

# Solutionnaire du chapitre 2

1. a) La vitesse moyenne en  $x$  est

$$\begin{aligned}\bar{v}_x &= \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ &= \frac{8m - 0m}{2s} \\ &= 4 \frac{m}{s}\end{aligned}$$

La vitesse moyenne en  $y$  est

$$\begin{aligned}\bar{v}_y &= \frac{\Delta y}{\Delta t} \\ &= \frac{6m - 0m}{2s} \\ &= 3 \frac{m}{s}\end{aligned}$$

b) Pour trouver l'accélération moyenne, on va séparer la vitesse en composantes

À  $t = 0$  s les composantes de la vitesse sont

$$\begin{aligned}v_x &= v \cos \theta = 15 \frac{m}{s} \cdot \cos 30^\circ = 12,99 \frac{m}{s} \\ v_y &= v \sin \theta = 15 \frac{m}{s} \cdot \sin 30^\circ = 7,5 \frac{m}{s}\end{aligned}$$

À  $t = 2$  s les composantes de la vitesse sont

$$\begin{aligned}v_x &= v \cos \theta = 20 \frac{m}{s} \cdot \cos 120^\circ = -10 \frac{m}{s} \\ v_y &= v \sin \theta = 20 \frac{m}{s} \cdot \sin 120^\circ = 17,32 \frac{m}{s}\end{aligned}$$

L'accélération moyenne en  $x$  est

$$\begin{aligned}\bar{a}_x &= \frac{\Delta v_x}{\Delta t} \\ &= \frac{-10 \frac{m}{s} - 12,99 \frac{m}{s}}{2s} \\ &= -11,495 \frac{m}{s^2}\end{aligned}$$

L'accélération moyenne en  $y$  est

$$\begin{aligned}\bar{a}_y &= \frac{\Delta v_y}{\Delta t} \\ &= \frac{17,32 \frac{m}{s} - 7,5 \frac{m}{s}}{2s} \\ &= 4,91 \frac{m}{s^2}\end{aligned}$$

**2.** On trouve la position avec

$$\begin{aligned}x &= x_0 + v_{0x}t + \frac{1}{2}a_x t^2 \\ &= 2000m + 100 \frac{m}{s} \cdot 50s + \frac{1}{2} \cdot 1 \frac{m}{s^2} \cdot (50s)^2 \\ &= 8250m\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y &= y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}a_y t^2 \\ &= -2000m + (-50 \frac{m}{s}) \cdot 50s + \frac{1}{2} \cdot (-2 \frac{m}{s^2}) \cdot (50s)^2 \\ &= -7000m\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}z &= z_0 + v_{0z}t + \frac{1}{2}a_z t^2 \\ &= 2000m + 20 \frac{m}{s} \cdot 50s + \frac{1}{2} \cdot 0 \frac{m}{s^2} \cdot (50s)^2 \\ &= 3000m\end{aligned}$$

**3.** On trouve l'accélération en x avec

$$\begin{aligned}2a_x(x - x_0) &= v_x^2 - v_{x0}^2 \\ 2 \cdot a_x \cdot (2000m - 1000m) &= (150 \frac{m}{s})^2 - (-100 \frac{m}{s})^2 \\ a_x &= 6,25 \frac{m}{s^2}\end{aligned}$$

On trouve l'accélération en y avec

$$2a_y (y - y_0) = v_y^2 - v_{y0}^2$$

$$2 \cdot a_y \cdot (1000m - -1000m) = (-100 \frac{m}{s})^2 - (0 \frac{m}{s})^2$$

$$a_y = 2,5 \frac{m}{s^2}$$

On trouve l'accélération en z avec

$$2a_z (z - z_0) = v_x^2 - v_{x0}^2$$

$$2 \cdot a_z \cdot (4000m - 2000m) = (100 \frac{m}{s})^2 - (50 \frac{m}{s})^2$$

$$a_z = 1,875 \frac{m}{s^2}$$

**4.** a) Les composantes de la vitesse initiale sont

$$v_{0x} = 50 \frac{m}{s} \cdot \cos 32^\circ = 42,4 \frac{m}{s}$$

$$v_{0y} = 50 \frac{m}{s} \cdot \sin 32^\circ = 26,5 \frac{m}{s}$$

On trouve le temps de vol avec

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$0m = 0m + 26,5 \frac{m}{s} \cdot t - \frac{1}{2} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot t^2$$

$$26,5 \frac{m}{s} \cdot t = 4,9 \frac{m}{s^2} \cdot t^2$$

$$26,5 \frac{m}{s} = 4,9 \frac{m}{s^2} \cdot t$$

$$t = 5,407s$$

b) On trouve la hauteur maximale en utilisant le fait que la vitesse en y est nulle au point le plus haut.

$$-2g(y - y_0) = v_y^2 - v_{0y}^2$$

$$-2 \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot (y - 0m) = (0 \frac{m}{s})^2 - (26,5 \frac{m}{s})^2$$

$$y = 35,82m$$

c) La portée est

$$x = x_0 + vt$$

$$= 0m + 42,4 \frac{m}{s} \cdot 5,407s$$

$$= 229,3m$$

5. a) Les composantes de la vitesse initiale sont

$$v_{0x} = 45 \frac{m}{s} \cdot \cos 60^\circ = 22,5 \frac{m}{s}$$

$$v_{0y} = 45 \frac{m}{s} \cdot \sin 60^\circ = 39,0 \frac{m}{s}$$

On trouve la hauteur maximale en utilisant le fait que la vitesse en y est nulle au point le plus haut.

$$\begin{aligned} -2g(y - y_0) &= v_y^2 - v_{0y}^2 \\ -2 \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot (y - 0m) &= (0 \frac{m}{s})^2 - (39,0 \frac{m}{s})^2 \\ y &= 77,49m \end{aligned}$$

b) On trouve le temps de vol avec

$$\begin{aligned} y &= y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 \\ -265m &= 0m + 39,0 \frac{m}{s} \cdot t - \frac{1}{2} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot t^2 \\ 265m + 39 \frac{m}{s} \cdot t - 4,9 \frac{m}{s^2} \cdot t^2 &= 0 \\ t &= 12,34s \text{ et } t = -4,38s \end{aligned}$$

Seule la réponse positive est bonne.

c) La portée est

$$\begin{aligned} x &= x_0 + vt \\ &= 0m + 22,5 \frac{m}{s} \cdot 12,34s \\ &= 277,6m \end{aligned}$$

d) La vitesse en x reste toujours la même.

$$v_x = v_{0x} = 22,5 \frac{m}{s}$$

À l'arrivée au sol, la vitesse en y est

$$\begin{aligned} v_y &= v_{0y} - gt \\ &= 39,0 \frac{m}{s} - 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 12,34s \\ &= -81,9 \frac{m}{s} \end{aligned}$$

La grandeur de la vitesse est donc

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 85,0 \frac{m}{s}$$

et sa direction est

$$\theta = \arctan \frac{v_y}{v_x} = \arctan \frac{-81,9}{22,5} = -74,6^\circ$$

**6.** On trouve la vitesse avec

$$y = (\tan \theta) x - \left( \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \theta} \right) x^2$$

$$1,05m = (\tan 40^\circ) \cdot 10m - \left( \frac{9,8 \frac{m}{s^2}}{2 \cdot v_0^2 \cdot \cos^2 40^\circ} \right) \cdot (10m)^2$$

$$v_0 = 10,67 \frac{m}{s}$$

**7.** Puisque Ruprecht retombe à la même hauteur, on peut trouver l'angle avec la formule de la portée

$$R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$$

$$70m = \frac{(35 \frac{m}{s})^2 \cdot \sin 2\theta}{9,8 \frac{m}{s^2}}$$

$$\theta = 17,03^\circ \quad \text{ou} \quad \theta = 72,97^\circ$$

La photographie et le bon sens suggèrent que c'est 17,03° qui est la bonne réponse.

La durée du vol se trouve alors avec

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$0m = 0m + (35 \frac{m}{s} \cdot \sin 17,03^\circ) \cdot t - \frac{1}{2} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot t^2$$

$$10,25 \frac{m}{s} \cdot t = 4,9 \frac{m}{s^2} \cdot t^2$$

$$10,25 \frac{m}{s} = 4,9 \frac{m}{s^2} \cdot t$$

$$t = 2,09s$$

**8.** a) On trouve la vitesse avec

$$y = (\tan \theta) x - \left( \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \theta} \right) x^2$$

$$-20m = (\tan 35^\circ) \cdot 350m - \left( \frac{9,8 \frac{m}{s^2}}{2 \cdot v_0^2 \cdot \cos^2 35^\circ} \right) \cdot (350m)^2$$

$$v_0 = 58,09 \frac{m}{s}$$

b) Le temps de vol est

$$y = y_0 + v_{0,y}t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$-20m = 0m + \left(58,09 \frac{m}{s} \cdot \sin 35^\circ\right)t - 4,9 \frac{m}{s^2} \cdot t^2$$

$$20m + 33,32 \frac{m}{s} \cdot t - 4,9 \frac{m}{s^2} \cdot t^2 = 0$$

$$t = 7,355s \text{ et } t = -0,555s$$

Seule la réponse positive est bonne.

c) La hauteur maximale fut de

$$-2g(y - y_0) = v_y^2 - v_{0,y}^2$$

$$-2 \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot (y - 0m) = \left(0 \frac{m}{s}\right)^2 - \left(33,32 \frac{m}{s}\right)^2$$

$$y = 56,65m$$

d) La vitesse en  $x$  reste toujours la même.

$$v_x = v_{0,x} = 58,09 \frac{m}{s} \cdot \cos 35^\circ = 47,59 \frac{m}{s}$$

À l'arrivée au sol, la vitesse en  $y$  est

$$v_y = v_{0,y} - gt$$

$$= 33,32 \frac{m}{s} - 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 7,355s$$

$$= -38,76 \frac{m}{s}$$

La grandeur de la vitesse est donc

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 61,37 \frac{m}{s}$$

et sa direction est

$$\theta = \arctan \frac{v_y}{v_x} = \arctan \frac{-38,76}{47,59} = -39,16^\circ$$

**9.** a) Il faut trouver le temps de vol du paquet.

Comme la vitesse initiale en y est nulle et que le paquet doit tomber de 100 m, le temps de vol est

$$\begin{aligned} y &= y_0 + v_{0,y}t - \frac{1}{2}gt^2 \\ -100m &= 0m + 0 \frac{m}{s} \cdot t - \frac{1}{2} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot t^2 \\ -100m &= -4,9 \frac{m}{s^2} \cdot t^2 \\ t &= 4,518s \end{aligned}$$

b) La distance fait par le paquet pendant ce temps de vol est

$$\begin{aligned} x &= x_0 + v_{0,x}t \\ x &= 0m + 41,17 \frac{m}{s} \cdot 4,518s \\ x &= 186m \end{aligned}$$

**10.** a) On peut trouver la hauteur avec

$$\begin{aligned} y &= (\tan \theta)x - \left( \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \theta} \right) x^2 \\ &= (\tan 30^\circ) \cdot 10m - \left( \frac{9,8 \frac{m}{s^2}}{2 \cdot (30 \frac{m}{s})^2 \cdot \cos^2 30^\circ} \right) \cdot (10m)^2 \\ &= 5,048m \end{aligned}$$

Ceci est la hauteur par rapport au point de départ. Comme ce point est à 1 m du sol, la hauteur par rapport au sol est de 6,048 m.

b) La vitesse en x est la même que la vitesse initiale

$$v_x = v_{0,x} = 30 \frac{m}{s} \cdot \cos 30^\circ = 25,98 \frac{m}{s}$$

La vitesse en y est

$$\begin{aligned}
 -2g(y - y_0) &= v_y^2 - v_{0,y}^2 \\
 -2 \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot (5,048m - 0m) &= v^2 - \left(30 \frac{m}{s} \cdot \sin 30^\circ\right)^2 \\
 v_y &= 11,23 \frac{m}{s}
 \end{aligned}$$

La grandeur de la vitesse est donc

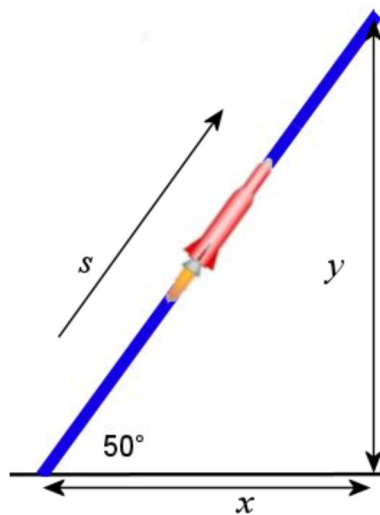
$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 28,30 \frac{m}{s}$$

et l'angle est

$$\theta = \arctan \frac{v_y}{v_x} = \arctan \frac{11,23}{25,98} = 23,4^\circ$$

- 11.** Séparons ce mouvement en deux parties : un mouvement en ligne droite pendant 20 secondes et un mouvement en chute libre.

On va utiliser un axe des  $s$  dirigé dans le sens du mouvement pour la première partie.



Pendant le mouvement en ligne droite, le déplacement est

$$\begin{aligned}
 s &= s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \\
 &= 0m + 0 \frac{m}{s} \cdot 20s + \frac{1}{2} \cdot 20 \frac{m}{s^2} \cdot (20s)^2 \\
 &= 4000m
 \end{aligned}$$

Les positions finales en  $x$  et  $y$  sont donc

$$\begin{aligned}
 x &= s \cos 50^\circ = 4000m \cdot \cos 50^\circ = 2571,2m \\
 y &= s \sin 50^\circ = 4000m \cdot \sin 50^\circ = 3064,2m
 \end{aligned}$$

La vitesse à la fin de cette phase est

$$\begin{aligned}
 v &= v_0 + at \\
 &= 0 \frac{m}{s} + 20 \frac{m}{s^2} \cdot 20s \\
 &= 400 \frac{m}{s}
 \end{aligned}$$

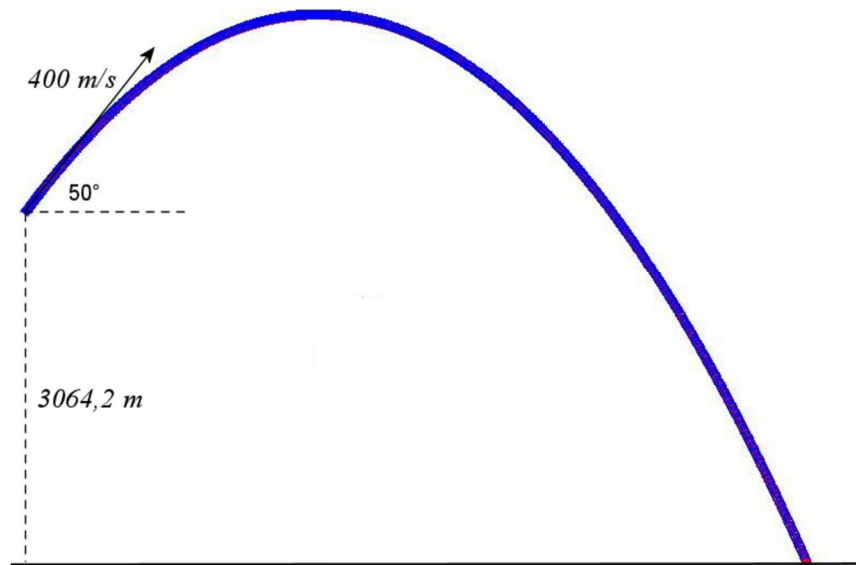
Cette vitesse est dans le sens de la trajectoire. Si on la sépare en composantes  $x$  et  $y$ , on a



$$v_x = v \cos 50^\circ = 400 \frac{m}{s} \cdot \cos 50^\circ = 257,12 \frac{m}{s}$$

$$v_y = v \sin 50^\circ = 400 \frac{m}{s} \cdot \sin 50^\circ = 306,42 \frac{m}{s}$$

Passons maintenant à la phase de chute libre. Les positions et les vitesses initiales de cette phase sont les valeurs finales de la phase précédentes. On a alors la situation suivante.



a) On trouve la hauteur maximale avec

$$\begin{aligned} -2g(y - y_0) &= v_y^2 - v_{0y}^2 \\ -2 \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot (y - 3064,2m) &= (0 \frac{m}{s})^2 - (306,42 \frac{m}{s})^2 \\ y &= 7855m \end{aligned}$$

b) On trouve le temps de vol de cette partie avec

$$\begin{aligned} y &= y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 \\ 0m &= 3064,2m + 306,42 \frac{m}{s} \cdot t - \frac{1}{2} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot t^2 \\ t &= 71,30s \text{ et } t = -8,77s \end{aligned}$$

En ajoutant les 20 secondes de la première phase, le temps de vol total est de 91,30 s.

c) La position en  $x$  à la fin de la deuxième phase est

$$\begin{aligned}
 x &= x_0 + v_{0x}t \\
 &= 2571,2m + 257,12 \frac{m}{s} \cdot 71,30s \\
 &= 20\,905m
 \end{aligned}$$

**12.** L'accélération est

$$\begin{aligned}
 a_c &= \frac{v^2}{r} \\
 &= \frac{(1024 \frac{m}{s})^2}{3,844 \times 10^8 m} \\
 &= 0,002728 \frac{m}{s^2}
 \end{aligned}$$

**13.** Le rayon de la trajectoire est

$$\begin{aligned}
 r &= \frac{\text{circonférence}}{2\pi} \\
 &= 79,58m
 \end{aligned}$$

L'accélération est donc

$$\begin{aligned}
 a_c &= \frac{4\pi^2 r}{T^2} \\
 &= \frac{4\pi^2 \cdot 79,58m}{(50s)^2} \\
 &= 1,257 \frac{m}{s^2}
 \end{aligned}$$

**14.** La période de l'avion est de

$$\begin{aligned}
 a_c &= \frac{4\pi^2 r}{T^2} \\
 12 \frac{m}{s^2} &= \frac{4\pi^2 \cdot 800m}{T^2} \\
 T^2 &= \frac{4\pi^2 \cdot 800m}{12 \frac{m}{s^2}} \\
 T &= 51,3s
 \end{aligned}$$

**15.** On trouve le rayon de la trajectoire avec la formule

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

$$360 \frac{m}{s} = \frac{2\pi r}{180s}$$

$$r = 10\,313m$$

L'accélération est donc

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

$$= \frac{(360 \frac{m}{s})^2}{10\,313m}$$

$$= 12,57 \frac{m}{s^2}$$

**16.** Au point A, l'accélération est

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

$$= \frac{(400 \frac{m}{s})^2}{2000m}$$

$$= 80 \frac{m}{s^2}$$

Cette accélération est vers le bas.

Au point B, l'accélération est

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

$$= \frac{(600 \frac{m}{s})^2}{3000m}$$

$$= 120 \frac{m}{s^2}$$

Cette accélération est vers le haut.

**17.** a) L'accélération tangentielle est

$$\begin{aligned}
 2a_T(s - s_0) &= v^2 - v_0^2 \\
 2 \cdot a_T \cdot (4\pi r - 0m) &= (102,93 \frac{m}{s})^2 - (257,33 \frac{m}{s})^2 \\
 2 \cdot a_T \cdot (4\pi \cdot 5000m - 0m) &= (102,93 \frac{m}{s})^2 - (257,33 \frac{m}{s})^2 \\
 a_T \cdot 125\,664m &= -55\,625 \frac{m^2}{s^2} \\
 a_T &= -0,4427 \frac{m}{s^2}
 \end{aligned}$$

Comme on a mis le sens positif dans le sens du déplacement de l'avion, une valeur négative veut dire que l'accélération est dans la direction opposée à la vitesse de l'avion.

b) Au bout d'un tour, la vitesse de la voiture est

$$\begin{aligned}
 2a_T(s - s_0) &= v^2 - v_0^2 \\
 2 \cdot (-0,4427 \frac{m}{s^2}) \cdot (2\pi r - 0m) &= v^2 - (257,3 \frac{m}{s})^2 \\
 2 \cdot (-0,4427 \frac{m}{s^2}) \cdot (2\pi \cdot 5000m - 0m) &= v^2 - (257,3 \frac{m}{s})^2 \\
 -27\,812 \frac{m^2}{s^2} &= v^2 - (257,3 \frac{m}{s})^2 \\
 v &= 195,98 \frac{m}{s}
 \end{aligned}$$

L'accélération centripète est donc

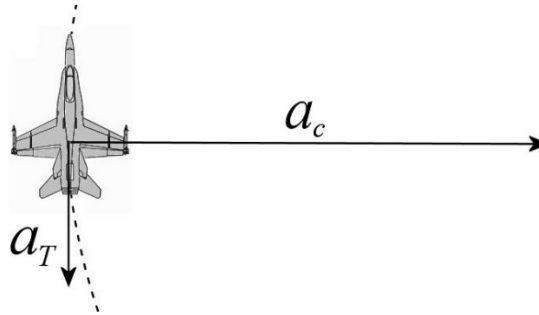
$$\begin{aligned}
 a_c &= \frac{v^2}{r} \\
 &= \frac{(195,98 \frac{m}{s})^2}{5000m} \\
 &= 7,68 \frac{m}{s^2}
 \end{aligned}$$

Comme toujours, l'accélération centripète est dirigée vers le centre du cercle.

c) La grandeur de l'accélération totale est

$$\begin{aligned}
 a &= \sqrt{a_c^2 + a_T^2} \\
 a &= \sqrt{(7,68 \frac{m}{s^2})^2 + (0,4427 \frac{m}{s^2})^2} = 7,69 \frac{m}{s^2}
 \end{aligned}$$

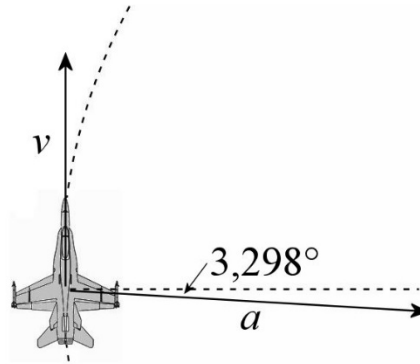
Les directions des accélérations sont



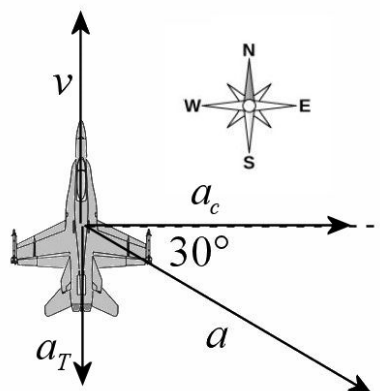
Avec des axes  $x$  et  $y$  conventionnels, la direction est

$$\theta = \arctan \frac{v_y}{v_x} = \arctan \frac{-0,4427}{7,68} = -3,298^\circ$$

Ce qui signifie qu'il y a un angle de  $93,298^\circ$  avec la vitesse.



**18.** Les composantes de l'accélération sont



a) Comme l'accélération tangentielle est opposée à la vitesse, cet avion ralentit.

- b) Dans cet exercice, l'accélération tangentielle est la composante en  $y$  de l'accélération. Cette composante est

$$\begin{aligned} a_T &= a \sin(-30^\circ) \\ &= 20 \frac{m}{s^2} \cdot \sin(-30^\circ) \\ &= -10 \frac{m}{s^2} \end{aligned}$$

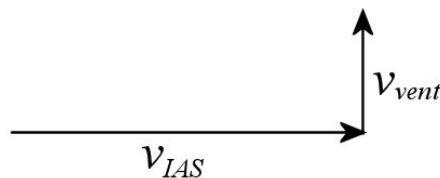
- c) Comme l'accélération centripète est vers l'est, cet avion tourne vers l'est.
- d) On trouve le rayon de courbure à partir de l'accélération centripète. Dans cet exercice, l'accélération centripète est la composante en  $x$  de l'accélération. Cette composante est

$$\begin{aligned} a_c &= a \cos(-30^\circ) \\ &= 20 \frac{m}{s^2} \cdot \cos(-30^\circ) \\ &= 17,32 \frac{m}{s^2} \end{aligned}$$

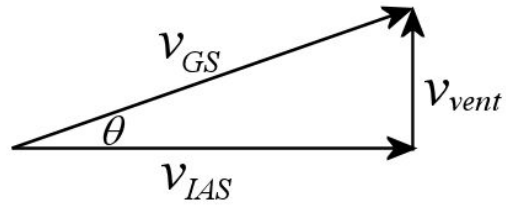
Le rayon de courbure est donc

$$\begin{aligned} a_c &= \frac{v^2}{r} \\ 17,32 \frac{m}{s^2} &= \frac{(300 \frac{m}{s})^2}{r} \\ r &= \frac{(300 \frac{m}{s})^2}{17,32 \frac{m}{s^2}} \\ r &= 5196m \end{aligned}$$

- 19.** La vitesse par rapport au sol est l'addition des deux vecteurs suivants.



Cette somme est le vecteur



En fait, on cherche l'angle  $\theta$  sur cette figure. Cet angle est

$$\tan \theta = \frac{v_{vent}}{v_{IAS}}$$

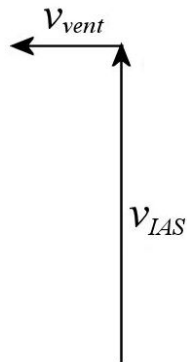
$$\tan \theta = \frac{40kn}{150kn}$$

$$\tan \theta = 0,2667$$

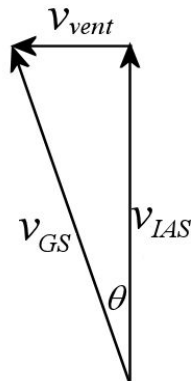
$$\theta = \arctan 0,2667$$

$$\theta = 14,93^\circ$$

**20.** La vitesse par rapport au sol est l'addition des deux vecteurs suivants.



Cette somme est



On sait que l'angle  $\theta$  est de  $20^\circ$ . On a donc

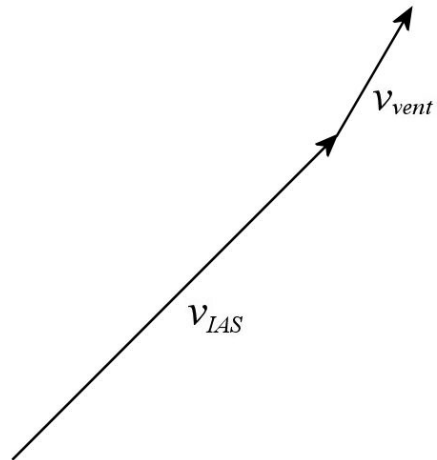
$$\tan \theta = \frac{v_{vent}}{v_{IAS}}$$

$$\tan 20^\circ = \frac{v_{vent}}{150kn}$$

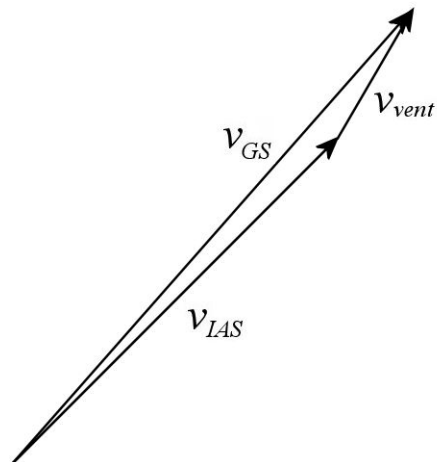
$$150kn \cdot \tan 20^\circ = v_{vent}$$

$$v_{vent} = 54,6kn$$

**21.** a) La vitesse par rapport au sol est l'addition des deux vecteurs suivants.

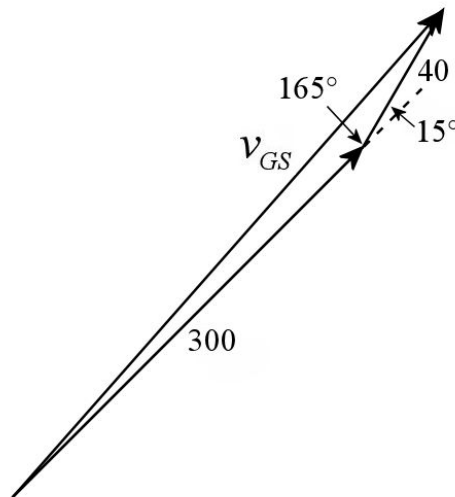


Cette somme est





On va trouver la vitesse avec la loi des cosinus. On connaît la longueur de 2 côtés et l'angle entre les 2 côtés (qui est  $165^\circ$ )



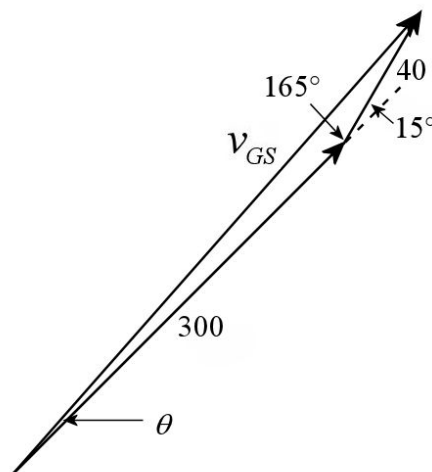
On a donc

$$v_{GS}^2 = 300^2 + 40^2 - 2 \cdot 300 \cdot 40 \cdot \cos 165^\circ$$

$$v_{GS}^2 = 114\,782$$

$$v_{GS} = 338,8 \text{ kn}$$

b) On peut trouver la direction en trouvant premièrement l'angle  $\theta$  sur la figure



Cet angle se trouve avec la loi des sinus.

$$\frac{\sin \theta}{40} = \frac{\sin 165^\circ}{338,8}$$

$$\sin \theta = 0,03056$$

$$\theta = \arcsin(0,03056)$$

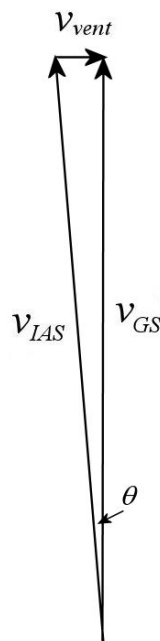
$$\theta = 1,75^\circ$$

Le cap de l'avion est donc diminué de  $1,75^\circ$  par rapport à sa direction dans l'air. Comme la direction dans l'air était de  $45^\circ$ , la direction par rapport au sol est de

$$45^\circ - 1,75^\circ = 43,25^\circ$$

**22.** a)

On veut que la vitesse résultante par rapport au sol soit directement vers le nord. On doit donc avoir la situation suivante.



La vitesse se trouve avec

$$v_{IAS}^2 = v_{GS}^2 + v_{vent}^2$$

$$(250kn)^2 = v_{GS}^2 + (40kn)^2$$

$$v_{GS}^2 = 60\,900kn^2$$

$$v_{GS} = 246,78kn$$

b) L'angle se trouve avec

$$\sin \theta = \frac{v_{vent}}{v_{IAS}}$$

$$\sin \theta = \frac{20kn}{250kn}$$

$$\sin \theta = 0,08$$

$$\theta = \arcsin(0,08)$$

$$\theta = 4,59^\circ$$

En dirigeant l'avion à  $4,59^\circ$  à l'ouest du nord (cap de  $355,4^\circ$ ), l'avion ira directement vers le nord