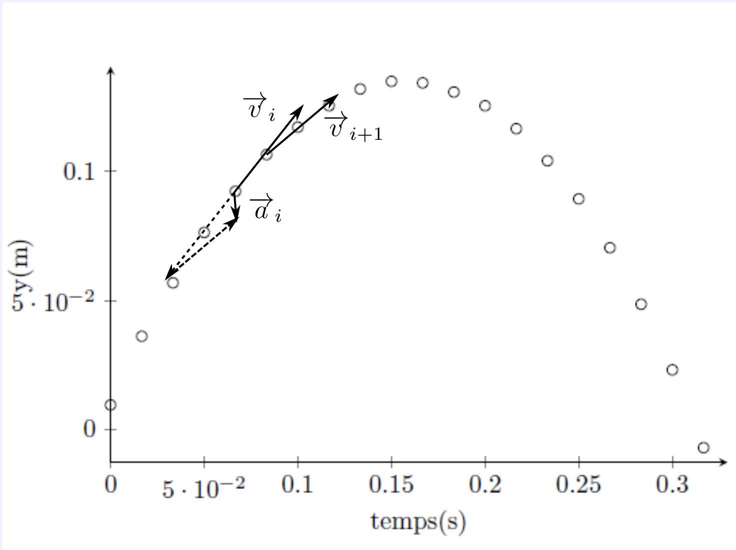
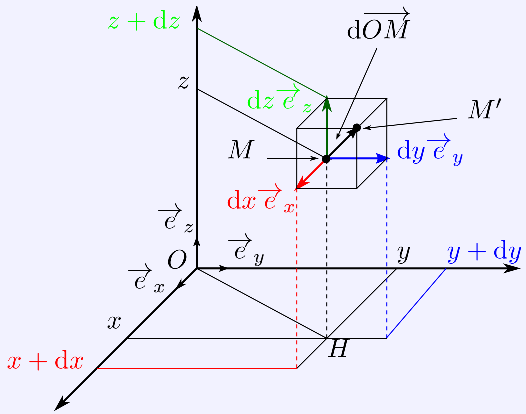
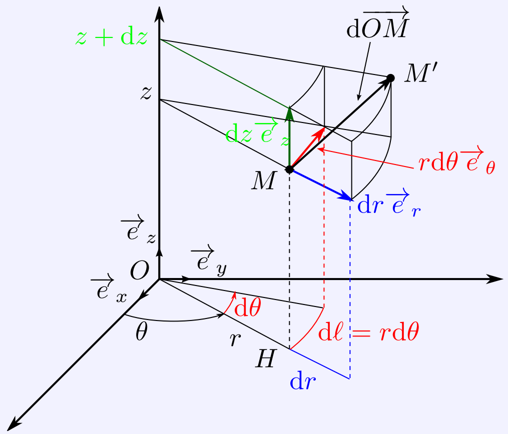
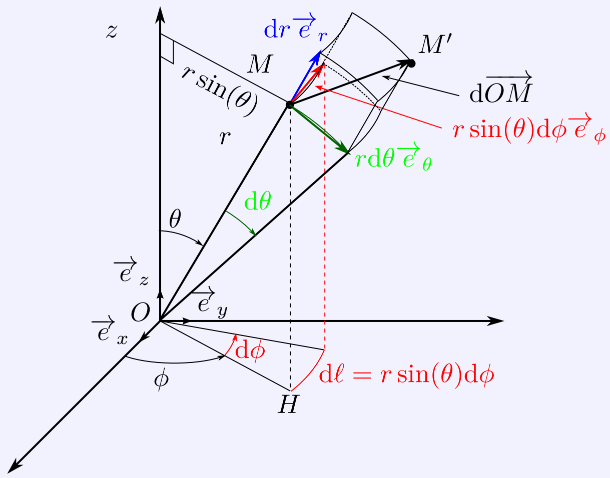
Notions et contenus	Capacités exigibles	Détail
Repérage dans l'espace et dans le temps Espace et temps classiques. Notion de référentiel. Caractère relatif du mouvement. Caractère absolu des distances et des intervalles de temps.	Citer une situation où la description classique de l'espace ou du temps est prise en défaut.	Préciser les limites de la mécanique classique. La mécanique classique n'est valable que pour des objets ayant une vitesse $v \ll c$. Si non, il faut faire appel à la mécanique relativiste. C'est nécessaire pour justifier que l'on puisse détecter des muons au niveau du sol terrestre. Définir un référentiel. On appelle référentiel $\mathcal{R}$ un repère lié à l'observateur ou un solide, ce dernier étant muni d'une horloge pour mesurer le temps.
Cinématique du point Description du mouvement d'un point. Vecteurs position, vitesse et accélération. Repérage d'un point dont la trajectoire est connue.	Situer qualitativement la direction du vecteur vitesse et du vecteur accélération pour une trajectoire plane. **Réaliser et exploiter quantitativement un enregistrement vidéo d'un mouvement : évolution temporelle des vecteurs vitesse et accélération.**	On donne l'enregistrement d'un mouvement. Définir et représenter les vecteurs vitesse $\vec{v}$ et accélération $\vec{a}$ en plusieurs points.  Le vecteur vitesse est toujours tangent à la trajectoire et dans le sens du mouvement. On définit la vitesse moyenne au point i : $$\vec{v}_i = \frac{\overrightarrow{M_i M_{i+1}}}{\Delta t}$$ L'accélération est toujours orientée vers l'intérieur de la concavité de la trajectoire. On définit l'accélération moyenne au point i : $$\vec{a}_i = \frac{\vec{v}_{i+1} - \vec{v}_i}{\Delta t}$$

Notions et contenus	Capacités exigibles	Détail
Systèmes de coordonnées cartésiennes, cylindriques et sphériques.	Exprimer à partir d'un schéma le déplacement élémentaire dans les différents systèmes de coordonnées, construire le trièdre local associé et en déduire géométriquement les composantes du vecteur vitesse en coordonnées cartésiennes et cylindriques. Établir les expressions des composantes des vecteurs position, déplacement élémentaire, vitesse et accélération dans les seuls cas des coordonnées cartésiennes et cylindriques.	**Coordonnées cartésiennes** Schéma, vecteurs position, vitesse, accélération et déplacement élémentaire.  $\overrightarrow{OM} = x\overrightarrow{e}_x + y\overrightarrow{e}_y + z\overrightarrow{e}_z$ $\overrightarrow{v} = \dot{x}\overrightarrow{e}_x + \dot{y}\overrightarrow{e}_y + \dot{z}\overrightarrow{e}_z$ $\overrightarrow{a} = \ddot{x}\overrightarrow{e}_x + \ddot{y}\overrightarrow{e}_y + \ddot{z}\overrightarrow{e}_z$ $\mathrm{d}\overrightarrow{OM} = \mathrm{d}x\overrightarrow{e}_x + \mathrm{d}y\overrightarrow{e}_y + \mathrm{d}z\overrightarrow{e}_z$ **Coordonnées cylindriques** Schéma, vecteurs position, vitesse, accélération et déplacement élémentaire. On démontrera les expressions de $\overrightarrow{v}$ et $\overrightarrow{a}$ en supposant connues les expressions de $\mathrm{d}\overrightarrow{e}_r/\mathrm{d}t$ et $\mathrm{d}\overrightarrow{e}_\theta/\mathrm{d}t$ dans la base cylindrique.  $\overrightarrow{OM} = r\overrightarrow{e}_r + z\overrightarrow{e}_z$ $\overrightarrow{v} = \dot{r}\overrightarrow{e}_r + r\dot{\theta}\overrightarrow{e}_\theta + \dot{z}\overrightarrow{e}_z$ $\mathrm{d}\overrightarrow{OM} = \mathrm{d}r\overrightarrow{e}_x + r\mathrm{d}\theta\overrightarrow{e}_\theta + \mathrm{d}z\overrightarrow{e}_z$ $\overrightarrow{a} = \left(\ddot{r} - r(\dot{\theta})^2\right)\overrightarrow{e}_r + \left(r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta}\right)\overrightarrow{e}_\theta + \ddot{z}\overrightarrow{e}_z$ Démonstration avec $\dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{e}_r}{\mathrm{d}t} = \dot{\theta}\overrightarrow{e}_\theta$ et $\dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{e}_\theta}{\mathrm{d}t} = -\dot{\theta}\overrightarrow{e}_r$: $\overrightarrow{v} = \dfrac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t}\overrightarrow{e}_r + r\dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{e}_r}{\mathrm{d}t} + \dfrac{\mathrm{d}z}{\mathrm{d}t}\overrightarrow{e}_z \quad \text{soit} \quad \overrightarrow{v} = \dot{r}\overrightarrow{e}_r + r\dot{\theta}\overrightarrow{e}_\theta + \dot{z}\overrightarrow{e}_z$ $\overrightarrow{a} = \ddot{r}\overrightarrow{e}_r + \dot{r}\dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{e}_r}{\mathrm{d}t} + \dot{r}\dot{\theta}\overrightarrow{e}_\theta + r\ddot{\theta}\overrightarrow{e}_\theta + r\dot{\theta}\dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{e}_\theta}{\mathrm{d}t} + \ddot{z}\overrightarrow{e}_z \quad \text{soit} \quad \overrightarrow{a} = \left(\ddot{r} - r(\dot{\theta})^2\right)\overrightarrow{e}_r + \left(r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta}\right)\overrightarrow{e}_\theta + \ddot{z}\overrightarrow{e}_z$

<table>
<tr><th>Notions et contenus</th><th>Capacités exigibles</th><th>Détail</th></tr>
<tr>
<td>Systèmes de coordonnées cartésiennes, cylindriques et sphériques.</td>
<td>Exprimer à partir d'un schéma le déplacement élémentaire dans les différents systèmes de coordonnées, construire le trièdre local associé et en déduire géométriquement les composantes du vecteur vitesse en coordonnées cartésiennes et cylindriques.
Établir les expressions des composantes des vecteurs position, déplacement élémentaire, vitesse et accélération dans les seuls cas des coordonnées cartésiennes et cylindriques.</td>
<td>

Coordonnées sphériques
Schéma, vecteurs position et déplacement élémentaire.



$$r \geq 0 \quad \text{et} \quad \theta \in [0, \pi] \quad \text{et} \quad \phi \in [0, 2\pi[$$

$$\overrightarrow{OM} = r\overrightarrow{e}_r$$

$$\mathrm{d}\overrightarrow{OM} = \mathrm{d}r\overrightarrow{e}_r + r\mathrm{d}\theta\overrightarrow{e}_\theta + r\sin\theta\mathrm{d}\phi\overrightarrow{e}_\phi$$

</td>
</tr>
<tr>
<td>Mouvement à vecteur accélération constant.</td>
<td>Exprimer le vecteur vitesse et le vecteur position en fonction du temps.
Établir l'expression de la trajectoire en coordonnées cartésiennes.</td>
<td>

Définir un mouvement uniforme, accéléré ou décéléré.

- mouvement accéléré : $\|\overrightarrow{v}(t)\|$ fonction croissante, i.e. $\overrightarrow{v} \cdot \overrightarrow{a} > 0$
- mouvement décéléré ou retardé : $\|\overrightarrow{v}(t)\|$ fonction décroissante, i.e. $\overrightarrow{v} \cdot \overrightarrow{a} < 0$
- mouvement uniforme : $\|\overrightarrow{v}(t)\| = cste$, i.e. $\overrightarrow{v} \cdot \overrightarrow{a} = 0$

Mouvement de vecteur-accélération constant $\overrightarrow{a} = a_0\overrightarrow{e}_y = \overrightarrow{cste}$: expressions de $\overrightarrow{v}(t)$ et $\overrightarrow{OM}(t)$ pour $\overrightarrow{v}(t=0) = v_{0,x}\overrightarrow{e}_x + v_{0,y}\overrightarrow{e}_y$ et $\overrightarrow{OM}(t=0) = \overrightarrow{0}$. En déduire l'équation de la trajectoire $y(x)$. Préciser la nature de la trajectoire.

Par intégrations successives

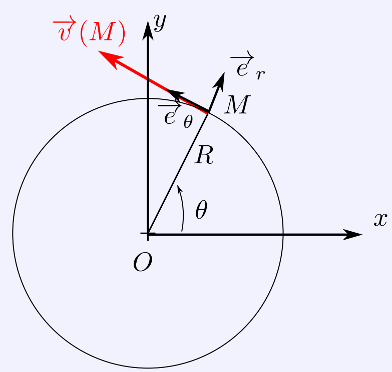
$$\overrightarrow{v}(t) = \overrightarrow{a}t + \overrightarrow{v}(t=0) = v_{0,x}\overrightarrow{e}_x + (a_0 t + v_{0,y})\overrightarrow{e}_y$$

$$\overrightarrow{OM}(t) = \frac{1}{2}\overrightarrow{a}t + \overrightarrow{v}(t=0)t = v_{0,x}t\overrightarrow{e}_x + \left(a_0\frac{t^2}{2} + v_{0,y}t\right)\overrightarrow{e}_y$$

On a alors $t = x/v_{0,x}$ soit l'équation de la trajectoire $\boxed{y(x) = \frac{a_0}{2v_{0,x}^2}x^2 + \frac{v_{0,y}}{v_{0,x}}x}$ C'est l'équation d'une parabole.

</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr><th>Notions et contenus</th><th>Capacités exigibles</th><th>Détail</th></tr>
<tr>
<td>Mouvement circulaire uniforme et non uniforme.</td>
<td>Exprimer les composantes du vecteur position, du vecteur vitesse et du vecteur accélération en coordonnées polaires planes.</td>
<td>
Faire un schéma et établir l'expression de l'accélération en fonction de $v = \vec{v} \cdot \vec{e}_\theta$ et de sa dérivée. Que peut-on dire si le mouvement est circulaire uniforme ?



On exprime le vecteur position $\overrightarrow{OM} = R\vec{e}_r$, avec R le rayon de la trajectoire circulaire. Par dérivations successives,

$$\vec{v} = R\frac{\mathrm{d}\vec{e}_r}{\mathrm{d}t} \quad \text{soit} \quad \boxed{\vec{v} = R\dot{\theta}\vec{e}_\theta}$$

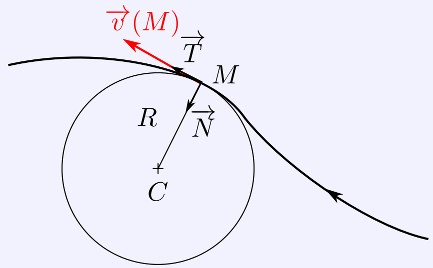
$$\vec{a} = R\ddot{\theta}\vec{e}_\theta + R\dot{\theta}\frac{\mathrm{d}\vec{e}_\theta}{\mathrm{d}t} \quad \text{soit} \quad \boxed{a = -R(\dot{\theta})^2\vec{e}_r + R\ddot{\theta}\vec{e}_\theta}$$

En posant $v = \vec{v} \cdot \vec{e}_\theta$, on peut écrire l'accélération sous la forme

$$\boxed{\vec{a} = -\frac{v^2}{R}\vec{e}_r + \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}\vec{e}_\theta}$$

Si le mouvement est circulaire et uniforme alors

$$\omega = \dot{\theta} = \text{cste} \quad \text{et} \quad \vec{v} = R\omega\vec{e}_\theta \quad \text{et} \quad \vec{a} = -\frac{v^2}{R}\vec{e}_r = -R\omega^2\vec{e}_r$$
</td>
</tr>
<tr>
<td>Vitesse et accélération dans le repère de Frenet pour une trajectoire plane.</td>
<td>Exploiter les liens entre les composantes du vecteur accélération, la courbure de la trajectoire, la norme du vecteur vitesse et sa variation temporelle.</td>
<td>
Définir le repère de Frenet. Faire le lien avec les coordonnées polaires dans le cas d'une trajectoire circulaire.



On a le vecteur tangent à la trajectoire $\vec{T} = \dfrac{\vec{v}}{\|\vec{v}\|}$ et le vecteur $\vec{N}$ qui est le vecteur normal à $\vec{T}$ et orienté vers le centre C du cercle osculateur de rayon $R(t)$.
Alors l'accélération s'écrit

$$\boxed{\vec{a}(t) = \frac{v^2}{R(t)}\vec{N} + \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}\vec{T}}$$

Pour une trajectoire circulaire de centre C et de rayon $R = \text{cste}$, alors $\vec{T} = \vec{e}_\theta$ et $\vec{N} = -\vec{e}_r$, avec $\vec{e}_\theta$ et $\vec{e}_r$ les vecteurs de la base cylindrique d'axe Cz.
</td>
</tr>
</table>