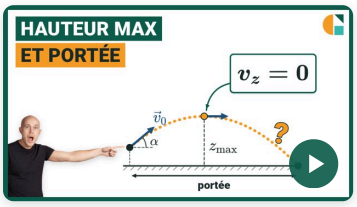
# Exploiter les équations du mouvement : hauteur maximale et portée

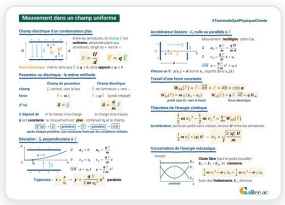
Mouvement dans un champ uniforme • Compétence 5 • Terminale spécialité physique-chimie




## Vidéo du cours et quatre exercices gratuits supplémentaires !

Exercices corrigés pas à pas, sur la page de la compétence.

**galilee.ac/V/T11-5**



## La fiche de cours

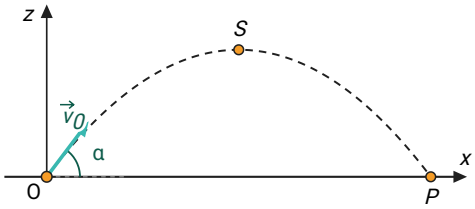
Tout le chapitre sur une page.

**galilee.ac/F/mouvement-champ-uniforme**

## Exercice 1

Jet de fontaine : en littéral

Une fontaine projette un jet d'eau depuis une buse placée au niveau du sol. On étudie une goutte du jet. À $t = 0$, la goutte quitte le point $O$ avec une vitesse initiale de valeur $v_0$, inclinée d'un angle $\alpha$ au-dessus de l'horizontale, puis retombe au sol en $P$. On néglige les frottements. Dans le repère de la figure, les équations horaires sont :




$$x(t) = v_0 \cos(\alpha)\, t \qquad z(t) = -\frac{1}{2}\, g\, t^2 + v_0 \sin(\alpha)\, t$$

Exprimer chaque grandeur en fonction de $v_0$, $\alpha$ et $g$.

**1)** La date $t_S$ du passage au sommet $S$.

**2)** La hauteur maximale $z_{\max}$.

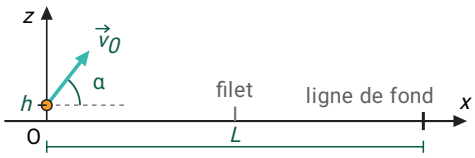
**3)** La date $t_P$ du retour au sol.

**4)** La portée $x_P$.

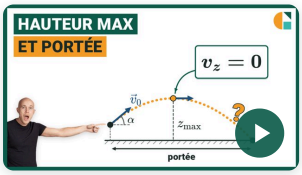
## Exercice 2

Type bac : le lob au tennis

Au tennis, un joueur placé sur sa ligne de fond tente un lob. À $t = 0$, il frappe la balle à la hauteur $h = 1{,}0\ \text{m}$ avec une vitesse initiale de valeur $v_0 = 15\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, inclinée de $\alpha = 52°$ au-dessus de l'horizontale. La ligne de fond adverse est à la distance $L = 23{,}77\ \text{m}$. La balle touche le sol en $P$ à la date $t_P$. On néglige les frottements ; $g = 9{,}8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$. Donner chaque valeur avec 2 chiffres significatifs.




1) Établir les équations horaires dans le repère de la figure, puis calculer la date $t_S$ du passage au sommet.
2) Calculer la hauteur maximale atteinte par la balle.
3) Calculer la date $t_P$.
4) Calculer l'abscisse $x_P$ du point de chute.
5) La balle est-elle bonne ou faute ? Justifier.
6) Calculer la valeur $v_P$ de la vitesse de la balle quand elle touche le sol.




### Vidéo du cours et quatre exercices gratuits supplémentaires !

Exercices corrigés pas à pas, sur la page de la compétence.

**galilee.ac/V/T11-5**

**Hauteur maximale et portée : exercices corrigés PDF (Terminale spécialité physique-chimie).** Exploiter les équations horaires d'un projectile dans un champ de pesanteur uniforme : date du passage au sommet quand vz s'annule, hauteur maximale (flèche), date du retour au sol par une équation du second degré, portée, vitesse à l'arrivée par le théorème de Pythagore, en littéral et en numérique. Méthode en vidéo et exercices interactifs corrigés sur galilee.ac.

# Exploiter les équations du mouvement : hauteur maximale et portée



## Exercice 1 Jet de fontaine : en littéral

**1)** Au sommet, la coordonnée verticale de la vitesse est nulle (elle seule : la goutte avance encore). On dérive $z(t)$ : $v_z(t) = -g\,t + v_0\sin(\alpha)$. Attention au signe moins : la dérivée de $\frac{1}{2}g\,t^2$ est $g\,t$.

$$-g\,t_S + v_0\sin(\alpha) = 0$$

$$\boxed{t_S = \frac{v_0\sin(\alpha)}{g}}$$

C'est bien un sinus : la montée ne dépend que de la coordonnée verticale de la vitesse initiale.

**2)** On reporte $t_S$ dans $z(t)$, sans oublier de mettre $t_S$ au carré dans le premier terme :

$$z_{\max} = -\frac{1}{2}g\left(\frac{v_0\sin(\alpha)}{g}\right)^2 + v_0\sin(\alpha)\times\frac{v_0\sin(\alpha)}{g}$$

$$z_{\max} = -\frac{v_0^2\sin^2(\alpha)}{2g} + \frac{v_0^2\sin^2(\alpha)}{g}$$

$$\boxed{z_{\max} = \frac{v_0^2\sin^2(\alpha)}{2g}}$$

Le premier terme vaut l'opposé de la moitié du second : il reste un $2$ au dénominateur. L'oublier est l'erreur classique. C'est le sinus qui est au carré, pas l'angle.

**3)** Au sol, $z(t_P) = 0$. On met $t$ en facteur :

$$t\left(-\frac{1}{2}g\,t + v_0\sin(\alpha)\right) = 0$$

La solution $t = 0$ est le départ ; on garde l'autre :

$$\boxed{t_P = \frac{2\,v_0\sin(\alpha)}{g}}$$

Ici $t_P = 2\,t_S$ : la descente dure autant que la montée. Ce n'est vrai que parce que le départ et l'arrivée sont à la même hauteur ; dès que le départ se fait à une hauteur $h$, cette symétrie ne donne plus la date d'arrivée au sol.

**4)** La portée est une abscisse : on reporte $t_P$ dans $x(t)$, pas dans $z(t)$.

$$\boxed{x_P = v_0\cos(\alpha)\times\frac{2\,v_0\sin(\alpha)}{g} = \frac{2\,v_0^2\sin(\alpha)\cos(\alpha)}{g}}$$

Il y a un sinus (venu de $t_P$) et un cosinus (venu de $x$), et $v_0$ est au carré.

## Exercice 2 Type bac : le lob au tennis

**1)** Système : la balle, dans le référentiel terrestre supposé galiléen ; frottements négligés, la seule force est le poids. La deuxième loi de Newton donne $\vec{a} = \vec{g}$ : avec l'origine $O$ au sol, à la verticale du point de frappe, et l'axe $(Oz)$ vers le haut, $a_x = 0$ et $a_z = -g$. On prend deux fois une primitive ; les constantes sont les conditions initiales $v_{0x} = v_0 \cos\alpha$, $v_{0z} = v_0 \sin\alpha$, $x(0) = 0$ et $z(0) = h$ :

$$\boxed{v_x(t) = v_0 \cos\alpha \qquad v_z(t) = -g\,t + v_0 \sin\alpha}$$

$$\boxed{x(t) = v_0 \cos\alpha \cdot t \qquad z(t) = -\frac{1}{2}\,g\,t^2 + v_0 \sin\alpha \cdot t + h}$$

Au sommet, seule la coordonnée verticale de la vitesse s'annule : $v_z(t) = -g\,t + v_0 \sin\alpha = 0$.

$$\boxed{t_S = \frac{v_0 \sin\alpha}{g} = \frac{15 \times \sin 52^\circ}{9{,}8} \approx 1{,}2 \text{ s}}$$

$h$ n'apparaît pas : c'est une constante, elle disparaît quand on dérive $z(t)$. Avec $1{,}5$ s, la calculatrice est restée en radians.

**2)** On reporte $t_S$ dans $z(t)$. On n'arrondit qu'à la fin : dans le calcul, on garde les chiffres de la calculatrice, $t_S \approx 1{,}206$ s et $v_0 \sin\alpha \approx 11{,}82$ m · s$^{-1}$.

$z_{\max} = z(t_S) = -4{,}9 \times 1{,}206^2 + 11{,}82 \times 1{,}206 + 1{,}0$

$$\boxed{z_{\max} \approx 8{,}1 \text{ m}}$$

Sans le $+\,h$, on trouve $7{,}1$ m : la hauteur gagnée au-dessus du point de frappe.

**3)** Au sol, $z(t_P) = 0$ : zéro, et non $1{,}0$. L'équation est $-4{,}9\,t^2 + 11{,}82\,t + 1{,}0 = 0$. $a$ est négatif, donc $-4ac$ est positif :

$\Delta = 11{,}82^2 - 4 \times (-4{,}9) \times 1{,}0 \approx 159$

$$\boxed{t_1 = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a} \approx -0{,}0818 \text{ s} \qquad t_2 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a} \approx 2{,}49 \text{ s}}$$

La date négative est avant la frappe : on garde $t_2$.

$$\boxed{t_P \approx 2{,}5 \text{ s}}$$

Doubler $t_S$ donnerait $2{,}4$ s : c'est la date où la balle repasse à $1{,}0$ m, pas celle où elle touche le sol.

**4)** On reporte $t_P$ dans $x(t)$, pas dans $z(t)$, en gardant $t_P \approx 2{,}494$ s dans le calcul :

$x_P = v_0 \cos\alpha \times t_P = 15 \times \cos 52^\circ \times 2{,}494$

$$\boxed{x_P \approx 23 \text{ m}}$$

Avec la symétrie, on trouverait $22$ m, une portée trop courte.

**5)** On compare $x_P$ à $L$. $x_P \approx 23{,}0 \text{ m} < 23{,}77 \text{ m}$ : la balle retombe avant la ligne de fond, elle est bonne. La masse de la balle ne figure dans aucune équation horaire : sans frottements, elle ne change rien.

$$\boxed{\text{la balle est bonne}}$$

**6)** La vitesse a deux coordonnées, et il faut les deux. $v_x = v_0 \cos\alpha \approx 9{,}235$ m · s$^{-1}$ ne change pas ; $v_z$ se calcule à la date $t_P$, et elle est négative car la balle descend.

$v_z(t_P) = -g\,t_P + v_0 \sin\alpha = -9{,}8 \times 2{,}494 + 11{,}82 \approx -12{,}6$ m · s$^{-1}$

$v_P = \sqrt{v_x^2 + v_z(t_P)^2} = \sqrt{9{,}235^2 + (-12{,}6)^2}$

$$\boxed{v_P \approx 16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

La réponse n'est ni $13$ (la seule coordonnée verticale), ni $15$ : la balle arrive plus bas qu'elle n'est partie, donc un peu plus vite que $v_0$. Et on n'ajoute pas les coordonnées : on applique le théorème de Pythagore.