1.3 Unités

E1. (I) Dans certains États américains, la vitesse limite permise sur les autoroutes est de 55 mi/h. Exprimez cette vitesse en : (a) pi/s ; (b) m/s.

E2. (I) Un furlong vaut 220 verges et une « quinzaine » vaut 14 jours (2 semaines). Une personne marche à la vitesse de 5 mi/h. Exprimez cette vitesse en furlongs par quinzaine.

E3. (I) La masse volumique de l'eau est égale à 1 g/cm^3. Que vaut-elle en unités fondamentales SI ?

E4. (I) Combien y a-t-il de secondes dans une année, c'est-à-dire dans 365,24 jours ?

E5. MonLab (I) (a) La distance parcourue par la lumière en une année est une *année-lumière*. Sachant que la vitesse de la lumière est égale à 3×10^8 m/s, exprimez l'année-lumière en kilomètres. (b) La distance moyenne entre la Terre et le Soleil est appelée *unité astronomique* (UA) et vaut à peu près $1{,}5 \times 10^{11}$ m. Que vaut la vitesse de la lumière en UA/h ?

E6. (I) (a) Exprimez la masse d'un proton, $1{,}6726 \times 10^{-27}$ kg, en unités de masse atomique (u). (b) La masse du neutron est égale à 1,008 67 u. Combien vaut-elle en kilogrammes ?

E7. (I) Le nœud est une unité de vitesse nautique : 1 nœud = 1,15 mi/h. Que vaut le nœud en m/s ?

E8. (I) Sachant que 1 po = 2,54 cm exactement, exprimez la vitesse de la lumière, égale à $3{,}00 \times 10^8$ m/s, en (a) pi/ns ; (b) mi/s.

E9. MonLab (II) Une voiture est équipée d'un moteur de 2,2 L. Convertissez cette valeur en pouces au cube.

E10. MonLab (II) Au Canada, la consommation d'une voiture s'exprime en litres aux 100 km. Transformez 30 milles au gallon en litres aux 100 km. Remarque : 1 gallon américain = 3,79 L.

1.4 Notation en puissances de dix, chiffres significatifs

E11. MonLab (I) Précisez le nombre de chiffres significatifs dans chacune des valeurs suivantes : (a) 23,001 s ; (b) $0{,}500 \times 10^2$ m ; (c) 0,002 030 kg ; (d) 2700 kg/s.

E12. MonLab (I) Exprimez les valeurs suivantes en unités sans préfixe : (a) 6,5 ns ; (b) 12,8 µm ; (c) 20 000 MW ; (d) 0,3 mA ; (e) 1,5 pA.

E13. (I) Sachant que π = 3,141 59, trouvez : (a) l'aire d'un cercle de rayon 4,20 m ; (b) l'aire d'une sphère de rayon 0,46 m ; (c) le volume d'une sphère de rayon 2,318 m.

E14. (I) Exprimez les nombres suivants en utilisant la notation en puissances de dix : (a) 1,002/4,0 ; (b) $(8{,}00 \times 10^6)^{-1/3}$; (c) 0,000 763 00.

E15. (I) Calculez $[(3{,}00 \times 10^{12})(1{,}20 \times 10^{-20})/(4{,}00 \times 10^{-1})]^{-1/2}$.

E16. (I) Calculez (a) $1{,}075 \times 10^2 - 6{,}37 \times 10 + 4{,}18$; (b) 402,1 + 1,073.

E17. (I) Transformez les valeurs suivantes en notation scientifique : (a) la distance du Soleil, 149 500 000 000 m ; (b) la longueur d'onde de la raie jaune du sodium, 0,000 000 589 3 m ; (c) le rayon d'un atome, 0,000 000 000 2 m ; (d) le rayon d'un noyau, 0,000 000 000 000 004 m.

E18. (I) Calculez (a) $15{,}827 - (2{,}30 \times 10^{-4})/(1{,}70 \times 10^{-3})$; (b) $88{,}894/11{,}0 + 2{,}222 \times 8{,}00$.

E19. MonLab (I) Par définition, un pouce est égal à 2,54 cm exactement, et une verge, à 3 pieds. Transformez (a) 100,00 verges en mètres ; (b) un acre (4840 verges au carré) en hectares (10^4 m^2).

E20. (I) Exprimez la précision des résultats suivants en utilisant simplement le nombre approprié de chiffres significatifs : (a) (6237 ± 42) m ; (b) $(27{,}34 \pm 0{,}09)$ s ; (c) $(600 \pm 0{,}003)$ kg.

E21. (II) Si le rayon d'une sphère est égal à $(10{,}0 \pm 0{,}2)$ cm, quel est le pourcentage d'incertitude sur (a) son rayon, (b) son aire et (c) son volume ? (d) Pouvez-vous dégager une tendance ? Si oui, quelle est-elle ? (*Indice* : Pour les questions (b) et (c), trouvez d'abord les valeurs minimale et maximale possibles.)

E22. (II) Les dimensions mesurées d'une planche sont $(17{,}6 \pm 0{,}2)$ cm par $(13{,}8 \pm 0{,}1)$ cm. Quelle est son aire ?

1.5 Ordre de grandeur

E23. (I) (a) Estimez l'aire du globe terrestre. (b) Estimez son volume. (c) Combien de fois le volume de la Terre est-il compris dans celui du Soleil ?

E24. (I) Combien de cheveux une personne normale a-t-elle sur la tête ?

E25. (I) Achèteriez-vous une montre dont la publicité annonce qu'elle est exacte à 99 % ? Pourquoi ?

E26. (I) À quelle vitesse une personne située à l'équateur se déplace-t-elle par rapport au pôle Nord ?

E27. (I) Lorsqu'on crée un film en animation virtuelle, combien d'images complètes de l'écran doit-on *créer* si le film dure 2 heures ? (De quel renseignement avez-vous besoin ?)

E28. (I) À l'aide d'un mètre à mesurer, mesurez l'épaisseur d'une page de ce livre.

E29. (I) Durant une vie moyenne, (a) combien de kilomètres parcourt une personne habitant en ville; (b) combien de kilogrammes de nourriture consomme une personne?

E30. (I) Le miroir de l'un ou l'autre des deux télescopes de l'observatoire Keck est constitué d'un grand nombre de petits segments hexagonaux dont la position est finement ajustée par ordinateur. L'ensemble possède un diamètre de 10 m. Combien de fois plus de lumière ce miroir reçoit-il si on le compare à la pupille de votre œil?

E31. (I) Combien de litres d'eau faudrait-il pour faire monter d'un centimètre le niveau du lac Supérieur?

E32. (I) Combien de grains de riz non cuit une tasse contient-elle?

E33. (I) Quel est le volume de votre corps? Comment pouvez-vous vérifier votre estimation?

1.6 Analyse dimensionnelle

E34. MonLab (I) Selon la deuxième loi de la dynamique de Newton, la force F agissant sur une particule est fonction de sa masse m et de son accélération a, selon la relation $F = ma$. D'après la loi de la gravitation universelle de Newton, la force d'attraction entre deux points matériels séparés par une distance r est donnée par $F = Gm_1m_2/r^2$. Quelle est la dimension de G?

E35. MonLab (I) Vérifiez si les équations suivantes sont homogènes en dimensions, sachant que v est la vitesse (m/s), a est l'accélération (m/s^2) et x est la position (m): (a) $x = v^2/(2a)$; (b) $x = \frac{1}{2}at$; (c) $t = (2x/a)^{1/2}$.

E36. (I) La vitesse d'une particule varie avec le temps selon la formule $v = At - Bt^3$. Quelles sont les dimensions de A et de B?

E37. MonLab (I) Transformez les coordonnées polaires suivantes en coordonnées cartésiennes: (a) (3,50 m, 40°); (b) (1,80 m, 230°); (c) (2,20 m, 145°); (d) (2,60 m, 320°).

E38. (I) Transformez les coordonnées cartésiennes suivantes en coordonnées polaires: (a) (3 m, 4 m); (b) (−2 m, 3 m); (c) (2,5 m, −1,5 m); (d) (−2 m, −1 m).

E39. (II) L'argument d'une fonction trigonométrique est une grandeur sans dimension. Si la vitesse v d'un point matériel de masse m varie en fonction du temps t selon la relation $v = \omega A \sin[(k/m)^{1/2}t]$, trouvez les dimensions de ω et de k, sachant que A est une longueur.

EXERCICES SUPPLÉMENTAIRES

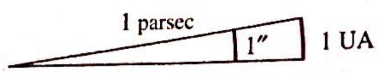
1.3 Unités

E40. (I) Un cylindre plein a un rayon de 3 cm et un volume de 0,41 L. Trouvez: (a) sa longueur; (b) l'aire de sa surface.

E41. (I) Un tapis coûte 17,60 $ la verge carrée. Combien coûte un mètre carré de ce tapis?

E42. (I) Un pot de peinture couvrant 11 m^2 coûte 14,80 $. Les murs d'une pièce de 12 pi sur 18 pi ont 8 pi de haut. Si on applique une seule couche de peinture et qu'il faut acheter un nombre entier de pots, combien coûtera la peinture pour cette pièce?

E43. (I) Les astronomes utilisent le *parsec* comme unité de distance. On le définit à partir de l'*unité astronomique* (UA), qui correspond au rayon moyen de l'orbite de la Terre autour du Soleil: 1 UA = 1,4960 × 10^{11} m. Par définition, à une distance de un *parsec*, une unité astronomique sous-tend un angle de une seconde d'arc (1″ = 1°/3600) (figure 1.11). Combien y a-t-il d'unités astronomiques dans un *parsec*?



▲ Figure 1.11
Exercice 43.

1.4 Notation en puissances de dix, chiffres significatifs

E44. (I) Une année dure approximativement $\pi \times 10^7$ s. Quelle est l'incertitude relative en pourcentage attribuable à cette façon d'exprimer la durée d'une année?

E45. (I) Exprimez les résultats suivants avec le bon nombre de chiffres significatifs: (a) $3,88 \times 10^1 + 4,57 \times 10^2$; (b) $2,5\ \pi/(2,983 \times 10^{-4})$.

1.5 Ordre de grandeur

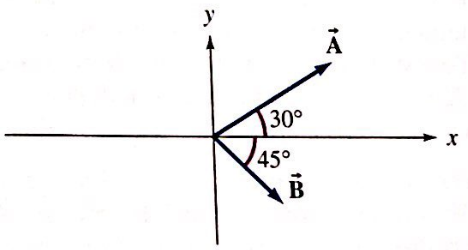
E46. (I) Un pot de peinture de 3,79 L couvre 44 m^2. Estimez l'épaisseur moyenne de la couche de peinture.

E47. (I) On forme une chaîne de personnes, les bras étendus en se touchant à peine du bout des doigts, tout le long de l'équateur terrestre. Estimez le nombre de personnes nécessaires.

Dans les exercices suivants, on suppose que l'axe des x positifs est orienté vers l'est, l'axe des y positifs, vers le nord, et on ajoute, si nécessaire, l'axe des z positifs, orienté vers le haut. Pour un vecteur quelconque $\vec{\mathbf{A}}$ *dans le plan xy,* θ_A *est l'angle mesuré par rapport à l'axe des x positifs dans le sens antihoraire.*

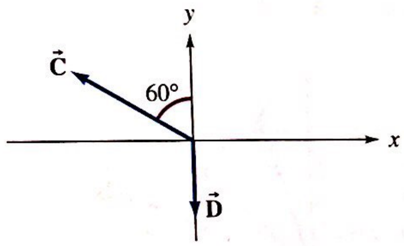
2.2 Addition des vecteurs

E1. (I) Les vecteurs $\vec{\mathbf{A}}$ et $\vec{\mathbf{B}}$ représentés à la figure 2.27 ont pour modules $A = 3$ m et $B = 2$ m. Déterminez graphiquement: (a) $\vec{\mathbf{A}} + \vec{\mathbf{B}}$; (b) $\vec{\mathbf{A}} - \vec{\mathbf{B}}$.



▲ **Figure 2.27**
Exercice 1.

E2. (I) Les vecteurs $\vec{\mathbf{C}}$ et $\vec{\mathbf{D}}$ représentés à la figure 2.28 ont pour modules $C = 4$ m et $D = 2{,}5$ m. Déterminez graphiquement: (a) $\vec{\mathbf{C}} + \vec{\mathbf{D}}$; (b) $\vec{\mathbf{C}} - \vec{\mathbf{D}}$.



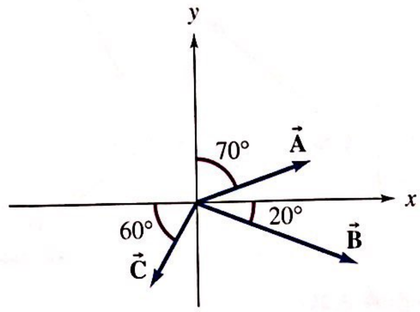
▲ **Figure 2.28**
Exercice 2.

E3. (I) On donne, pour les trois vecteurs représentés à la figure 2.29, $A = 1{,}5$ m, $B = 2$ m et $C = 1$ m. Déterminez graphiquement: (a) $\vec{\mathbf{A}} + \vec{\mathbf{B}} + \vec{\mathbf{C}}$; (b) $\vec{\mathbf{A}} - \vec{\mathbf{B}} - \vec{\mathbf{C}}$.

E4. (I) Étant donné les trois vecteurs représentés à la figure 2.29, trouvez graphiquement le vecteur $\vec{\mathbf{D}}$ qui, ajouté à $\vec{\mathbf{A}} + \vec{\mathbf{B}} - \vec{\mathbf{C}}$, donne un vecteur nul. On donne $A = 1{,}5$ m, $B = 2$ m, $C = 1$ m.

E5. (II) On donne trois vecteurs de même module égal à 10 m. Dessinez un diagramme vectoriel montrant comment le module de leur résultante peut être égal à: (a) 0 m; (b) 10 m; (c) 20 m; (d) 30 m.

E6. (II) Soit deux vecteurs de même module égal à 2 m. Déterminez graphiquement l'angle qu'ils forment si leur résultante a pour module: (a) 3 m; (b) 1 m. Dans chaque cas, utilisez la loi des cosinus pour vérifier votre réponse.



▲ **Figure 2.29**
Exercices 3 et 4.

E7. MonLab (I) La résultante de deux vecteurs, $\vec{\mathbf{A}}$ et $\vec{\mathbf{B}}$, est un vecteur de 40 m orienté vers le nord. Si le module de $\vec{\mathbf{A}}$ est de 30 m et qu'il forme un angle de 30° vers le sud par rapport à l'ouest, déterminez graphiquement le vecteur $\vec{\mathbf{B}}$.

2.3 Composantes et vecteurs unitaires

E8. (I) Une personne effectue un déplacement de 4 m à 40° ouest par rapport au nord, suivi d'un déplacement de 3 m à 20° sud par rapport à l'ouest. Déterminez le module et l'orientation du déplacement résultant.

E9. (I) On définit les trois vecteurs suivants: $\vec{\mathbf{A}}$ de module 5 m, avec $\theta_A = 45°$, $\vec{\mathbf{B}}$ de module 7 m, $\theta_B = 330°$ et $\vec{\mathbf{C}}$ de module 4 m, $\theta_C = 240°$. Déterminez le module et l'orientation de leur somme.

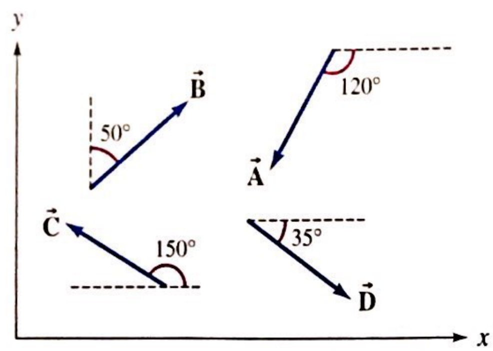
E10. (I) Une personne se déplace de 5 m vers le sud, puis de 12 m vers l'ouest. Quels sont le module et l'orientation de son déplacement résultant?

E11. (I) Un insecte parcourt 50 cm en ligne droite sur un mur. Si son déplacement horizontal vaut 25 cm, quel est son déplacement vertical?

E12. (I) Un avion vole dans la direction 30° ouest par rapport au nord. Quelle distance franchit-il vers le nord pendant qu'il se déplace de 100 km vers l'ouest?

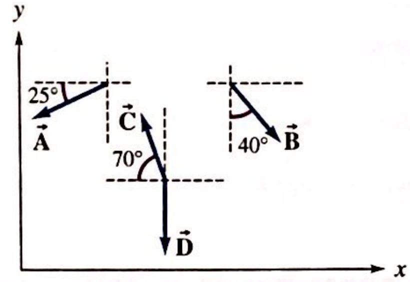
E13. (I) Les quatre vecteurs représentés à la figure 2.30 ont un module de 2 m. (a) Exprimez leurs composantes en fonction des vecteurs unitaires. (b) Exprimez leur somme en fonction des vecteurs unitaires. (c) Quels sont le module et l'orientation de leur somme?

E14. (I) Chaque vecteur de la figure 2.31 a un module de 4 m. (a) Exprimez chaque vecteur en fonction des vecteurs unitaires. (b) Exprimez leur somme en fonction des vecteurs unitaires. (c) Quels sont le module et l'orientation de leur somme?



▲ **Figure 2.30**

Exercice 13.



▲ **Figure 2.31**

Exercice 14.

E15. MonLab (I) Étant donné les deux vecteurs $\vec{A} = (2\vec{i} - 3\vec{j} + \vec{k})$ m et $\vec{B} = (-\vec{i} + 2\vec{j} - \vec{k})$ m, déterminez: (a) $\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$; (b) R; (c) $\vec{u}_R$.

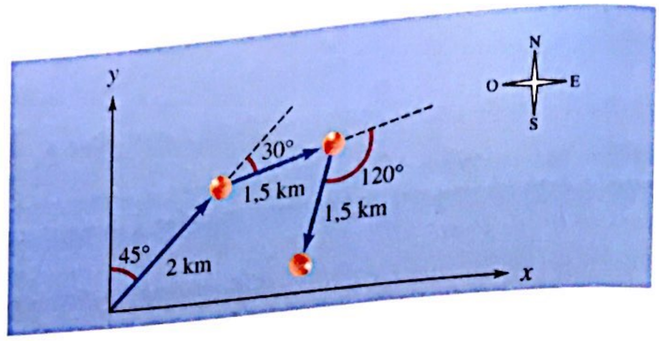
E16. (I) Étant donné les deux vecteurs $\vec{C} = (4\vec{i} + \vec{j} - 3\vec{k})$ m et $\vec{D} = (2\vec{i} - 3\vec{j} - 5\vec{k})$ m, déterminez: (a) $\vec{S} = \vec{C} - \vec{D}$; (b) S; (c) $\vec{u}_S$.

E17. (II) Soit le vecteur $\vec{A}$ de module 6 m et le vecteur $\vec{B}$ de module 4 m. Quel angle forment-ils si le module de leur résultante est (a) maximal; (b) minimal; (c) égal à 3 m; (d) égal à 8 m? Traitez chaque question graphiquement et analytiquement (on suppose que $\vec{A}$ se dirige selon l'axe des x positifs).

E18. MonLab (I) La résultante $\vec{R}$ de deux déplacements a pour module 10 m et $\theta_R = 127°$. Si le second déplacement est de 6 m dans la direction 53° nord par rapport à l'est, déterminez le module et l'orientation du premier déplacement.

E19. MonLab (I) Dans une course nautique, les bateaux doivent suivre un parcours délimité par trois balises, comme l'indique la figure 2.32, où l'on donne l'orientation et le module des trois premiers segments de la course. Quel est le déplacement entre la dernière balise et le point de départ? Exprimez votre réponse (a) en fonction des vecteurs unitaires et (b) sous forme d'un module et d'une orientation.

E20. (II) Soit un déplacement $\vec{A}$ de 6 m vers l'est. Déterminez le déplacement $\vec{B}$ tel que $\vec{A} - \vec{B}$ ait un module égal à la moitié de celui de $\vec{A}$ et soit orienté à 30° nord par rapport à l'est.



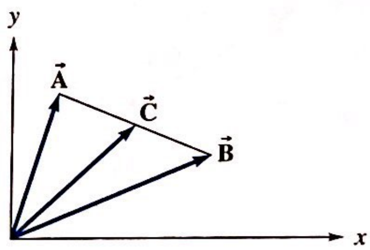
▲ **Figure 2.32**

Exercice 19.

E21. MonLab (II) Un voilier se trouve en un point distant de 4 km d'un phare. Par rapport au phare, ce point se trouve à 40° nord par rapport à l'est. Le voilier se déplace vers un point situé à 6 km du phare et pour lequel l'orientation est de 60° nord par rapport à l'ouest, toujours à partir du phare. (a) Quel est son déplacement? (b) Pendant son déplacement, quelle a été la plus courte distance entre le voilier et le phare?

E22. (I) Un sous-marin parcourt 40 km vers le nord puis 30 km vers l'ouest. Quel troisième déplacement produirait un déplacement résultant de 20 km à 30° sud par rapport à l'ouest?

E23. (II) Les vecteurs $\vec{A}$ et $\vec{B}$ de la figure 2.33 donnent la position d'un point se déplaçant le long du segment de droite qui relie leurs extrémités. Montrez que le vecteur $\vec{C}$ désignant la position au milieu du segment est $\vec{C} = (\vec{A} + \vec{B})/2$.



▲ **Figure 2.33**

Exercice 23.

E24. (II) Étant donné les vecteurs $\vec{A} = (3\vec{i} - 2\vec{j})$ m et $\vec{B} = (-\vec{i} + 5\vec{j})$ m, trouvez les vecteurs $\vec{C}$ du plan xy tels que $C = \|\vec{A} + \vec{B}\|$ et que leur orientation soit perpendiculaire à $\vec{A} + \vec{B}$.

E25. MonLab (I) Étant donné les vecteurs $\vec{A} = (2\vec{i} + \vec{j} - \vec{k})$ m et $\vec{B} = (-3\vec{i} + 2\vec{j} + \vec{k})$ m, trouvez le vecteur unitaire orienté selon $\vec{S} = 2\vec{B} - 3\vec{A}$.

E26. (I) Étant donné les vecteurs $\vec{A} = (5\vec{i} + 2\vec{j})$ m et $\vec{B} = (-2\vec{i} - 3\vec{j})$ m, trouvez: (a) $A + B$; (b) $\|\vec{A} + \vec{B}\|$; (c) $\|\vec{A} - \vec{B}\|$; (d) $A - B$.

E27. (I) Étant donné le vecteur $\vec{A} = (6\vec{i} - 2\vec{j} + 3\vec{k})$ m, trouvez: (a) un vecteur de module $2A$ et de même orientation que $\vec{A}$; (b) le vecteur unitaire $\vec{u}_A$; (c) un vecteur de sens opposé à $\vec{A}$ et de module 4 m.

E28. (I) Étant donné les vecteurs $\vec{\mathbf{A}} = (2\vec{\mathbf{i}} - 3\vec{\mathbf{j}} + \vec{\mathbf{k}})$ m et $\vec{\mathbf{B}} = (-4\vec{\mathbf{i}} + \vec{\mathbf{j}} - 5\vec{\mathbf{k}})$ m, trouvez un troisième vecteur $\vec{\mathbf{C}}$ tel que $\vec{\mathbf{A}} - 2\vec{\mathbf{B}} + \vec{\mathbf{C}}/3 = 0$.

E29. (II) Montrez que si la somme de trois vecteurs est nulle, ils doivent tous être situés dans le même plan. Cette condition s'applique-t-elle à la somme nulle de quatre vecteurs ?

E30. (I) Les vecteurs $\vec{\mathbf{A}}$ et $\vec{\mathbf{B}}$ ont pour composantes: $A_x = 2$ m, $A_y = -3{,}5$ m, $B_x = -1{,}5$ m, $B_y = -2{,}5$ m. Trouvez le module et l'orientation de $\vec{\mathbf{C}} = 3\vec{\mathbf{A}} - 2\vec{\mathbf{B}}$.

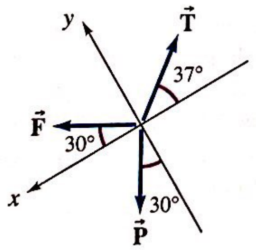
E31. (I) Trouvez les composantes des vecteurs suivants: (a) $\vec{\mathbf{P}}$, tel que $P = 5$ m et $\theta_P = 150°$; (b) $\vec{\mathbf{Q}}$, de module 3,6 m et faisant un angle de 120° dans le sens horaire par rapport à l'axe des y positifs.

E32. (I) Un corps se déplace du point de coordonnées (3 m, 2 m) au point (−4 m, 4 m). Exprimez son déplacement: (a) en fonction des vecteurs unitaires; (b) en fonction de son module et de son orientation.

E33. (I) Soit le vecteur $\vec{\mathbf{A}}$ tel que $A = 5$ m et $\theta_A = 37°$. Trouvez le vecteur $\vec{\mathbf{B}}$ tel que sa somme avec $\vec{\mathbf{A}}$ soit sur l'axe des x, orientée vers les x négatifs, et de module 3 m.

E34. (II) L'aiguille des heures d'une horloge est longue de 6 cm. On suppose que sa position à midi correspond à l'axe des y positifs et que sa position à 3 h correspond à l'axe des x positifs. Trouvez le déplacement (exprimé en fonction des vecteurs unitaires) de l'extrémité de l'aiguille entre les heures suivantes: (a) de 1 h à 4 h; (b) de 2 h à 9 h 30.

E35. (II) La figure 2.34 représente les orientations de trois vecteurs dont les modules sont, en unités arbitraires, $P = 20$, $F = 10$ et $T = 30$. Les axes x et y sont inclinés comme le montre la figure. Trouvez: (a) les composantes des vecteurs; (b) leur somme exprimée en fonction des vecteurs unitaires.



▲ **Figure 2.34**

Exercice 35.

E36. (I) Au cours d'une chasse au trésor, l'énoncé des directives se lit comme suit: Marchez 5 m en ligne droite à partir du chêne selon une orientation à 30° ouest par rapport au nord. Tournez de 45° vers la droite et avancez de 4 m. Creusez un trou de 2 m de profondeur. À quelle distance en ligne droite se trouve le trésor par rapport au pied du chêne ?

E37. (II) Étant donné le vecteur $\vec{\mathbf{A}} = (2\vec{\mathbf{i}} + 3\vec{\mathbf{j}})$ m, trouvez le vecteur $\vec{\mathbf{B}}$ de module 5 m qui est perpendiculaire à $\vec{\mathbf{A}}$ et est situé dans les plans suivants: (a) le plan xz; (b) le plan xy.

E38. (I) Un hélicoptère s'élève à 100 m au-dessus de son aire de décollage et vole sur une distance horizontale de 200 m à 25° sud par rapport à l'ouest. Quel est son déplacement par rapport à son point de départ ?

2.4 Produit scalaire

E39. (I) Quel est l'angle entre les vecteurs $\vec{\mathbf{A}} = \vec{\mathbf{i}} - 2\vec{\mathbf{j}}$ et $\vec{\mathbf{B}} = 2\vec{\mathbf{i}} + 3\vec{\mathbf{j}}$?

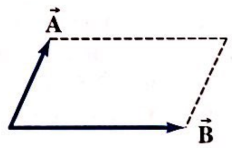
E40. (I) Étant donné les vecteurs $\vec{\mathbf{A}} = -2\vec{\mathbf{i}} + \vec{\mathbf{j}} - 3\vec{\mathbf{k}}$ et $\vec{\mathbf{B}} = 5\vec{\mathbf{i}} + 2\vec{\mathbf{j}} - \vec{\mathbf{k}}$, trouvez les nombres suivants: (a) $\vec{\mathbf{A}} \cdot \vec{\mathbf{B}}$; (b) $(\vec{\mathbf{A}} + \vec{\mathbf{B}}) \cdot (\vec{\mathbf{A}} - \vec{\mathbf{B}})$.

E41. (I) Le produit scalaire de deux vecteurs de modules 3 m et 5 m est égal à -4 m^2. Trouvez le plus petit des deux angles entre ces deux vecteurs.

E42. MonLab (I) Les composantes de deux vecteurs sont $A_x = 2{,}4$, $A_y = -1{,}2$, $A_z = 4{,}0$ et $B_x = -3{,}6$, $B_y = 1{,}8$ et $B_z = -2{,}6$. Trouvez le plus petit des deux angles entre ces deux vecteurs.

E43. (I) Soit les vecteurs $\vec{\mathbf{A}}$ et $\vec{\mathbf{B}}$ situés dans le plan xy; le module de $\vec{\mathbf{A}}$ est 3,2 m avec $\theta_A = 45°$ et $\vec{\mathbf{B}}$ a un module de 2,4 m avec $\theta_B = 290°$. Trouvez $\vec{\mathbf{A}} \cdot \vec{\mathbf{B}}$.

E44. (II) Les vecteurs $\vec{\mathbf{A}}$ et $\vec{\mathbf{B}}$ de la figure 2.35 représentent les deux côtés d'un parallélogramme. (a) Exprimez les diagonales en fonction de $\vec{\mathbf{A}}$ et de $\vec{\mathbf{B}}$. (b) Montrez que les diagonales sont perpendiculaires si $A = B$.



▲ **Figure 2.35**

Exercices 44 et 51.

E45. (II) (a) Montrez que les angles α, β et γ entre un vecteur $\vec{\mathbf{A}}$ et les axes x, y et z respectivement sont donnés par

$$\cos\alpha = \frac{\vec{\mathbf{A}} \cdot \vec{\mathbf{i}}}{A} \quad \cos\beta = \frac{\vec{\mathbf{A}} \cdot \vec{\mathbf{j}}}{A} \quad \cos\gamma = \frac{\vec{\mathbf{A}} \cdot \vec{\mathbf{k}}}{A}$$

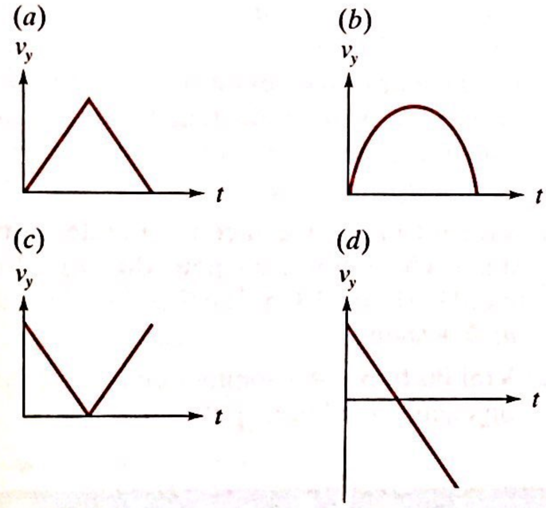
(b) Si $\vec{\mathbf{A}} = 3\vec{\mathbf{i}} + 2\vec{\mathbf{j}} + \vec{\mathbf{k}}$, trouvez l'angle compris entre $\vec{\mathbf{A}}$ et chacun des axes.

E46. (II) Étant donné les trois vecteurs $\vec{\mathbf{A}} = \vec{\mathbf{i}} - 4\vec{\mathbf{j}}$, $\vec{\mathbf{B}} = 3\vec{\mathbf{i}}$ et $\vec{\mathbf{C}} = -2\vec{\mathbf{j}}$, calculez les expressions suivantes *si* elles ont un sens mathématique: (a) $\vec{\mathbf{C}} \cdot (\vec{\mathbf{A}} + \vec{\mathbf{B}})$; (b) $\vec{\mathbf{C}} \cdot (\vec{\mathbf{A}} \cdot \vec{\mathbf{B}})$; (c) $C + \vec{\mathbf{A}} \cdot \vec{\mathbf{B}}$; (d) $C(\vec{\mathbf{A}} \cdot \vec{\mathbf{B}})$; (e) $\vec{\mathbf{C}}(\vec{\mathbf{A}} \cdot \vec{\mathbf{B}})$.

E47. (II) Quelle est la composante du vecteur $\vec{\mathbf{A}} = (\vec{\mathbf{i}} - 2\vec{\mathbf{j}} + \vec{\mathbf{k}})$ m dans la direction du vecteur $\vec{\mathbf{B}} = (-3\vec{\mathbf{i}} + 4\vec{\mathbf{k}})$ m ?

haut, le temps qu'il met pour s'élever est-il supérieur ou inférieur au temps qu'il met pour tomber? (*Indice*: Que pouvez-vous déduire des vitesses initiale et finale?)

Q12. Une balle lancée vers le haut retombe au sol. Lequel des graphes de la figure 3.35 représente le mieux la vitesse en fonction du temps? (On néglige la résistance de l'air.)



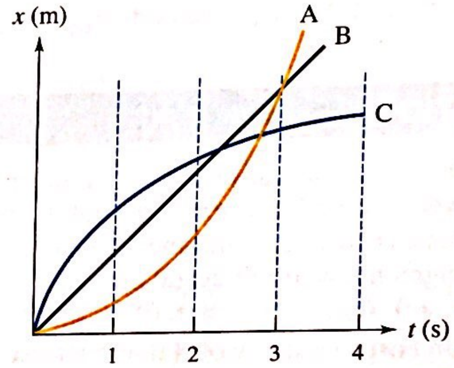
▲ **Figure 3.35**
Question 12.

Q13. Un objet est projeté vers le haut avec une vitesse v_0. Il met un temps T pour atteindre sa hauteur maximale H. Vrai ou faux? (a) Il atteint $H/2$ en $T/2$. (b) Il a une vitesse $v_0/2$ à $H/2$. (c) Il a une vitesse $v_0/2$ à $T/2$. (d) Sa vitesse (en valeur absolue) vaut v_0 à $2T$.

Q14. Une façon simple de mesurer votre temps de réflexe consiste à demander à quelqu'un de laisser tomber une règle entre vos doigts. Quel est le principe de ce test? (Cette méthode donne une estimation optimiste, car vous êtes prévenu de l'événement.)

Q15. On laisse tomber deux billes l'une après l'autre du haut d'une tour. La distance entre les billes augmente-t-elle, diminue-t-elle ou reste-t-elle constante en fonction du temps? (Note: On néglige la résistance de l'air.)

Q16. Le graphe de x en fonction de t de la figure 3.36 décrit les parcours de trois corps, A, B et C. (a) À t = 1 s, quel est celui qui a la plus grande vitesse? (b) À t = 2 s, lequel est parvenu le plus loin? (c) Lorsque A rencontre C, B se déplace-t-il plus rapidement ou plus lentement que A? (d) Y a-t-il un instant où la vitesse de A est égale à celle de B? Si oui, quel est-il?



▲ **Figure 3.36**
Question 16.

EXERCICES

(Voir l'avant-propos pour la signification des icônes)

À moins d'indication contraire, dans les exercices et les problèmes qui suivent, l'expression « composante en x (en y) de » est sous-entendue pour le déplacement, la vitesse et l'accélération.

3.2 et 3.3 Déplacement et vitesse

E1. (I) En septembre 2007, le Jamaïcain Asafa Powell a établi un nouveau record du monde en courant 100 m en 9,74 s. (*a*) Quelle était sa vitesse moyenne? (*b*) Serait-il en infraction dans une zone scolaire où la vitesse est limitée à 30 km/h?

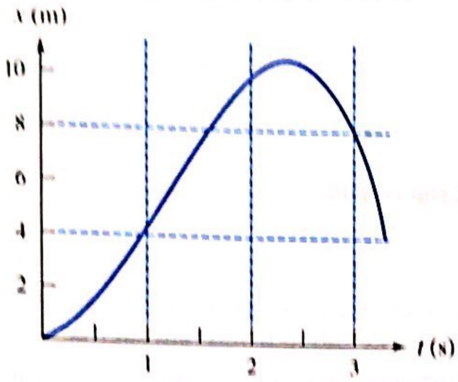
E2. (I) Un coureur A met 4 min pour parcourir 1 mille (1,6 km) et un marathonien B met 2,25 h pour parcourir 42 km. (a) Déterminez les vitesses moyennes. (b) Combien de temps prendrait le marathon s'il était parcouru à la vitesse du coureur A?

E3. (I) Un voyage en automobile dure 4 h 30 min à 80 km/h, dont une demi-heure de pause pour le déjeuner. Combien de temps gagnerait-on en roulant à 100 km/h sans faire de pause?

E4. (I) Un cycliste roule à 12 m/s pendant 1 min, puis à 16 m/s pendant 2 min. Trouvez la vitesse moyenne sur tout le trajet si la deuxième partie du mouvement est (a) de même sens que la première et (b) de sens contraire.

E5. (I) En 1979, Brian Allen parcourait la distance séparant Folkestone, en Grande-Bretagne, du Cap Gris-Nez, en France, à bord de l'avion à pédales *Gossamer Albatross*. Il parcourut une distance en ligne droite de 38,5 km en 2 h 49 min. Quelle était sa vitesse moyenne?

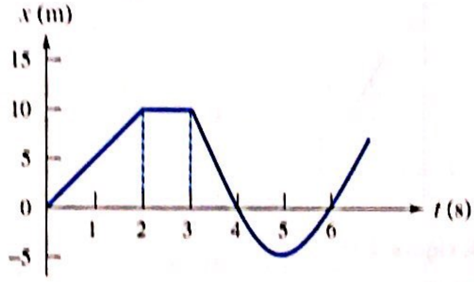
E6. (I) D'après le graphe de x en fonction de t de la figure 3.37, trouvez la vitesse moyenne entre les instants suivants: (a) 0 et 2 s; (b) 1 et 3 s.



▲ **Figure 3.37**

Exercices 6 et 11.

E7. MonLab (I) D'après le graphe de x en fonction de t de la figure 3.38, trouvez la vitesse moyenne pour chacun des intervalles suivants: (a) 0 à 2 s; (b) 1 à 3 s; (c) 2 à 4 s; (d) 4 à 6 s.



▲ **Figure 3.38**

Exercices 7 et 12.

E8. (II) Pour son tour de piste de qualification au Grand Prix de Malaisie de mars 2008, Felipe Massa boucla les 5,5 km d'un tour de piste en 1 min 35 s. La course, qui comprenait 56 tours de piste, fut gagnée par Kimi Raïkkönen à une vitesse scalaire moyenne de 204 km/h. S'il avait pu maintenir sa vitesse scalaire moyenne du tour de qualification pendant toute la course, Felipe Massa aurait-il gagné ou perdu, et par quelle distance?

E9. (II) Soit une course d'automobiles de 500 km sur un circuit de 10 km. Le véhicule A termine la course en 4 h avec 1,5 tour d'avance sur le véhicule B. Combien de temps aura mis le véhicule B pour franchir les 500 km de la course?

E10. (I) Lors de sa première traversée, en juillet 1952, le paquebot *United States* a gagné le ruban bleu pour avoir effectué la traversée la plus rapide de l'Atlantique entre New York et Cornwall au Royaume-Uni. Le voyage avait duré 3 jours 10 h 40 min avec une vitesse moyenne de 34,5 nœuds (65,5 km/h), c'est-à-dire 10 h 2 min de moins que le record que détenait depuis 14 ans le *Queen Mary*. Quelle était la vitesse moyenne du *Queen Mary*?

E11. (I) À partir du graphe x en fonction de t de la figure 3.37, estimez la vitesse instantanée aux instants suivants: (a) 1 s; (b) 2 s; (c) 3 s.

E12. (I) À partir du graphe de x en fonction de t de la figure 3.38, estimez la vitesse instantanée aux instants suivants: (a) 1 s; (b) 2,5 s; (c) 3,5 s; (d) 4,5 s; (e) 5 s. (f) Le mouvement représenté par ce graphe est physiquement impossible. Pourquoi?

3.4 Accélération

E13. (I) Un oiseau vole vers le nord à 20 m/s pendant 15 s. Il se repose pendant 5 s puis vole vers le sud à 25 m/s pendant 10 s. Déterminez, pour la totalité de son voyage: (a) la vitesse scalaire moyenne; (b) la vitesse moyenne; (c) l'accélération moyenne.

E14. (I) Déterminez l'accélération moyenne dans chacun des cas suivants (le mouvement est dans la direction positive de x). (a) Un Airbus A320 partant du repos atteint sa vitesse de décollage de 300 km/h en 50 s. (b) Un avion Rafale de la marine française s'approche du porte-avions *Charles-de-Gaulle* à 230 km/h et il est arrêté par un filet en 4 s. (c) Une capsule d'entraînement atteint 1440 km/h en 2 s.

E15. (I) On lance une balle de base-ball à 30 m/s. Elle est frappée et acquiert une vitesse de 40 m/s dans la direction opposée. Si la balle et le bâton restent en contact pendant 0,04 s, quel est le module de l'accélération moyenne de la balle durant cet intervalle?

E16. (I) À $t = 3$ s, une particule se trouve en $x = 7$ m à la vitesse $v_x = 4$ m/s. À $t = 7$ s, elle est en $x = -5$ m à la vitesse $v_x = -2$ m/s. Déterminez: (a) sa vitesse moyenne; (b) son accélération moyenne.

E17. (I) Le 27 avril 2008, Ashley Force est devenue la première femme à remporter une course d'accélération de la NHRA. Elle a mis 4,84 s pour franchir les 402 m de la piste rectiligne en partant du repos. À la fin de sa course, sa vitesse était de 516 km/h. Déterminez: (a) la vitesse moyenne; (b) l'accélération moyenne.

E18. (II) Un participant au rallye de Charlevoix doit maintenir une vitesse scalaire moyenne de 75 km/h sur les 300 km de l'étape. Il roule à 100 km/h pendant les premiers 180 km puis se repose pendant 12 min. Quelle doit être sa vitesse scalaire moyenne pendant le reste de l'étape?

E19. (I) On a relevé les données suivantes pour une Toyota Corolla 2008. Déterminez l'accélération moyenne pour chaque parcours, en supposant qu'elle est constante: (a) 0 à 50 km/h en 4,9 s; (b) 0 à 100 km/h en 14,8 s; (c) 70 km/h à 105 km/h en 9,2 s; (d) freinage en 4 s jusqu'à l'arrêt à partir d'une vitesse de 100 km/h.

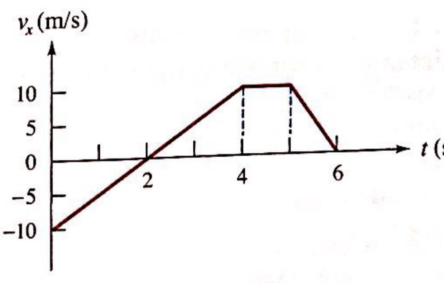
E20. (II) La position d'une particule est donnée par $x = 5 + 7t - 2t^2$, où x est en mètres et t en secondes. (a) Tracez le graphe de la position en fonction du temps entre 0 et 5 s. (b) Quelle est la vitesse moyenne entre 2 et 4 s ? (c) Recalculez la vitesse moyenne de la partie (b), mais en réduisant progressivement l'instant final jusqu'à 2,001 s. (d) Utilisez le calcul différentiel pour déterminer la vitesse instantanée à $t = 2$ s.

E21. (II) La position d'une particule est donnée par $x = 5 \sin[(2\pi/3)t]$, où x est en mètres et t en secondes (l'argument de la fonction sinus est exprimé en radians). (a) Tracez le graphe de la position en fonction du temps entre 0 et 1 s. (b) Quelle est la vitesse moyenne entre 0,5 et 0,6 s ? (c) Recalculez la vitesse moyenne de la partie (b), mais en réduisant progressivement l'instant final jusqu'à 0,501 s. (d) Utilisez le calcul différentiel pour trouver la vitesse instantanée à 0,5 s. (e) Tracez le graphe de la vitesse de la particule en fonction du temps, entre 0 et 1 s.

E22. (II) La position d'une particule est donnée par $x = 10e^{-0,2t}$, où x est en mètres et t en secondes. (a) Tracez x en fonction de t entre 0 et 10 s. (b) Déterminez la vitesse moyenne entre 2 et 3 s. (c) Recalculez la vitesse moyenne de la partie (b), mais en réduisant progressivement l'instant final jusqu'à 2,001 s. (d) Tracez le graphe de la vitesse de la particule en fonction du temps, entre 0 et 10 s.

E23. MonLab (II) La position d'une particule est donnée par $x = 4 - 5t + 3t^2$, où x est en mètres et t en secondes. (a) Quelles sont sa vitesse instantanée et son accélération à $t = 3$ s ? (b) À quel instant la particule est-elle au repos ? (c) Vérifiez la réponse de la question (b) à l'aide d'un graphe de la position en fonction du temps.

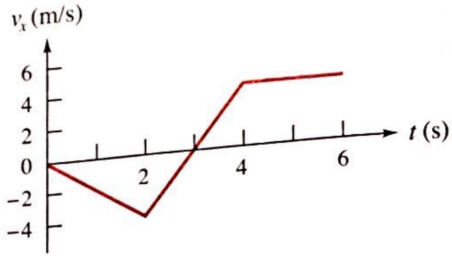
E24. (I) Utilisez le graphe de v_x en fonction de t de la figure 3.39 pour déterminer (a) l'accélération moyenne durant les premières 5,0 s et (b) l'accélération instantanée à $t = 2,0$ s. (c) Y a-t-il un instant où le mouvement de la particule change de sens ? Si oui, quel est-il ?



▲ **Figure 3.39**

Exercices 24, 29 et 31.

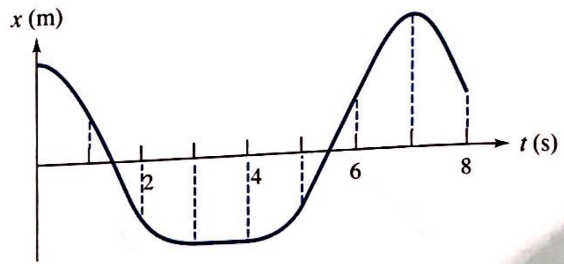
E25. MonLab (I) D'après le graphe de v_x en fonction de t de la figure 3.40, déterminez : (a) le ou les instants où la particule est au repos ; (b) l'instant auquel, le cas échéant, le mouvement de la particule change de sens ; (c) l'accélération moyenne entre 1 et 4 s ; (d) l'accélération instantanée à $t = 3$ s.



▲ **Figure 3.40**

Exercices 25, 30 et 32.

E26. MonLab (II) Sur le graphe de x en fonction de t de la figure 3.41, y a-t-il un instant ou un intervalle de temps pour lesquels les conditions suivantes sont vérifiées ? (a) $v_x = 0, a_x = 0$; (b) $v_x = 0, a_x \neq 0$; (c) $v_x \neq 0, a_x = 0$; (d) $v_x > 0, a_x > 0$; (e) $v_x > 0, a_x < 0$; (f) $v_x < 0, a_x < 0$; (g) $v_x < 0, a_x > 0$.

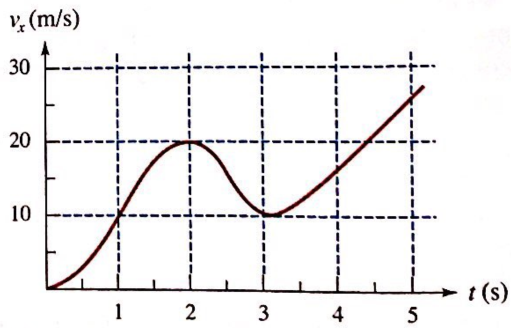


▲ **Figure 3.41**

Exercice 26.

3.5 Utilisation des aires

E27. (I) À l'aide du graphe de v_x en fonction de t de la figure 3.42, estimez : (a) le déplacement entre 2 et 3 s ; (b) la vitesse moyenne durant les trois premières secondes.

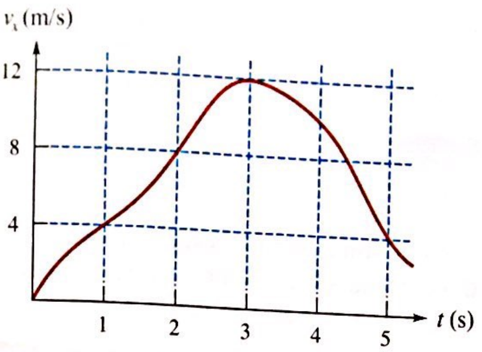


▲ **Figure 3.42**

Exercice 27.

E28. (I) Utilisez le graphe de v_x en fonction de t de la figure 3.43 pour estimer la vitesse moyenne entre 1 et 4 s.

E29. (I) Utilisez le graphe de v_x en fonction de t de la figure 3.39 pour déterminer : (a) la vitesse moyenne



▲ **Figure 3.43**
Exercice 28.

durant les six premières secondes; (b) la vitesse scalaire moyenne durant les six premières secondes.

E30. (I) À l'aide du graphe de v_x en fonction de t de la figure 3.40, déterminez: (a) la vitesse moyenne durant les cinq premières secondes; (b) la vitesse scalaire moyenne durant les cinq premières secondes.

E31. (II) À l'aide du graphe de v_x en fonction de t de la figure 3.39, tracez les graphes suivants: (a) en fonction de t; (b) x en fonction de t. On suppose que $x = 0$ à $t = 0$. (c) Quelle est l'accélération moyenne durant les six premières secondes? (d) Quelle est l'accélération instantanée à $t = 2$ s?

E32. (II) À l'aide du graphe de v_x en fonction de t de la figure 3.40, tracez (a) le graphe de a_x en fonction de t et (b) le graphe de x en fonction de t. On prendra $x = 0$ à $t = 0$. (c) Quelle est l'accélération moyenne entre 1 et 4 s? (d) Quelle est l'accélération instantanée à $t = 3$ s?

E33. (II) On a relevé les valeurs suivantes des positions d'une particule:

x (m):	0,0	0,6	1,8	3,5	6,5	9,6	11,1	12,0	12,5	12,8	13,0
t (s):	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Utilisez ces données pour tracer les graphes de x en fonction de t, de v_x en fonction de t et de a_x en fonction de t. Si une partie du mouvement comporte une accélération, on suppose qu'elle est constante.

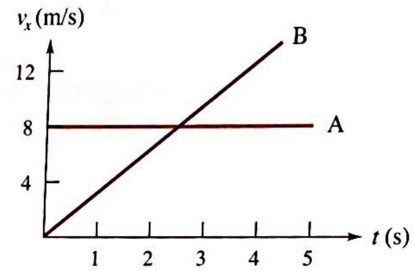
E34. MonLab (II) Un autobus part du repos à l'origine et accélère à raison de 2 m/s^2 pendant 3 s. Il a ensuite une vitesse constante pendant 2 s, puis $a_x = -3$ m/s^2 pendant 2 s. Tracez les graphes de v_x en fonction de t et de x en fonction de t. On suppose que $x_0 = 0$ et que $v_{x0} = 0$.

E35. (II) Les données suivantes pour une Volkswagen GTI 2007 ont été publiées dans le numéro de mai 2007 de la revue *Car and Driver*.

v_x (km/h):	48	64	80	96	112	128	144	160	176	192
t (s):	2,4	3,6	4,8	6,2	8,2	10,3	13,4	16,5	20,7	27,4

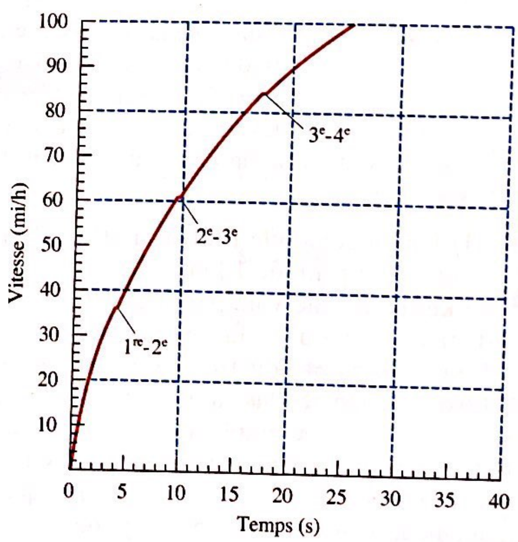
(a) Tracez v_x en fonction de t. (b) Quelle est l'accélération moyenne (en mètres par seconde carrée) entre les deux premiers relevés? (c) Si la valeur trouvée à la question (b) était maintenue, combien de temps faudrait-il pour atteindre 192 km/h? (d) Estimez, à partir du graphe obtenu en (a), le temps qu'il faudrait pour parcourir 400 m à partir du repos et déterminez la vitesse à cet instant.

E36. MonLab (II) La figure 3.44 représente les graphes de v_x en fonction de t pour les automobiles A et B. À $t = 0$, les deux véhicules se trouvent en $x = 0$. Déterminez: (a) où et quand les deux véhicules sont à nouveau côte à côte; (b) leur vitesse à cet instant.



▲ **Figure 3.44**
Exercice 36.

E37. (II) La figure 3.45 représente un graphe de v_x en fonction de t tiré du numéro de novembre 1986 de *Road and Track* pour une Alfa Roméo. On y indique clairement les embrayages. (a) Déterminez l'accélération moyenne en milles par heure-seconde pour les trois premiers intervalles décrits. (b) Si on suppose que l'accélération moyenne du premier intervalle s'applique jusqu'au passage de la troisième à la quatrième vitesse, quelle distance aura été parcourue? (c) Estimez la distance réelle parcourue jusqu'au passage de la troisième à la quatrième.



▲ **Figure 3.45**
Exercice 37.

3.6 Équations de la cinématique à accélération constante

Dans les exercices qui suivent, on suppose que l'accélération est constante. À moins d'avis contraire, on suppose que les mouvements décrits sont dans la direction positive de l'axe des x.

E38. (I) Une balle sort à la vitesse de 900 m/s du canon de 60 cm d'une carabine Winchester. Déterminez: (a) son accélération; (b) la durée du trajet dans le canon.

E39. (I) Une particule située 5 m à l'est de l'origine se déplace vers l'ouest à 2 m/s. Cinq secondes plus tard, elle se trouve à 11 m à l'est de l'origine. Trouvez l'accélération, en supposant qu'elle est constante tout au long du déplacement.

E40. (I) Une Ford Focus se déplace initialement à 112 km/h. Trouvez l'accélération du conducteur et le temps qu'il lui faut pour s'arrêter sachant: (a) que la distance de freinage de l'automobile est de 64 m; (b) qu'elle frappe un obstacle de plein fouet et que sa partie avant rétrécit de 1 m.

E41. (I) Une Ferrari F430 peut accélérer de 0 à 96 km/h en 3,5 s. Calculez le temps écoulé et la distance parcourue durant l'intervalle de vitesse qui va de (a) 10 à 20 m/s; (b) 20 à 30 m/s. Est-il raisonnable de supposer que l'accélération est constante?

E42. (I) Un objet au repos accélère au taux constant de 10 m/s^2. Quelle distance va-t-il parcourir et quel temps lui faudra-t-il pour atteindre: (a) la vitesse du son, 330 m/s; (b) la vitesse à laquelle on doit lancer un objet pour qu'il se libère à jamais de l'attraction gravitationnelle terrestre, 11,2 km/s; (c) 3×10^7 m/s, c'est-à-dire 10 % de la vitesse de la lumière?

E43. (I) Un train a une longueur de 44 m. L'avant du train se trouve à 100 m d'un poteau. Il accélère à raison de 0,5 m/s^2 à partir du repos. (a) Quel intervalle de temps s'écoule entre le passage de l'avant et de l'arrière du train devant le poteau? (b) À quelles vitesses l'avant et l'arrière du train passent-ils devant le poteau?

E44. (II) Une automobile roulant à 60 km/h arrive au niveau d'un train de 1 km de longueur qui roule à 40 km/h sur une voie parallèle à la route. Quelle distance parcourt l'automobile avant d'atteindre l'autre extrémité du train, sachant qu'ils roulent (a) dans le même sens ou (b) dans des sens opposés? (c) Superposez le graphe de la position en fonction du temps de l'automobile et de l'avant du train pour les parties (a) et (b) sur un intervalle qui inclut le moment où ils seront au même point.

E45. MonLab (II) Le chauffeur d'un camion roulant à 30 m/s aperçoit soudain un caribou à 70 m devant lui. Si le temps de réflexe du chauffeur est de 0,5 s et la décélération maximale de 8 m/s^2, peut-il éviter de heurter le caribou sans donner un coup de volant?

E46. MonLab (I) Un autobus ralentit avec une accélération constante. Sa vitesse passe de 24 m/s à 16 m/s pendant qu'il parcourt 50 m. (a) Sur quelle distance continue-t-il de rouler avant de s'arrêter? (b) Combien de temps lui faut-il pour s'arrêter à partir du moment où sa vitesse vaut 24 m/s?

E47. (II) Un cycliste roule initialement à 12 m/s. Il se met à freiner avec une accélération constante et il parcourt 32 m durant les 4 s suivantes. Déterminez: (a) son accélération; (b) sa vitesse après 4 s.

E48. (II) Une automobile a une vitesse initiale $v_{x0} = 20$ m/s et $a_x = -5$ m/s^2. Trouvez sa vitesse moyenne dans l'intervalle de temps durant lequel son déplacement est de 17,5 m à partir de la position initiale.

E49. (II) À $t = 3$ s, la position d'une particule est $x = 2$ m et sa vitesse est $v_x = 4$ m/s. À $t = 7$ s, $v_x = -12$ m/s. Trouvez (a) la position et la vitesse à $t = 0$; (b) la vitesse scalaire moyenne de 3 s à 7 s et (c) la vitesse moyenne de 3 s à 7 s.

3.7 Chute libre verticale

Dans les exercices qui suivent, on utilise un axe des y positifs qui pointe vers le haut et on néglige, quel que soit le mouvement, la friction de l'air.

E50. (I) Une goutte d'eau jaillit verticalement d'un tuyau placé au niveau du sol et atteint une hauteur de 3,2 m. (a) À quelle vitesse sort-elle du tuyau? (b) Pendant combien de temps la goutte d'eau reste-t-elle en l'air?

E51. (I) Une pierre lancée verticalement vers le haut à partir du sol monte jusqu'à une hauteur de 25 m. Quelle hauteur atteindrait-elle sur la Lune si elle était lancée avec la même vitesse initiale? L'accélération due à la gravité sur la Lune vaut un sixième de celle sur la Terre.

E52. (I) Une pierre qu'on laisse tomber de la margelle d'un puits touche la surface de l'eau 1,5 s plus tard. (a) Quelle est la profondeur du puits? (b) À quelle vitesse la pierre touche-t-elle l'eau?

E53. (I) La hauteur maximale de laquelle une personne peut sauter sans danger est de 2,45 m. Quelle est la vitesse d'atterrissage maximale (en valeur absolue) permise pour un parachutiste?

E54. (I) Une personne capable de sauter très haut peut avoir les épaules à 50 cm au-dessus de leur hauteur normale. (a) Quelle doit être sa vitesse initiale au moment où ses pieds quittent le sol? (b) Un dauphin peut s'élever à 6,0 m au-dessus de l'eau. Quelle est sa vitesse verticale initiale?

E55. (I) Une parachutiste touche le sol à une vitesse $v_y = -7$ m/s. Quelle est son accélération juste après avoir touché le sol, sachant qu'elle décélère (a) en pliant les genoux sur 0,6 m jusqu'à l'arrêt, ou (b) avec raideur, sur 0,1 m. On suppose que tout le mouvement de la parachutiste est uniquement vertical.

E56. (I) Une flèche projetée verticalement vers le haut revient au sol 8 s plus tard. Trouvez: (a) sa vitesse initiale et (b) sa hauteur maximale.

E57. MonLab (II) Un jouet en forme de fusée s'élève avec une vitesse constante de 20 m/s. Quand il se trouve à 24 m au-dessus du sol, un boulon se détache. (a) Combien de temps met le boulon pour arriver au sol? (b) Quelle est sa hauteur maximale? (c) À quelle vitesse touche-t-il le sol? (d) En supposant que la fusée perde un boulon tous les 4 m à partir de 24 m, superposez les graphes de la position en fonction du temps de la fusée et de quelques boulons. Comparez les intervalles de temps qui séparent l'arrivée des boulons au sol.

E58. (I) À $t = 0$, une balle de base-ball est lancée vers le haut à 30 m/s à partir du sol. Trouvez: (a) sa vitesse à une hauteur de 25 m; (b) à quels moments sa vitesse (en valeur absolue) est égale à 15 m/s; (c) à quels moments sa hauteur est de 40 m.

E59. (I) À $t = 0$, une pierre est lancée verticalement vers le haut à la vitesse de 20 m/s à partir du sol. Trouvez les instants où (a) elle se trouve à la moitié de sa hauteur maximale; (b) sa vitesse (en valeur absolue) vaut la moitié de sa valeur maximale.

E60. (I) Une balle lancée vers le haut à partir du sol à $t = 0$ atteint la hauteur de 30 m à $t = 2$ s. À quel instant t ultérieur se retrouvera-t-elle à la même hauteur?

E61. (II) Un jongleur lance alternativement trois oranges qui s'élèvent à 1,8 m au-dessus de ses mains. Il lui faut 0,3 s pour faire passer une orange d'une main dans l'autre. (a) Lorsqu'une orange atteint sa hauteur maximale, où sont les deux autres? On suppose qu'elles sont espacées régulièrement dans le temps. (b) Superposez les graphes de la position verticale en fonction du temps des trois oranges afin de vérifier la réponse de la question (a).

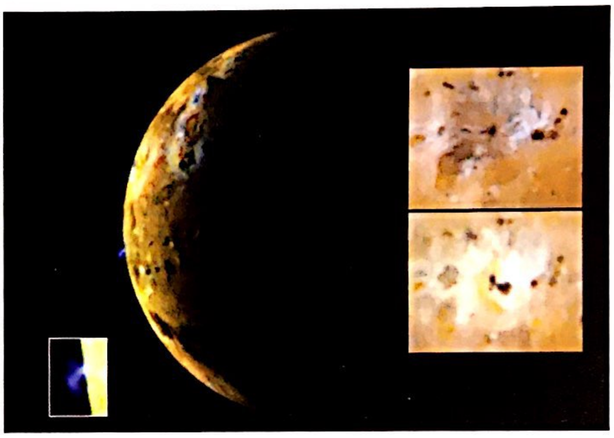
E62. (II) Une balle de tennis tombe d'une hauteur de 5 m et rebondit jusqu'à une hauteur de 3,2 m. Si elle est en contact avec le sol pendant 0,036 s, quelle est son accélération moyenne durant ce contact?

E63. (I) À $t = 0$, on lance un objet vers le haut à partir du sommet d'un bâtiment de 50 m de haut. L'objet s'élève jusqu'à une hauteur maximale de 20 m au-dessus du toit. (a) À quel moment touche-t-il le sol? (b) À quelle vitesse le touche-t-il? (c) À quel moment se trouve-t-il à 20 m sous le niveau du toit?

E64. (I) Une balle lancée vers le haut à partir d'un toit de 40 m de haut arrive au sol en 4 s. (a) Quelle est sa hauteur maximale au-dessus du sol? (b) Quelle est sa vitesse à 15 m en dessous du niveau du toit?

E65. (I) À partir des données envoyées par l'engin spatial *Voyager* en 1979, l'ingénieure Linda Morabito a découvert sur Io, un satellite de Jupiter, la première activité volcanique extra-terrestre. Le panache de l'éruption s'élevait à 280 km d'altitude environ.

Sachant que l'accélération de la chute libre à la surface d'Io vaut 1,8 m/s^2 et supposant qu'elle demeure constante jusqu'à sa hauteur maximale (en réalité, sa variation est d'environ 30 %), déterminez: (a) la vitesse à laquelle les débris étaient projetés de la surface de Io; (b) le temps qu'il leur fallait pour atteindre la hauteur maximale (figure 3.46).



▲ Figure 3.46
Exercice 65.

E66. (I) Une balle lancée vers le bas à partir d'un balcon arrive au sol en 0,8 s à une vitesse (en valeur absolue) de 13 m/s. Déterminez: (a) sa vitesse initiale; (b) la hauteur de laquelle elle est tombée; (c) le temps qu'il lui faudrait pour toucher le sol si elle était lancée du balcon vers le haut avec la même vitesse initiale.

E67. MonLab (II) Trouvez la hauteur maximale et la durée totale du trajet d'un corps projeté verticalement vers le haut à partir du sol, sachant qu'il perd 60 % de sa vitesse initiale en s'élevant de 4,2 m.

E68. (II) Un objet est projeté verticalement vers le haut à partir du sol. Trouvez sa hauteur maximale et la durée totale de son trajet dans l'air, sachant qu'il atteint 50 % de sa hauteur maximale en 2 s.

E69. (II) Un objet est projeté verticalement vers le haut à partir du sol. Trouvez sa hauteur maximale et la durée totale de son trajet dans l'air, sachant qu'il perd 30 % de sa vitesse initiale après 1,8 s d'ascension.

E70. (II) Lorsqu'un objet est projeté verticalement vers le haut à partir du sol, il atteint 75 % de sa hauteur maximale à une vitesse de 30 m/s. Trouvez sa hauteur maximale et la durée totale de son trajet dans l'air.

RÉPONSES AUX EXERCICES ET AUX PROBLÈMES

CHAPITRE 1

Exercices

E1. (a) 80,7 pi/s ; (b) 24,6 m/s
E2. 13 440 furlongs/quinzaine
E3. 10^3 kg/m^3
E4. $3{,}1557 \times 10^7$ s
E5. (a) $9{,}47 \times 10^{12}$ km ; (b) 7,20 UA/h
E6. (a) 1,0073 u ; (b) $1{,}674\,94 \times 10^{-27}$ kg
E7. 0,514 m/s
E8. (a) 0,984 pi/ns ; (b) $1{,}86 \times 10^5$ mi/s
E9. 134 po^3
E10. (7,87 L)/(100 km)
E11. (a) 5 ; (b) 3 ; (c) 4 ; (d) 2 à 4
E12. (a) $6{,}5 \times 10^{-9}$ s ; (b) $1{,}28 \times 10^{-5}$ m ; (c) 2×10^{10} W ; (d) 3×10^{-4} A ; (e) $1{,}5 \times 10^{-12}$ A
E13. (a) 55,4 m^2 ; (b) 2,7 m^2 ; (c) 52,17 m^3
E14. (a) $2{,}5 \times 10^{-1}$; (b) $5{,}00 \times 10^{-3}$; (c) $7{,}6300 \times 10^{-4}$
E15. $3{,}33 \times 10^3$
E16. (a) 48,0 ; (b) 403,2
E17. (a) $1{,}495 \times 10^{11}$ m ; (b) $5{,}893 \times 10^{-7}$ m ; (c) 2×10^{-10} m ; (d) 4×10^{-15} m
E18. (a) 15,692 ; (b) 25,9
E19. (a) 91,440 m ; (b) 0,4047 hectare
E20. (a) $6{,}24 \times 10^5$ m ; (b) 27,34 s ; (c) 600,000 kg
E21. (a) 2 % ; (b) 4 % ; (c) 6 % ; (d) Pour chaque dimension supplémentaire, le pourcentage augmente de 2 %
E22. 243 ± 5 cm^2
E23. (a) $\approx 5 \times 10^{14}$ m^2 ; (b) 1×10^{21} m^3 ; (c) 1×10^6
E24. $\approx 2 \times 10^5$ cheveux
E25. 14,4 min d'erreur par jour
E26. $1{,}67 \times 10^3$ km/h
E27. $\approx 2 \times 10^5$ images
E28. $\approx 3 \times 10^{-5}$ m
E29. (a) $\approx 5 \times 10^4$ km ; (b) $\approx 5 \times 10^4$ kg
E30. $\approx 6 \times 10^6$ fois plus de lumière
E31. $\approx 10^{12}$ L
E32. $\approx 10^4$ grains
E33. $\approx 0{,}1$ m^3
E34. $\mathrm{M^{-1}L^3T^{-2}}$
E35. (a) Homogène ; (b) Non homogène ; (c) Homogène
E36. $A = \mathrm{LT^{-2}} = \mathrm{m/s^2}$, $B = \mathrm{LT^{-4}} = \mathrm{m/s^4}$
E37. (a) (2,68 m ; 2,25 m) ; (b) (−1,16 m ; −1,38 m) ; (c) (−1,80 m ; 1,26 m) ; (d) (1,99 m ; −1,67 m)
E38. (a) (5,00 m ; 53,1°) ; (b) (3,61 m ; 124°) ; (c) (2,92 m ; 329°) ; (d) (2,24 m ; 206°)
E39. $[\omega] = \mathrm{T^{-1}}$, $[k] = \mathrm{MT^{-2}}$
E40. (a) 14,5 cm ; (b) 330 cm^2
E41. 21,10 \$/m^2
E42. 74,00 \$
E43. 1 parsec = $2{,}06 \times 10^5$ UA
E44. 0,449 %
E45. (a) $4{,}96 \times 10^2$; (b) $2{,}6 \times 10^4$
E46. $\approx 0{,}09$ mm
E47. $\approx 2{,}5 \times 10^7$ personnes

Problèmes

P1. $\approx 2 \times 10^{-10}$ m (approximativement la taille d'un atome)
P2. $a \propto v^2/r$
P3. $T = C\sqrt{m/k}$
P4. $x = kat^2$

CHAPITRE 2

Exercices

E1. (a) $\approx 4{,}0$ m à 1° au-dessus de l'axe $+x$; (b) $\approx 3{,}1$ m à 68° au-dessus de l'axe $+x$
E2. (a) $\approx 3{,}5$ m à 8° au-dessous de l'axe $-x$; (b) $\approx 5{,}7$ m à 52° au-dessus de l'axe $-x$
E3. (a) $\approx 3{,}0$ m à 20° au-dessous de l'axe $+x$; (b) $\approx 2{,}1$ m à 89° au-dessus de l'axe $+x$
E4. $D \approx 3{,}9$ m à 10° au-dessous de l'axe $-x$
E5. (a) Les vecteurs forment un triangle équilatéral ; (b) Nombre infini de solutions ; (c) Nombre infini de solutions ; (d) Vecteurs bout à bout le long d'un seul axe
E6. (a) $\approx 83°$; (b) $\approx 151°$
E7. $B \approx 61$ m à 25° à l'est du nord
E8. $R = 5{,}76$ m ; $\theta_R = 159°$
E9. $R = 8{,}33$ m ; $\theta_R = 336°$
E10. $R = 13{,}0$ m ; $\theta_R = 202{,}6°$
E11. ±43,3 cm
E12. 173 km

E13. (a) $\vec{\mathbf{A}} = (-1{,}00\vec{\mathbf{i}} - 1{,}73\vec{\mathbf{j}})$ m; $\vec{\mathbf{B}} = (1{,}53\vec{\mathbf{i}} + 1{,}29\vec{\mathbf{j}})$ m; $\vec{\mathbf{C}} = (-1{,}73\vec{\mathbf{i}} + 1{,}00\vec{\mathbf{j}})$ m; $\vec{\mathbf{D}} = (1{,}64\vec{\mathbf{i}} - 1{,}15\vec{\mathbf{j}})$ m; (b) $(0{,}440\vec{\mathbf{i}} - 0{,}590\vec{\mathbf{j}})$ m; (c) $R = 0{,}736$ m; $\theta_R = 307°$

E14. (a) $\vec{\mathbf{A}} = (-3{,}63\vec{\mathbf{i}} - 1{,}69\vec{\mathbf{j}})$ m; $\vec{\mathbf{B}} = (2{,}57\vec{\mathbf{i}} - 3{,}06\vec{\mathbf{j}})$ m; $\vec{\mathbf{C}} = (-1{,}37\vec{\mathbf{i}} + 3{,}76\vec{\mathbf{j}})$ m; $\vec{\mathbf{D}} = (-4{,}00\vec{\mathbf{j}})$ m; (b) $(-2{,}43\vec{\mathbf{i}} - 4{,}99\vec{\mathbf{j}})$ m; (c) $R = 5{,}55$ m; $\theta_R = 244°$

E15. (a) $(1{,}00\vec{\mathbf{i}} - 1{,}00\vec{\mathbf{j}})$ m; (b) 1,41 m; (c) $(0{,}707\vec{\mathbf{i}} - 0{,}707\vec{\mathbf{j}})$

E16. (a) $(2{,}00\vec{\mathbf{i}} + 4{,}00\vec{\mathbf{j}} + 2{,}00\vec{\mathbf{k}})$ m; (b) 4,90 m; (c) $(0{,}408\vec{\mathbf{i}} + 0{,}816\vec{\mathbf{j}} + 0{,}408\vec{\mathbf{k}})$

E17. (a) 0°; (b) 180°; (c) 153°; (d) 75,5°

E18. $A = 10{,}1$ m; $\theta_A = 162°$

E19. (a) $(-2{,}48\vec{\mathbf{i}} - 0{,}353\vec{\mathbf{j}})$ km; (b) $D = 2{,}51$ km; $\theta_D = 188°$

E20. $(3{,}40\vec{\mathbf{i}} - 1{,}50\vec{\mathbf{j}})$ m

E21. (a) $(-6{,}06\vec{\mathbf{i}} + 2{,}63\vec{\mathbf{j}})$ km; (b) 3,58 km

E22. $(12{,}7\vec{\mathbf{i}} - 50{,}0\vec{\mathbf{j}})$ km

E24. $(\pm 3{,}00\vec{\mathbf{i}} \mp 2{,}00\vec{\mathbf{j}})$ m

E25. $(-0{,}920\vec{\mathbf{i}} + 0{,}0767\vec{\mathbf{j}} + 0{,}383\vec{\mathbf{k}})$

E26. (a) 8,99 m; (b) 3,16 m; (c) 8,60 m; (d) 1,78 m

E27. (a) $(12{,}0\vec{\mathbf{i}} - 4{,}00\vec{\mathbf{j}} + 6{,}00\vec{\mathbf{k}})$ m; (b) $(0{,}857\vec{\mathbf{i}} - 0{,}286\vec{\mathbf{j}} + 0{,}429\vec{\mathbf{k}})$; (c) $(-3{,}43\vec{\mathbf{i}} + 1{,}14\vec{\mathbf{j}} - 1{,}71\vec{\mathbf{k}})$ m

E28. $(-30{,}0\vec{\mathbf{i}} + 15{,}0\vec{\mathbf{j}} - 33{,}0\vec{\mathbf{k}})$ m

E30. $C = 10{,}5$ m; $\theta_C = 329°$

E31. (a) $(-4{,}33\vec{\mathbf{i}} + 2{,}50\vec{\mathbf{j}})$ m; (b) $(3{,}12\vec{\mathbf{i}} - 1{,}80\vec{\mathbf{j}})$ m

E32. (a) $(-7{,}00\vec{\mathbf{i}} + 2{,}00\vec{\mathbf{j}})$ m; (b) $\|\vec{\mathbf{D}}\| = 7{,}28$ m; $\theta_D = 164°$

E33. $(-7{,}00\vec{\mathbf{i}} - 3{,}00\vec{\mathbf{j}})$ m

E34. (a) $(2{,}20\vec{\mathbf{i}} - 8{,}20\vec{\mathbf{j}})$ cm; (b) $(-11{,}0\vec{\mathbf{i}} - 1{,}45\vec{\mathbf{j}})$ cm

E35. (a) $\vec{\mathbf{P}} = 10{,}0\vec{\mathbf{i}} - 17{,}3\vec{\mathbf{j}}$; $\vec{\mathbf{F}} = 8{,}66\vec{\mathbf{i}} + 5{,}00\vec{\mathbf{j}}$; $\vec{\mathbf{T}} = -24{,}0\vec{\mathbf{i}} + 18{,}0\vec{\mathbf{j}}$; (b) $-5{,}34\vec{\mathbf{i}} + 5{,}70\vec{\mathbf{j}}$

E36. 8,56 m du chêne

E37. (a) $\pm 5{,}00\vec{\mathbf{k}}$ m; (b) $(\pm 4{,}16\vec{\mathbf{i}} \mp 2{,}77\vec{\mathbf{j}})$ m

E38. $(-181\vec{\mathbf{i}} - 84{,}5\vec{\mathbf{j}} + 100\vec{\mathbf{k}})$ m

E39. 120°

E40. (a) −5,00; (b) −16,0

E41. 105°

E42. 157°

E43. −3,25 m

E44. (a) $\vec{\mathbf{A}} + \vec{\mathbf{B}}$, et $\vec{\mathbf{A}} - \vec{\mathbf{B}}$ ou $\vec{\mathbf{B}} - \vec{\mathbf{A}}$

E45. (b) $\alpha = 36{,}7°$ avec l'axe des $x+$; $\beta = 57{,}7°$ avec l'axe des $y+$; $\gamma = 74{,}5°$ avec l'axe des $z+$

E46. (a) 8,00; (b) Aucun sens mathématique; (c) 5,00; (d) 6,00; (e) $-6{,}00\vec{\mathbf{j}}$

E47. 0,200 m

E48. $6{,}00\vec{\mathbf{i}} - 17{,}0\vec{\mathbf{j}} - 7{,}00\vec{\mathbf{k}}$

E49. (b) $\vec{\mathbf{A}} \times \vec{\mathbf{B}}$ est un vecteur perpendiculaire à $\vec{\mathbf{A}}$ et à $\vec{\mathbf{B}}$

E50. $(11{,}2\vec{\mathbf{k}})$ m²

E52. (a) $24{,}0\vec{\mathbf{k}}$; (b) 0; (c) Aucun sens mathématique; (d) $-24{,}0\vec{\mathbf{j}}$; (e) $3{,}00\vec{\mathbf{i}} + 8{,}00\vec{\mathbf{k}}$

E53. $(7{,}36\vec{\mathbf{i}} - 7{,}36\vec{\mathbf{j}} + 4{,}25\vec{\mathbf{k}})$ m²

E54. $(2{,}97\vec{\mathbf{i}} + 4{,}03\vec{\mathbf{j}} - 0{,}212\vec{\mathbf{k}})$ m

E55. $(0{,}928\vec{\mathbf{i}} + 3{,}15\vec{\mathbf{j}})$ m

E56. $(-2{,}00\vec{\mathbf{i}} + 3{,}66\vec{\mathbf{j}})$ m

E57. $\vec{\mathbf{B}} = (-6{,}72\vec{\mathbf{i}} - 2{,}59\vec{\mathbf{j}})$ m; $B = 7{,}20$ m; $\theta_B = 201°$

E58. ±3,12 m

E59. $\vec{\mathbf{B}} = (-4{,}00\vec{\mathbf{i}} - 0{,}464\vec{\mathbf{j}})$ m; $B = 4{,}03$ m; $\theta_B = 173°$

E60. $(-1{,}00\vec{\mathbf{i}} \pm 1{,}73\vec{\mathbf{j}})$ m

E61. $(6{,}00\vec{\mathbf{i}} - 2{,}00\vec{\mathbf{j}} + 4{,}00\vec{\mathbf{k}})$ m

E62. (a) $(4{,}00\vec{\mathbf{i}} - 3{,}00\vec{\mathbf{j}} + 6{,}00\vec{\mathbf{k}})$ m; (b) 7,81 m; (c) 8,32 m

E63. (a) $A = B = 1{,}50$ m; (b) $(0{,}549\vec{\mathbf{i}} + 2{,}05\vec{\mathbf{j}})$ m; (c) $(2{,}05\vec{\mathbf{i}} - 0{,}549\vec{\mathbf{j}})$ m

Problèmes

P1. $(\pm 4{,}46\vec{\mathbf{i}} \mp 2{,}23\vec{\mathbf{j}})$ m

P2. (a) $(-4{,}24\vec{\mathbf{i}} - 4{,}24\vec{\mathbf{j}})$ m; (b) $(1{,}41\vec{\mathbf{i}} + 1{,}41\vec{\mathbf{j}})$ m; (c) $(-2{,}45\vec{\mathbf{i}} + 2{,}45\vec{\mathbf{j}})$ m; (d) $(-1{,}41\vec{\mathbf{i}} - 5{,}41\vec{\mathbf{j}})$ m

P4. (a) $\vec{\mathbf{r}} = r\cos\phi\,\vec{\mathbf{i}} + r\cos\phi\,\vec{\mathbf{j}}$; $\vec{\mathbf{r}}' = r\cos(\phi-\theta)\vec{\mathbf{i}} + r\cos(\phi-\theta)\vec{\mathbf{j}}$

P5. (a) 54,7°; (b) 60,0°; (c) 35,3°

P6. $(-1{,}02\vec{\mathbf{i}} - 1{,}71\vec{\mathbf{j}} - 0{,}400\vec{\mathbf{k}})$ km

P11. $(4{,}23\vec{\mathbf{i}} + 4{,}84\vec{\mathbf{j}} + 7{,}66\vec{\mathbf{k}})$ m

CHAPITRE 3

Exercices

E1. (a) 10,3 m/s; (b) Oui

E2. (a) $v_{\mathrm{A}x_{\mathrm{moy}}} = 6{,}67$ m/s; $v_{\mathrm{B}x_{\mathrm{moy}}} = 5{,}19$ m/s; (b) $6{,}30 \times 10^3$ s = 1,75 h

E3. 1 h 18 min

E4. (a) 14,7 m/s; (b) −6,67 m/s

E5. 3,81 m/s

E6. (a) 5,00 m/s; (b) 2,00 m/s

E7. (a) 5,00 m/s; (b) 2,50 m/s; (c) −5,00 m/s; (d) 0 m/s

E8. Massa aurait gagné par 6,53 km

E9. 4 h 7 min 25 s

E10. 58,4 km/h

E11. (a) ≈ 6 m/s; (b) ≈ 3 m/s; (c) ≈ −7 m/s

E12. (a) ≈ 5 m/s; (b) 0 m/s; (c) ≈ −10 m/s; (d) ≈ −5 m/s; (e) 0 m/s; (f) La vitesse instantanée change de façon discontinue à $t = 2$ s et à $t = 3$ s

E13. (a) 18,3 m/s; (b) 1,67 m/s; (c) −1,50 m/s²

E14. (a) 1,67 m/s²; (b) −16,0 m/s²; (c) 200 m/s²

E15. $1{,}75 \times 10^3$ m/s²

E16. (a) −3,00 m/s; (b) −1,50 m/s²

E17. (a) 83,1 m/s; (b) 29,5 m/s²

E18. 60,0 km/h

E19. (a) 2,83 m/s^2; (b) 1,88 m/s^2; (c) 1,06 m/s^2; (d) −6,94 m/s^2

E20. (b) −5,00 m/s; (c) −1,002 m/s; (d) −1,00 m/s

E21. (b) 4,25 m/s; (c) 5,23 m/s; (d) 5,24 m/s

E22. (b) −1,22 m/s; (c) −1,34 m/s

E23. (a) v_x = 13,0 m/s; a_x = 6,00 m/s^2; (b) 0,833 s

E24. (a) 4,00 m/s^2; (b) 5,00 m/s^2; (c) oui, à 2,00 s

E25. (a) 0 s et 3,00 s; (b) 3,00 s; (c) 2,00 m/s^2; (d) 4,00 m/s^2

E26. (a) entre 3 s et 4 s; (b) à 0 s et à 7 s; (c) entre 1 s et 2 s, puis entre 5 s et 6,5 s; (d) entre 4 s et 5 s; (e) entre 6,5 s et 7 s; (f) entre 0 s et 1 s, puis entre 7 s et 8 s; (g) entre 2 s et 3 s

E27. (a) ≈ 15 m; (b) ≈ 12 m/s

E28. ≈ 9 m/s

E29. (a) 2,50 m/s; (b) 5,83 m/s

E30. (a) 0 m/s; (b) 2,40 m/s

E31. (c) 1,67 m/s^2; (d) 5,00 m/s^2

E32. (c) 2,00 m/s^2; (d) 4,00 m/s^2

E35. (b) 3,70 m/s^2; (c) 14,4 s; (d) t^* = 15,1 s; v_x = 153 km/h

E36. (a) t = 5,00 s; $\Delta x_A = \Delta x_B$ = 40,0 m; (b) v_{Ax} = 8,00 m/s; v_{Bx} = 16,0 m/s

E37. (a) $a_{12x_{moy}}$ ≈ 9,00 mi/(h·s); $a_{23x_{moy}}$ ≈ 4,17 mi/(h·s); $a_{34x_{moy}}$ ≈ 3,29 mi/(h·s); (b) ≈ 1,91 × 10^3 pi; (c) ≈ 1,28 × 10^3 pi

E38. (a) 6,75 × 10^5 m/s^2; (b) 1,33 × 10^{-3} s

E39. 1,28 m/s^2

E40. (a) a_x = −7,56 m/s^2; t = 4,11 s; (b) a_x = −484 m/s^2; t = 6,43 × 10^{-2} s

E41. (a) t = 1,31 s; Δx = 19,7 m; (b) t = 1,31 s; Δx = 32,8 m

E42. (a) Δx = 5,45 × 10^3 m; t = 33,0 s; (b) Δx = 6,27 × 10^6 m; t = 1,12 × 10^3 s; (c) Δx = 4,50 × 10^{13} m; t = 3,00 × 10^6 s

E43. (a) 4,00 s; (b) v_{AVx} = 10,0 m/s; v_{ARx} = 12,0 m/s

E44. (a) 3,00 km; (b) 0,600 km

E45. Il doit donner un coup de volant

E46. (a) 40,0 m; (b) 7,50 s

E47. (a) −2,00 m/s^2; (b) 4,00 m/s

E48. 17,5 m/s

E49. (a) v_{x0} = 16,0 m/s; x_0 = −28,0 m; (b) 5,00 m/s; (c) −4,00 m/s

E50. (a) 7,92 m/s; (b) 1,62 s

E51. 150 m

E52. (a) 11,0 m; (b) −14,7 m/s

E53. 6,93 m/s

E54. (a) 3,13 m/s; (b) 10,8 m/s

E55. (a) 40,8 m/s^2; (b) 245 m/s^2

E56. (a) 39,2 m/s; (b) 78,4 m

E57. (a) 5,05 s; (b) 44,4 m; (c) −29,5 m/s

E58. (a) ±20,2 m/s; (b) t_1 = 1,53 s; t_2 = 4,59 s; (c) 1,96 s et 4,16 s

E59. (a) 0,597 s et 3,48 s; (b) t_1 = 1,02 s; t_2 = 3,06 s

E60. 3,06 s

E61. (a) 0,555 m au-dessus de ses mains

E62. 495 m/s^2

E63. (a) 5,84 s; (b) −37,0 m/s; (c) 4,88 s

E64. (a) 44,7 m; (b) −19,7 m/s

E65. (a) 1,01 km/s; (b) t = 561 s

E66. (a) −5,16 m/s; (b) 7,26 m; (c) 1,85 s

E67. Δy = 5,00 m; t = 2,02 s

E68. y_{max} = 6,75 m; t_{total} = 2,35 s; y_{max} = 228 m; t_{total} = 13,7 s

E69. y_{max} = 176 m; t = 12,0 s

E70. 184 m; 12,3 s

Problèmes

P1. (a) t = 4,31 s; x = 53,9 m; (b) v_{Ax} = 25,0 m/s; v_{Hx} = 12,5 m/s

P2. (a) t = 34,1 s; x = 581 m; (b) v_{Cx} = 34,1 m/s; v_{Ax} = 48,2 m/s

P3. (a) 140 m; (b) $a_{Cx} \geq$ 1,67 m/s^2

P4. 20,0 km

P5. (a) 210 s; (b) 10,5 km

P6. (a) Pas de collision; (b) 4,0 m/s^2

P7. (a) t = 3,78 s; y = 48,9 m; (b) v_{Ay} = −32,0 m/s; v_{By} = −37,4 m/s

P8. (a) 123 m; (b) 17,5 s

P9. (a) 32,0 m/s; (b) 3,50 s

P10. (a) t = 3,00 s; x = 4,50 m; (b) 0,249 s

P11. 14,0 m/s

P12. (a) t_1 = 5,00 s; a_x = 4,00 m/s^2; (b) 120 m

P13. t_2 = 8,00 s

P14. (a) t = 3,33 s; l'automobile A vient percuter l'automobile B à 40,0 m; (b) Non

P15. (a) Le guépard n'attrapera pas l'antilope; (b) 20,8 m

P16. (a) t = 4,26 s; à 25 m sous le toit; (b) v_{Ay} = −26,7 m/s; v_{By} = −22,1 m/s

P17. (a) t = 3,48 s; y = 27,7 m du sol; (b) v_{Ay} = −9,10 m/s; v_{By} = −39,3 m/s

P18. (a) 180 m; (b) 17,3 s

P19. (a) 0,782 s; (b) 1,84 m

P20. (a) 45,4 m; (b) 2,65 s

P21. (a) 8,61 m; (b) 526 fenêtres sous celles de la question (a)

P22. 30,6 m