale nulle, sur une piste rectiligne en maintenant une accélération constante.

Une chronophotographie (en vue de dessus) représentant les premières positions successives du centre d'inertie G du système est donnée ci-dessous.

La durée $\tau = 0,800 \text{ s}$ sépare deux positions successives du centre d'inertie G. À $t = 0$, le centre d'inertie du système est au point A (G_0 sur la chronophotographie).

- 1 Exprimer les valeurs des vitesses $\vec{V}_2$ et $\vec{V}_4$ du centre d'inertie G aux points G_2 et G_4 puis les calculer.
- 2 Représenter les vecteurs vitesses $\vec{V}_2$ et $\vec{V}_4$ sur le schéma ci-dessous en respectant l'échelle suivante : 1 cm pour 2 m.s^{-1} .
- 3 Représenter sur le document, le vecteur $\Delta \vec{V}_3 = \vec{V}_4 - \vec{V}_2$.
- 4 Donner le sens et la direction de la résultante vectorielle des forces appliquées au motard.



Échelle : 1 cm pour 4,3 m.

COURS

INTERROS

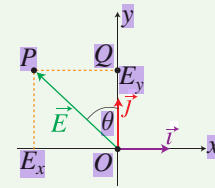
CORRIGÉS

1 QCM Connaissance du cours

Enoncé
p. 35

1 Un champ (vectoriel ou scalaire), qui demeure le même en tout point d'une région de l'espace est un champ uniforme (réponse **a**). En revanche, un champ constant est un champ qui ne varie pas dans le temps.

2 Soient P et O les extrémités du vecteur champ $\vec{E}$ et soit Q le projeté de P sur l'axe Oy vertical. Dans le triangle rectangle (OPQ) , on peut définir :

$$\begin{cases} \cos \theta = \frac{OQ}{OP} = \frac{OQ}{E} \\ \sin \theta = \frac{PQ}{OP} = \frac{PQ}{E} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} OQ = E \cos \theta \\ PQ = E \sin \theta \end{cases}$$


Ainsi, les composantes du vecteur $\vec{E}$ s'écrivent :

$$\begin{cases} E_x = -PQ = -E \sin \theta \\ E_y = OQ = E \cos \theta \end{cases} \Rightarrow \vec{E} = \begin{pmatrix} -E \sin \theta \\ E \cos \theta \end{pmatrix} \text{ (réponse **b**)}.$$

3 En remarquant que :

$$\begin{cases} \frac{3,4}{5} = 0,68 \\ \frac{1,36}{2} = 0,68 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 3,4 = 0,68 \times 5 \\ 1,36 = 0,68 \times 2 \end{cases}$$

on peut présenter le vecteur $\vec{V}$ sous la forme :

$$\begin{aligned} \vec{V} &= \begin{pmatrix} 3,40 \\ 1,36 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,68 \times 5 \\ 0,68 \times 2 \end{pmatrix} = 0,68 \times \begin{pmatrix} 5 \\ 2 \end{pmatrix} \\ \Rightarrow \vec{V} &= 0,68 \vec{U} \text{ car } \vec{U} = \begin{pmatrix} 5 \\ 2 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

ce qui suffit à prouver que $\vec{U}$ et $\vec{V}$ sont colinéaires (réponse **b**).

2 QCM Testez vos connaissances

Enoncé
p. 35

1 Faux. Les composantes du vecteur vitesse peuvent être négatives mais sa norme est toujours positive ou nulle.

2 Faux. Cette formule ne permet que de déterminer une valeur approchée de la vitesse au point M_2 .

3 Faux. Si la vitesse est constante au cours du déplacement (en norme et en direction), le vecteur variation de vitesse est nul.

4 Faux. Le vecteur variation de vitesse peut être perpendiculaire à la vitesse, mais ce n'est en aucun cas une généralité.

MOUVEMENT ET INTERACTIONS • CHAP. 2

- 5 Vrai (aux erreurs de détermination près). C'est le principe de la deuxième loi de Newton.

3 Force subie par un proton

Enoncé
p. 35

Lycée Guynemer, Compiègne

- 1 (a) Un champ électrostatique uniforme est caractérisé par un vecteur champ qui demeure le même en tout point de l'espace ; ses lignes de champ sont des segments de droite (cf. figure 1).
(b) En un point M quelconque d'une ligne de champ, le champ électrique $\vec{E}$ est tangent à la ligne de champ (parallèle à la ligne de champ sur la figure 1 page suivante).



- 2 (a) Un proton, de charge $q_p = e$, plongé dans un champ électrique $\vec{E}$ d'intensité E , est soumis à une force $\vec{F} = q_p \vec{E} = e \vec{E}$, dont l'intensité vaut :

$$F = e \times E = 1,6 \cdot 10^{-19} \times 2 \cdot 10^3 = 3,2 \cdot 10^{-16} \text{ N.}$$

- (b) La relation $\vec{F} = e \vec{E}$ montre que le vecteur $\vec{F}$ est colinéaire à $\vec{E}$ et possède le même sens car $e > 0$ (cf. figure 2).

4 Cumulonimbus

Enoncé
p. 36

Lycée Teilhard De Chardin, Saint-Maur-des-Fossés

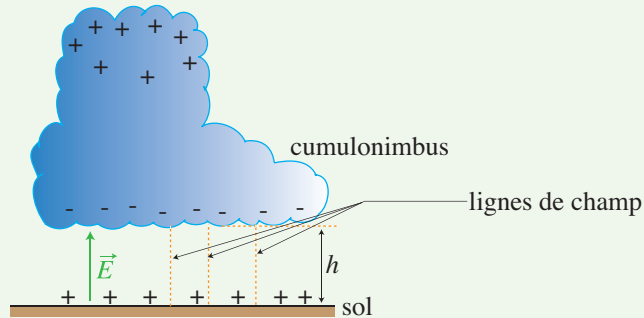
- 1 D'après l'énoncé, les charges se répartissent dans le nuage et sur le sol (cf. schéma ci-dessous) :
- charges positives au sommet du nuage ;
 - charges négatives à la base du nuage ;
 - charges positives au sol.
- 2 (a) Loin des bords du nuage, l'ensemble nuage-sol se comporte comme un condensateur plan entre les armatures duquel les lignes de champ sont parallèles entre elles et perpendiculaires au sol (cf. schéma ci-dessous).
(b) Le vecteur champ électrique est caractérisé par :
- sa direction : celle des lignes de champ ;
 - son sens : dirigé des charges positives vers les charges négatives le long d'une ligne de champ ;

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

- son intensité : d'autant plus importante que les lignes de champ sont resserrées.



- (c) En excluant le cas marginal des pointes, qui n'est pas caractéristique des condensateurs plans, les surfaces chargées sont espacées d'une distance h . Puisqu'un champ moyen :

$$E = \|\vec{E}\| = 15 \text{ kV} \cdot \text{m}^{-1} = 15 \cdot 10^3 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$$

règne dans cet espace sous une tension $U = 100 \cdot 10^6 \text{ V}$, il s'ensuit que :

$$U = E \times h \Rightarrow h = \frac{U}{E} = \frac{10^8}{15 \cdot 10^3} \approx 6,7 \cdot 10^3 \text{ m}.$$

5 Forces électrostatiques

➔ Enoncé
p. 37

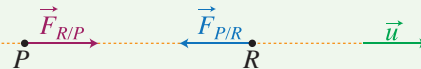
Lycée Charlemagne, Paris

- 1 La charge d'un proton valant $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, celle de la particule P lui est 6 fois supérieure :

$$q_P = 6 \times e = 6 \times 1,6 \cdot 10^{-19} = 9,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}.$$

L'attraction entre les particules chargées P et R rend compte de la nature de leurs charges : q_P étant positif, q_R est négatif.

- 2 Soit $\vec{u}$ un vecteur unitaire directeur de la droite passant par P et R :



La loi de Coulomb donne l'expression de la force $\vec{F}_{R/P}$ que R exerce sur P et de la force $\vec{F}_{P/R}$ que P exerce sur R :

$$\vec{F}_{R/P} = k \times \frac{|q_P| \times |q_R|}{PR^2} \vec{u} \text{ et } \vec{F}_{P/R} = -k \times \frac{|q_P| \times |q_R|}{PR^2} \vec{u}.$$

Énumérons les caractéristiques de ces deux forces :

- elles sont colinéaires : elles possèdent la même direction $\vec{u}$;
- elles sont de sens opposé : $\vec{F}_{P/R} = -\vec{F}_{R/P}$;

MOUVEMENT ET INTERACTIONS • CHAP. 2

- elles ont la même intensité $F = 0,128 \mu\text{N} = 0,128 \cdot 10^{-6} \text{N}$:

$$F = \left| \vec{F}_{R/P} \right| = \left| \vec{F}_{P/R} \right| = k \times \frac{|q_P| \times |q_R|}{PR^2}$$

$$\Rightarrow F = k \times \frac{6e \times |q_R|}{PR^2} \text{ car } |q_P| = 6e.$$

De cette dernière relation, il découle que :

$$|q_R| = \frac{F \times PR^2}{6ke} \text{ avec } PR = 180 \text{ pm} = 180 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

$$= \frac{0,128 \cdot 10^{-6} \times (180 \cdot 10^{-12})^2}{6 \times 9 \cdot 10^9 \times 1,6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow |q_R| = 4,8 \cdot 10^{-19}.$$

Et, puisque q_R est négatif :

$$q_R = -4,8 \cdot 10^{-19} \text{ C} = -3e \text{ car } e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}.$$

La charge q_R équivaut donc à la charge de trois électrons.

6 Cristal de chlorure de sodium

Lycée Berlioz, Vincennes

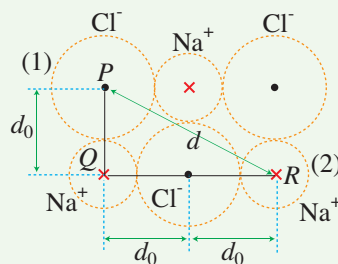
Enoncé
p. 37

 Retrouvez le corrigé de cet exercice en vidéo avec 

- Notons :

$$d_0 = r_{\text{Na}^+} + r_{\text{Cl}^-} = 97 + 181 = 278 \text{ pm}$$

la distance séparant un ion Na^+ et un ion Cl^- en contact :



Si P et R désignent les centres respectifs des ions (1) et (2), la distance $PR = d$ s'obtient aisément en appliquant le théorème de Pythagore au triangle rectangle (PQR) :

$$PR^2 = PQ^2 + QR^2 \text{ avec } PQ = d_0 \text{ et } QR = 2d_0$$

$$\Rightarrow d^2 = d_0^2 + 4d_0^2 = 5d_0^2$$

$$\Rightarrow d = \sqrt{5}d_0 = \sqrt{5} \times (r_{\text{Na}^+} + r_{\text{Cl}^-})$$

$$\Rightarrow d = \sqrt{5} \times 278 \approx 622 \text{ pm}.$$

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

- 2 L'ion Cl^- se forme par addition d'un électron (de charge $-e$) à l'atome de chlore initialement neutre, tandis que l'ion Na^+ provient du départ d'un électron de l'atome de sodium initialement neutre. Les charges respectives de ces ions valent alors :

$$q_{\text{Cl}^-} = -e \text{ et } q_{\text{Na}^+} = +e$$

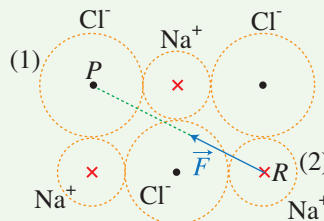
entre lesquels s'exerce une force électrostatique dont la loi de Coulomb prévoit l'intensité :

$$F = k \times \frac{|q_{\text{Cl}^-}| \times |q_{\text{Na}^+}|}{d^2} = k \times \frac{e^2}{d^2} = 9 \cdot 10^9 \times \frac{(1,6 \cdot 10^{-19})^2}{(622 \cdot 10^{-12})^2}$$

$$\Rightarrow F = 6,0 \cdot 10^{-10} \text{ N.}$$

Les caractéristiques du vecteur force associé sont :

- sa direction : la droite passant par les centres R et P des ions ;
- son sens : de R vers P car l'ion (2) est attiré par l'ion (1) ;
- son intensité : $\|\vec{F}\| = F = 6,0 \cdot 10^{-10} \text{ N.}$



7 Poids à la surface de Mercure

Enoncé
p. 38

Lycée Alexandre Dumas, Saint-Cloud

- 1 À la surface d'un astre sphérique de masse M et de rayon r règne un champ de gravitation qui peut s'identifier au champ de pesanteur, à condition de négliger le mouvement de l'astre :

$$g = \frac{G M}{r^2} \text{ avec } r = 2\,440 \text{ km} = 2\,440 \cdot 10^3 \text{ m}$$

$$= \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \times 3,3 \cdot 10^{23}}{(2\,440 \cdot 10^3)^2} = 3,70 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}.$$

- 2 À la surface de Mercure, un objet de masse $m = 500 \text{ g} = 0,5 \text{ kg}$ possède alors un poids :

$$P = m g = 0,5 \times 3,7 = 1,85 \text{ N.}$$

MOUVEMENT ET INTERACTIONS • CHAP. 2

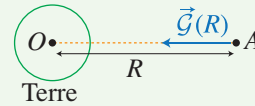
8 Trou noir stellaire

Enoncé
p. 38

Lycée Teilhard De Chardin, Saint-Maur-des-Fossés

- 1 En un point A situé à une distance R du centre O de la Terre, le champ de gravitation $\vec{G}(R)$ est caractérisé par :

- sa direction : la droite (AO) ;
- sens : de A vers O ;
- son intensité : $\mathcal{G}(R) = G \frac{M_T}{R^2}$



G désigne la constante de gravitation universelle et M_T est la masse de la Terre.

Le champ de pesanteur terrestre $\vec{g}$ se confond avec le champ de gravitation à la surface de la Terre (de rayon R_T) si l'on néglige le mouvement de la Terre.

- 2 À la « surface » d'un trou noir stellaire de rayon $R_{tn} = 30$ km et de masse $M_{tn} = 3 \cdot 10^5 M_T$ (300 000 masses terrestres) règne un champ de gravitation :

$$\mathcal{G}_{tn} = G \frac{M_{tn}}{R_{tn}^2} = 3 \cdot 10^5 \times G \frac{M_T}{R_{tn}^2}$$

$$\text{où } \frac{R_T}{R_{tn}} = \frac{6\,400}{30} \approx 213 \Rightarrow \frac{1}{R_{tn}} \approx \frac{123}{R_T} \Rightarrow \frac{1}{R_{tn}^2} = \frac{(213)^2}{R_T^2} \text{ fournit :}$$

$$\mathcal{G}_{tn} = 3 \cdot 10^5 \times (213)^2 \times G \frac{M_T}{R_T^2} = 3 \cdot 10^5 \times (213)^2 \times g \approx 1,3 \cdot 10^{10} \times g$$

$$\Rightarrow \mathcal{G}_{tn} = 1,3 \cdot 10^{11} \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ car } g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}.$$

Remarque : à la « surface » d'un tel trou noir, un objet de 1 gramme aurait le même poids qu'un objet de 1 300 tonnes sur Terre !

9 Balancier d'une horloge

Enoncé
p. 38

Lycée Saint-Exupéry, Mantes-la-Jolie

- 1 Un point du sol, situé au pôle, se trouve à la distance R_p du centre O de la Terre, auquel cas il est soumis à un champ gravitationnel d'intensité $g_p = \frac{GM}{R_p^2}$, où G est la constante de gravitation universelle et M est la masse de la Terre. De même, un point situé à l'équateur, donc à une distance R_e de O , est soumis à un champ gravitationnel d'intensité $g_e = \frac{GM}{R_e^2}$. Ce faisant, la période d'oscillations d'une horloge située à l'équateur ou au pôle vaut respectivement :

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g_e}} \text{ et } T_p = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g_p}}.$$

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

Par conséquent :

$$\frac{T_p}{T_0} = \sqrt{\frac{\ell}{g_p}} \times \sqrt{\frac{g_e}{\ell}} = \sqrt{\frac{g_e}{g_p}}$$

avec :

$$\begin{aligned} \frac{g_e}{g_p} &= \frac{GM}{R_e^2} \times \frac{R_p^2}{GM} = \frac{R_p^2}{R_e^2} \Rightarrow \sqrt{\frac{g_e}{g_p}} = \sqrt{\frac{R_p^2}{R_e^2}} = \frac{R_p}{R_e} \\ &\Rightarrow \frac{T_p}{T_0} = \frac{R_p}{R_e} \Rightarrow T_p = T_0 \times \frac{R_p}{R_e} \end{aligned}$$

où $R_e = 6\,378$ km tandis que :

$$R_e - R_p = 21 \text{ km} \Rightarrow R_p = R_e - 21 = 6\,378 - 21 = 6\,357 \text{ km.}$$

Il s'ensuit que :

$$T_p = 1 \times \frac{6\,357}{6\,378} \approx 0,9967 \text{ s.}$$

- 2** Pour passer d'une graduation à l'autre, la trotteuse de l'horloge située au pôle met un temps $T_p \approx 0,9967$ s plus court que celle de l'horloge située à l'équateur (qui met $T_0 = 1$ s $> T_p$). La trotteuse de l'horloge située au pôle tourne donc plus vite que celle de l'horloge située à l'équateur ; elle marque donc une avance par rapport à celle de l'horloge restée à l'équateur.

- 3** Pour passer d'une graduation à l'autre, la trotteuse présente un écart (entre le pôle et l'équateur) :

$$\Delta T_1 = T_0 - T_p = 1 - 0,9967 \approx 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ s.}$$

Donc, après avoir parcouru N graduations, la trotteuse située au pôle présente une avance de :

$$\Delta T_N = N \times \Delta T_1$$

sur celle restée à l'équateur. Ce faisant, cet écart atteindra la valeur $\Delta T_N = 1$ s, lorsque la trotteuse aura parcouru :

$$N = \frac{\Delta T_N}{\Delta T_1} = \frac{1}{3,3 \cdot 10^{-3}} = 303 \text{ graduations}$$

c'est-à-dire au bout de :

$$\tau = 303 \text{ s} = 5 \text{ min } 3 \text{ s.}$$

10 Interaction Terre-Lune

Lycée Sophie Germain, Paris

Enoncé
p. 39

- 1** La Terre et la Lune étant espacées d'une distance $d = 384\,400 \cdot 10^3$ m, la force gravitationnelle qu'elles exercent mutuellement l'une sur l'autre est donnée par la loi page ci-contre.

MOUVEMENT ET INTERACTIONS • CHAP. 2

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

$$F_{T/L} = \frac{G M_T M_L}{d^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \times 6 \cdot 10^{24} \times 7,3 \cdot 10^{22}}{(384\,400 \cdot 10^3)^2}$$

$$\Rightarrow F_{T/L} = 2,0 \cdot 10^{20} \text{ N.}$$

- 2** Soit q_T et q_L les charges électriques respectivement portées par la Terre et la Lune. L'intensité de l'interaction électrostatique entre ces astres vaut alors :

$$F_{\text{elec}} = k \frac{|q_T| \times |q_L|}{d^2} = k \frac{|q|^2}{d^2}$$

si les charges q_T et q_L sont identiques. Donc, pour que l'interaction électrostatique compense la gravitation, elle doit repousser les astres (q_T et q_L sont de même signe) avec la même intensité :

$$F_{\text{elec}} = F_{T/L} \Rightarrow k \frac{|q|^2}{d^2} = \frac{G M_T M_L}{d^2}$$

$$\Rightarrow |q|^2 = \frac{G M_T M_L}{k}$$

$$\Rightarrow |q| = \sqrt{\frac{G M_T M_L}{k}}$$

$$\Rightarrow |q| = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \times 6 \cdot 10^{24} \times 7,3 \cdot 10^{22}}{9 \cdot 10^9}}$$

$$\Rightarrow |q| = 5,7 \cdot 10^{13} \text{ C.}$$

11 Loi de la gravitation

➔ **Enoncé**
p. 40

Lycée Bertioz, Vincennes

- 1** À grande distance, les forces que les astres exercent sont de type gravitationnel.
- 2** L'intensité F_T de la force exercée par la Terre (de masse M_T) sur l'objet (de masse m) est inversement proportionnelle au carré de la distance NT qui sépare ces corps :

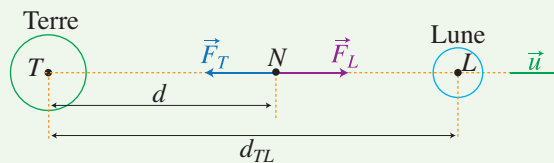
$$F_T = \frac{G M_T m}{NT^2} \quad (3)$$

où G désigne la constante de gravitation.

- 3** L'intensité F_L de la force gravitationnelle que la Lune (de masse M_L) exerce sur l'objet vérifie une loi analogue :

$$F_L = \frac{G M_L m}{NL^2}. \quad (4)$$

- 4 Les vecteurs force qui s'exercent sur l'objet présentent la même direction : la droite TL de vecteur unitaire directeur $\vec{u}$, mais sont de sens contraire :



L'objet est alors soumis à une force résultante $\vec{F} = \vec{F}_T + \vec{F}_L = (F_L - F_T) \vec{u}$ qui s'annule lorsque les deux forces gravitationnelles se compensent. Dans ce cas :

$$F_T = F_L. \quad (5)$$

- 5 Compte tenu des relations (3) et (4), l'identité (5) devient :

$$\begin{aligned} F_T = F_L &\Rightarrow \frac{G M_T m}{N T^2} = \frac{G M_L m}{N L^2} \Rightarrow \frac{M_T}{N T^2} = \frac{M_L}{N L^2} \\ &\Rightarrow N L^2 = N T^2 \times \frac{M_L}{M_T}. \end{aligned}$$

Il s'ensuit que :

$$N L = N T \times \sqrt{\frac{M_L}{M_T}} = d \sqrt{\frac{M_L}{M_T}}.$$

Ainsi, la distance qui sépare la Terre et la Lune vaut :

$$\begin{aligned} d_{TL} = TL &= TN + NL = d + d \sqrt{\frac{M_L}{M_T}} = d \times \left(1 + \sqrt{\frac{M_L}{M_T}} \right) \\ &\Rightarrow \frac{d_{TL}}{d} = 1 + \sqrt{\frac{M_L}{M_T}}. \end{aligned}$$

12 Tir d'une flèche

Enoncé
p. 40

Nouveau Programme

- 1 La seule force qui s'exerce sur la flèche, si on néglige les frottements de l'air, est son poids $\vec{P} = -mg \cdot \vec{u}_y$ (en définissant $\vec{u}_y$ comme un vecteur unitaire, dont la direction est verticale et qui pointe vers le haut).
- 2 Il est possible de déterminer $\Delta \vec{v}$ par le calcul :

$$\Delta \vec{v} = \vec{v}_1 - \vec{v}_0 = \begin{pmatrix} v_{x1} - v_{x0} \\ v_{y1} - v_{y0} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 15 - 15 \\ -1 - 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \end{pmatrix} = -\vec{u}_y.$$

$\Delta \vec{v}$ et $\vec{P}$ sont bien proportionnels : $\vec{P} = mg \cdot \Delta \vec{v}$

- 3 La force qui s'exerce sur la flèche est constante. Donc le vecteur variation de vitesse est constant lui aussi.

MOUVEMENT ET INTERACTIONS • CHAP. 2

On en déduit donc que :

$$\vec{v}_2 = \vec{v}_1 + \vec{\Delta v} = \begin{pmatrix} v_{x1} + \Delta v_x \\ v_{y1} + \Delta v_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 15 + 0 \\ -1 - 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 15 \\ -2 \end{pmatrix} = 15\vec{u}_x - 2\vec{u}_y.$$

Les valeurs numériques sont exprimées en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

13 Mouvement de la Lune

Enoncé
p. 40

Lycée Lakanal, Sceaux

- 1 On considère la vitesse constante au cours du mouvement. On peut donc tracer les vecteurs vitesse de n'importe quelle longueur à partir du moment où tous les vecteurs sont de la même longueur. Il faut néanmoins calculer la valeur de la vitesse afin de pouvoir préciser l'échelle :

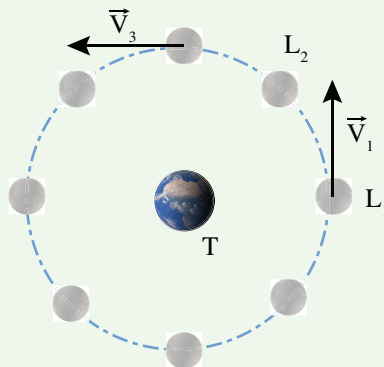
$$\|\vec{v}\| = \frac{D}{T}$$

où $D = 2\pi R$ est la distance parcourue et T est la durée (en secondes) mise par la Lune pour faire le tour de la Terre.

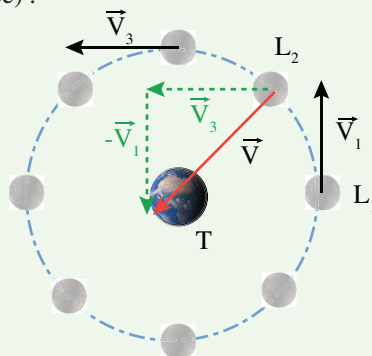
Donc :

$$\|\vec{v}\| = \frac{2 \times \pi \times 385 \cdot 10^6}{28 \times 24 \times 3600} \approx 1\,000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

L'échelle choisie peut être de représenter $1\,000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ par un segment de 1,5 cm.



- 2 Le tracé demandé est le suivant (se référer à la partie cours pour la justification de ce tracé) :



COURS

INTERROS

CORRIGÉS

- 3 La force qui s'exerce sur la Lune est la force d'attraction gravitationnelle de la Terre.

Cette force est dirigée du centre de la Lune vers le centre de la Terre (on dit qu'il s'agit d'une force centripète).

Sa norme se calcule grâce à la formule :

$$F = G \frac{M_L \cdot M_T}{d_{TL}^2}$$
$$F = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{7,35 \cdot 10^{22} \times 5,97 \cdot 10^{24}}{(385 \cdot 10^6)^2}$$
$$F \approx 2 \cdot 10^{20} \text{ N.}$$

- 4 Le vecteur variation de vitesse est bien, dans les deux cas, dirigé vers le centre de la Terre, comme la force d'interaction gravitationnelle. Ces résultats sont compatibles avec la deuxième loi de Newton.

14 Étude d'un mouvement en Python

Enoncé
p. 41

Nouveau Programme

- 1 Pour résoudre le problème, il faut considérer indépendamment la composante de la vitesse selon l'axe des x et la composante de la vitesse selon l'axe des y.

La composante de la vitesse selon l'axe des x se calcule à partir de la différence des positions en x :

$$v_{2x} = (x_3 - x_2) - (x_2 - x_1) = x_3 - x_1.$$

De même la composante de la vitesse selon l'axe des y se calcule à partir de la différence de positions en y :

$$v_{2y} = (y_3 - y_2) - (y_2 - y_1) = y_3 - y_1.$$

De même pour v_{4x} et v_{4y} .

Enfin,

$$\Delta v_x = v_{4x} - v_{2x} \quad \text{et} \quad \Delta v_y = v_{4y} - v_{2y}.$$

D'où le script suivant :

```
live!  
  
#Intervalle de temps entre deux points successifs  
  (en s)  
tau=0.04  
  
#Position des 5 premiers points (en m)  
x1,y1,x2,y2,x3,y3,x4,y4,x5,y5  
=0,100,2,95.2,4,80.4,6,55.6,8,20.8
```

MOUVEMENT ET INTERACTIONS • CHAP. 2

```
#Calcul des vecteurs vitesse en 2 et 4
v2x=(x3-x1)/(2*tau)
v2y=(y3-y1)/(2*tau)
v4x=(x5-x3)/(2*tau)
v4y=(y5-y3)/(2*tau)

#Calcul du vecteur variation de vitesse en 3
Deltav3x=v4x-v2x
Deltav3y=v4y-v2y

#Affichage du résultat
print("Dv3x="+str(Deltav3x)+" Dv3y="+str(Deltav3y))

print(str(v2x)+" "+str(v2y))
print(str(v4x)+" "+str(v4y))
```

- 2 En réalisant les calculs, on trouve :

$$\begin{aligned}v_{2x} &= 50, \\v_{2y} &= -245, \\v_{4x} &= 50, \\v_{4y} &= -745, \\\Delta v_x &= 0, \\\Delta v_y &= -500.\end{aligned}$$

Toutes ces valeurs sont exprimées en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

- 3 On voit que $\Delta v_x = 0$ et que Δv_y est négatif. On en déduit que la force qui s'exerce au point 3 est verticale, dirigée vers le bas.

15 le dauphin à flanc blanc

→ Enoncé
p. 42

Nouveau Programme

- 1 • La vitesse V_4 est donnée par la formule :

$$V_4 = \frac{G_3 G_5}{2\tau},$$

où $\tau = 0,10 \text{ s}$.

Graphiquement, on peut mesurer :

$$G_3 G_5 = 1,6 \text{ cm}.$$

Avec l'échelle 1 cm pour 0,80 m, on trouve :

$$G_3 G_5 = 1,6 \times 0,8 = 1,28 \text{ m}.$$

Ainsi,

$$V_4 = \frac{1,28}{0,20} = 6,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

CORRIGÉS

- La vitesse V_6 est donnée par la formule :

$$V_6 = \frac{G_5 G_7}{2\tau}.$$

Graphiquement, on mesure :

$$G_5 G_7 = 1,3 \text{ cm.}$$

Avec l'échelle 1 cm pour 0,80 m, on obtient alors :

$$G_5 G_7 = 1,3 \times 0,8 = 1,04 \text{ m.}$$

Ainsi,

$$V_6 = \frac{1,04}{0,2} = 5,2 \text{ m.s}^{-1}.$$

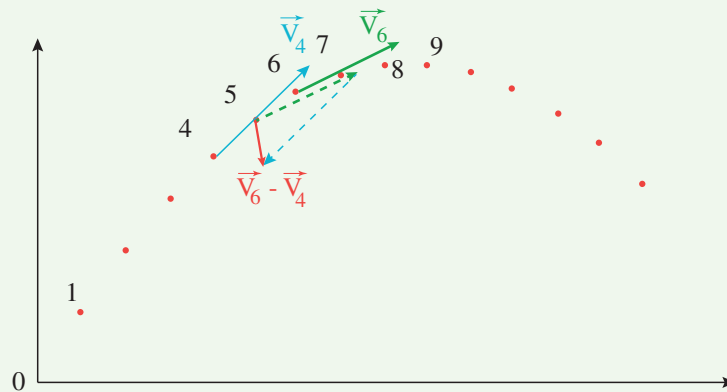
- 2** Avec l'échelle 1 cm pour $3,5 \text{ m.s}^{-1}$, $\vec{V}_4$ mesure $\frac{6,4}{3,5} = 1,8 \text{ cm}$, et $\vec{V}_6$ mesure $\frac{5,2}{3,5} = 1,5 \text{ cm}$.

Les deux vecteurs sont représentés sur le schéma qui se trouve en fin de corrigé.

- 3** Construction du vecteur $\Delta \vec{V}$ au point 5 : on reporte $\vec{V}_6$ au point 5 et on soustrait le vecteur $\vec{V}_4$ (voir vecteurs en pointillés). Le vecteur $\Delta \vec{V}$ mesure 1,0 cm donc avec l'échelle des vitesses :

$$\Delta \vec{V} = 2,0 \text{ m.s}^{-1}.$$

- 4** La résultante vectorielle des forces appliquées au centre d'inertie du dauphin a même sens et direction que $\Delta \vec{V}$.



MOUVEMENT ET INTERACTIONS • CHAP. 2

16 La phase d'accélération d'un motard

Enoncé
p. 43

Nouveau programme

$$1 \quad V_2 = \frac{G_1 G_3}{t_3 - t_1} = \frac{G_1 G_3}{2\tau}.$$

Le facteur d'échelle donne : 1 cm (document) $\longleftrightarrow$ 4,3 m (réel).

$G_1 G_3 = 3$ cm sur le document donc réellement :

$$G_1 G_3 = 3 \times 4,3 = 12,9 \text{ m}.$$

Ainsi,

$$\vec{V}_2 = \frac{12,9}{2 \times 0,800} \approx 8,0 \text{ m.s}^{-1}.$$

De plus, $\vec{V}_4 = \frac{G_3 G_5}{t_5 - t_3}$ avec $G_3 G_5 = 6,5$ cm sur le document donc réellement : $G_3 G_5 = 6,5 \times 4,3 \approx 28$ m.

Ainsi,

$$\vec{V}_4 = \frac{28}{2 \times 0,800} = 17,5 \text{ m.s}^{-1}.$$

2 Voir schéma en fin de corrigé.

Échelle des vitesses : 1 cm $\longleftrightarrow$ 4,3 m.s⁻¹ donc :

- $\vec{V}_2$ est représenté par une flèche de $8,0 \times \frac{1}{4,3} \approx 1,9$ cm,
- $\vec{V}_4$ est représenté par une flèche de $17,5 \times \frac{1}{4,3} = 4,1$ cm.

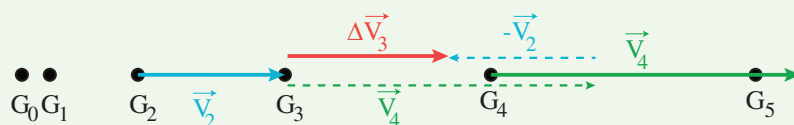
Les vecteurs vitesses sont tangents à la trajectoire et orientés dans le sens du mouvement.

3 Voir schéma en fin de corrigé.

Construction du vecteur $\Delta \vec{V}_3 = \vec{V}_4 - \vec{V}_2$ en G_3 .

Les vecteurs en pointillés nous permettent de construire $\Delta \vec{V}_3$.

4 La résultante des forces a le même sens et la même direction que $\Delta \vec{V}_3$.



COURS

INTERROS

CORRIGÉS