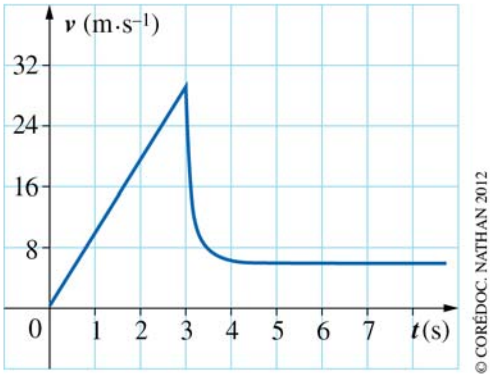
EXERCICE RÉSOLU 2

Saut en parachute

Énoncé

Un parachutiste saute d'un hélicoptère en position stationnaire et sa trajectoire est la verticale du lieu.
Lors du saut, le parachutiste se laisse tomber en chute libre, puis, à un certain moment, il ouvre son parachute.
L'étude de la valeur de la vitesse de son centre d'inertie conduit à la représentation graphique ci-contre, pour laquelle l'origine des dates $t_0 = 0$ s correspond à l'instant du saut.



1. À partir de l'étude de l'évolution de la vitesse du parachutiste pendant le saut, interpréter qualitativement la nature de son mouvement.
2. Déterminer, à partir de la courbe, l'accélération du parachutiste avant l'ouverture du parachute. Peut-on qualifier cette chute de libre au sens du physicien ?
3. L'altitude au moment du saut est $h = 350$ m.
À quelle altitude a-t-il ouvert son parachute ?
4. Quelle sera l'allure de la courbe si le parachute est ouvert à l'instant de la date $t = 0{,}5$ s ?

Une solution

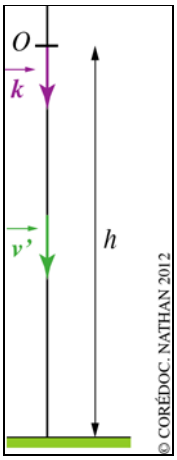
Raisonner
Bien délimiter chaque intervalle de temps correspondant à un mouvement différent.
Pour chacun d'eux, décrire l'évolution de la vitesse et faire le lien avec les caractéristiques particulières des mouvements rectilignes uniformes et uniformément variés.

1. Pendant les trois premières secondes, la vitesse du parachutiste augmente : son mouvement est accéléré.
La vitesse augmente de façon linéaire en fonction du temps, sa valeur est de la forme v = (constante) × t. L'accélération du parachutiste $a = \dfrac{dv}{dt}$ est constante.
Au cours de cette phase, le parachutiste a un mouvement uniformément accéléré dans le référentiel terrestre.
Entre $t = 3$ s et $t = 4$ s, la vitesse du parachutiste diminue rapidement, son mouvement est décéléré. Sa vitesse devient constante à partir de $t = 4$ s : le parachutiste a alors un mouvement rectiligne uniforme.
Le parachute a été ouvert à la date $t = 3$ s.

Rédiger
Décrire avec précision le repère choisi (espace et temps) pour l'étude cinématique.

Schématiser
Représenter le repère choisi.

2. Établissons l'équation horaire de la vitesse du parachutiste pendant la première phase.
On choisit un axe vertical $(O\,;\,\vec{k})$ orienté positivement vers la Terre, l'origine O étant le point de largage du parachutiste.



À chaque instant, on a $v_z = v$.
À $t = 3{,}0$ s, on a $v_z = 30$ m·s^{-1}.
L'équation est alors $v_z = 10 \times t$.
L'accélération $a_z = \dfrac{dv_z}{dt} = \mathbf{10\ m{\cdot}s^{-2}}$.

Raisonner
La comparaison entre mouvement réel et chute libre ne peut se faire ici que sur les caractéristiques du vecteur accélération.

Lors de la chute libre, au sens du physicien, l'accélération du solide en mouvement est égale à $\vec{g}$ de valeur $g = 9{,}8$ m·s^{-2}.
Cette accélération correspond à celle du parachutiste.

Raisonner
Établir les équations horaires en prenant en compte les conditions initiales et leurs valeurs dans le repère choisi. Compléter le schéma si nécessaire pour visualiser les différentes altitudes.

3. Pour connaître l'altitude d'ouverture du parachute, établissons l'équation horaire de la position du parachutiste.
Par intégration de $v_z(t)$ on obtient : $z = \dfrac{1}{2}\,a_z t^2 + C$.
Or, à $t = 0$, $z = 0$, l'équation devient : $z = \dfrac{1}{2}\,a_z t^2$.

À $t = 3{,}0$ s, on obtient $z = \frac{1}{2} \times 10 \times 3^2 = 45$ m. Le parachutiste est descendu de 45 mètres, il se trouve donc à l'altitude de $h = 350 - 45 =$ **305 m**.

4. La vitesse atteinte à la date $t = 0{,}5$ s est inférieure à la vitesse limite atteinte lorsque le parachute est ouvert. La vitesse va augmenter jusqu'à cette valeur puis rester constante.

Schématiser
Compléter la réponse en représentant l'allure de la courbe pour une chute libre de 0,5 s sur la courbe donnée pour l'étude du premier cas.