Introduction générale : Physique PH(1)

Hervé Guillou

Année universitaire 2021/2022

Objectifs pédagogiques du cours PH(1)

- Contexte
  - Etudes scientifiques supérieures
  - Introduire une méthodologie scientifique
  - Base formelle à l’étude du mouvement (Physique du 17ieme siècle)

Plan du cours PH(1)

- Chap 1 : cinématique du point
- Chap 2 : les forces (macro)
- Chap 3 et 4 : les concepts d’énergie et sa conservation
- Chap 5 : les forces à l’échelle microscopique
- Chap 6 : dynamique du point
- Chap 7, 8 : exemples de mouvements, chute libre, mouvements harmoniques

UE Option Sciences : Physique PH(1)

Chapitre 1 :
Cinématique du point

Hervé Guillou

Année universitaire 2021/2022

Objectifs

– Décrire / prédire les mouvements simples d’objets simples (i.e. ponctuels)

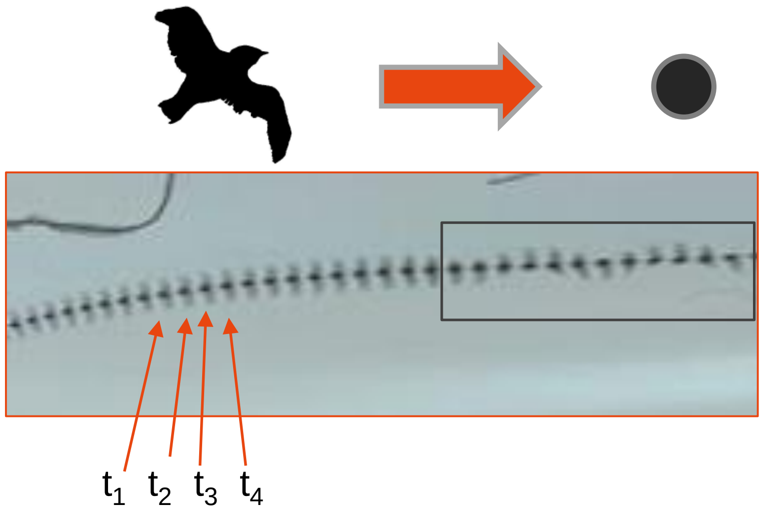
– S’approprier et manipuler des grandeurs abstraites

– Maitriser des outils basiques nécessaires à la maîtrise approfondie dans d’autres disciplines

Chap. 1: Cinématique du point

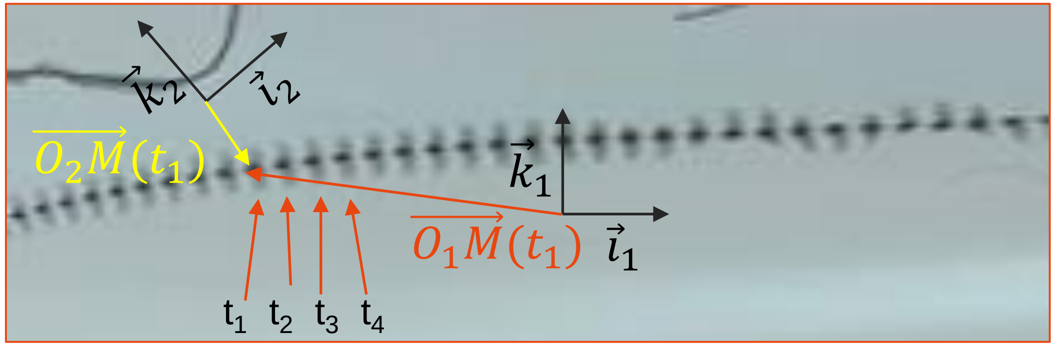
- **Définition:** la cinématique (κιηεματιχοζ) est l'étude descriptive du mouvement indépendamment de ses causes.
- Point: un objet infiniment petit de masse m. (Kg ou kg)

<u>chrono</u>photographie de vols d'oiseaux (crédit internet)



Description du mouvement de rotation du corps sur lui-même non considérée

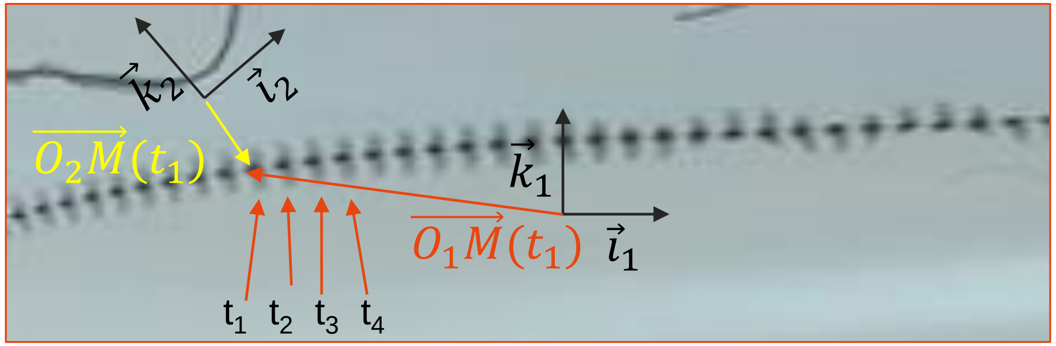
Chap. 1: Cinématique du point



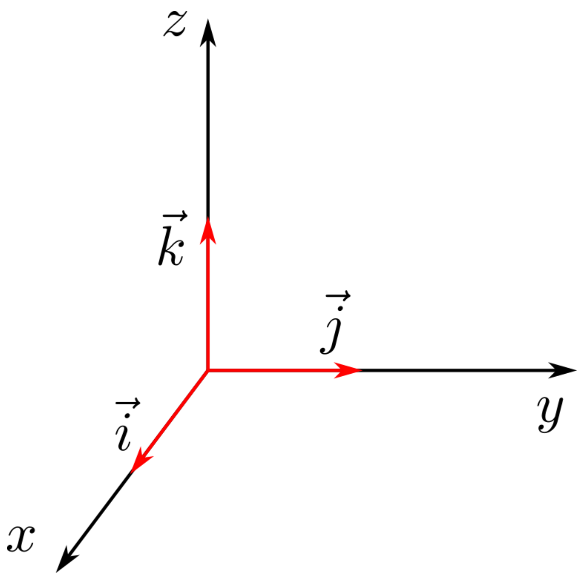
- Afin de décrire le mouvement on doit enregistrer (connaître) la position du point en fonction du temps.
- Définir (choisir) <u>un repère</u>, <u>des coordonnées</u>, une mesure des distances et du temps

Les distances se mesurent en mètre, symbole m, dimension longueur ou L
Le temps se mesure en seconde, symbole s, dimension temps ou T
La masse se mesure en kilogramme, symbole kg, dimension masse ou M

Chap. 1: Cinématique du point



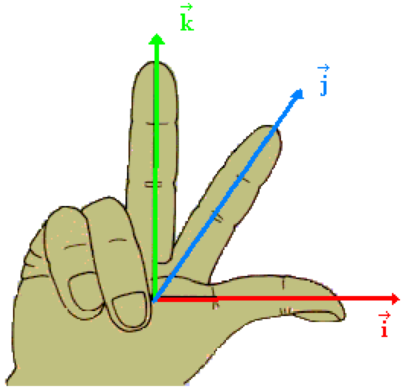
On définit un repère cartésien par la donnée de 3 axes orthogonaux, orientés, normés et rattachés à une origine



un point qui se déplace dans ce repère est repéré par ses coordonnées

$$M\,(x(t)\,,\,y(t)\,,\,z(t))$$

$$\vec{r} = \vec{OM} = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} + z(t)\vec{k}$$



Rq:

- Les axes sont disposés les uns par rapport aux autres à l'aide de la règle de la main droite.
- Les vecteurs $\vec{\imath}, \vec{\jmath}, \vec{k}$ forment une base orthonormée ($\|\vec{\imath}\| = 1$ et $\vec{\imath}\cdot\vec{\jmath} = \vec{\jmath}\cdot\vec{k} = \vec{k}\cdot\vec{\imath} = 0$).

Scalaire versus vecteurs

De nombreuses grandeurs physiques ne se résument pas à des valeurs (nombres réels) associées à des unités

On différentie les grandeurs scalaires, associées à un nombre et une unité:

- La masse, m exprimée en Kg
- Le temps, exprimé en s
- La distance, exprimée en m
- L'énergie exprimée en Joules (symbole J, dimension : $M \times L^2 \times T^{-2}$)

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

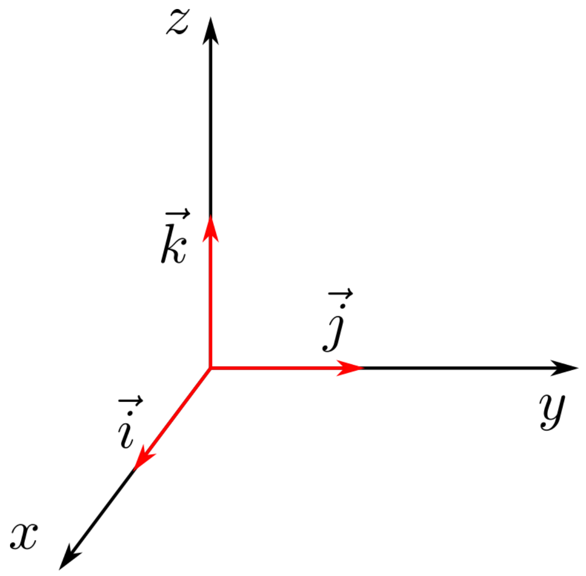
On peut ajouter deux grandeurs scalaires ensemble si et seulement si elles ont les mêmes dimensions.

Ex: La masse m d'un objet composé d'un objet de masse m_1 et d'un autre objet de masse m_2 aura comme masse $m = m_1 + m_2$

Des grandeurs vectorielles, associées à une norme et des coordonnées dans un repère

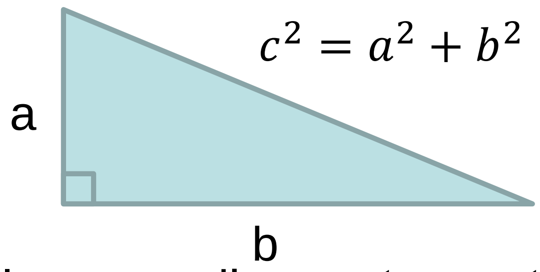
- La position: $\overrightarrow{OM} = x\,\vec{\imath} + y\vec{\jmath} + z\vec{k}$, norme $\left|\left|\overrightarrow{OM}\right|\right| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$, unité m
- La vitesse: $\vec{v} = v_x\,\vec{\imath} + v_y\vec{\jmath} + v_z\vec{k}$, norme $||\vec{v}|| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$, unité le ms^{-1}, dimensions $L \times T^{-1}$.
- L'accélération: vitesse: : $\vec{a} = a_x\,\vec{\imath} + a_y\vec{\jmath} + a_z\vec{k}$, norme $||\vec{a}|| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$, unité le ms^{-2}, dimensions $L \times T^{-2}$.

Scalaire versus vecteurs



Pourquoi est-ce important que les repères soient orthonormés:

- Réponse courte : pour utiliser le théorème de Pythagore afin de calculer les normes



- Réponse longue : la norme d'un vecteur est par définition (générale) la racine carrée du produit scalaire avec lui même:

$$\left\|\overrightarrow{OM}\right\| = \sqrt{\overrightarrow{OM}\cdot\overrightarrow{OM}} \Longleftrightarrow \left\|\overrightarrow{OM}\right\|^2 = \overrightarrow{OM}\cdot\overrightarrow{OM} = \overrightarrow{OM}^2 = OM^2$$

$$\overrightarrow{OM} = x\,\vec{\imath} + y\vec{\jmath} + z\vec{k}$$

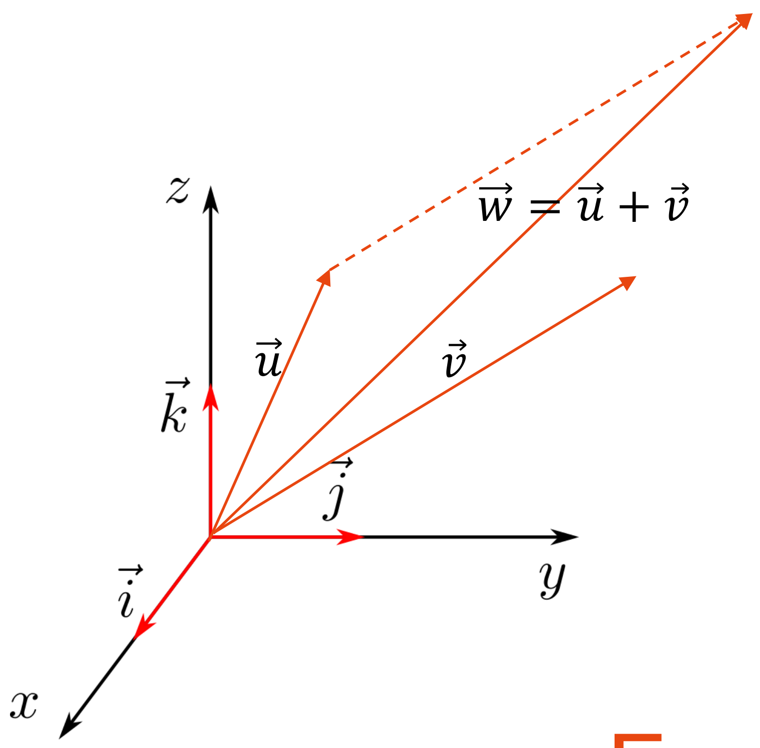
= 1

$$\overrightarrow{OM}\cdot\overrightarrow{OM} = \left(x\,\vec{\imath} + y\vec{\jmath} + z\vec{k}\right)\cdot\left(x\,\vec{\imath} + y\vec{\jmath} + z\vec{k}\right) = x^2\cancel{\vec{\imath}\cdot\vec{\imath}} + y^2\cancel{\vec{\jmath}\cdot\vec{\jmath}} + z^2\cancel{\vec{k}\cdot\vec{k}} +$$

$$\cdots \quad xy\cancel{\vec{\imath}\cdot\vec{\jmath}} + xz\cancel{\vec{\imath}\cdot\vec{k}} + yx\cancel{\vec{\jmath}\cdot\vec{\imath}} + yz\cancel{\vec{\jmath}\cdot\vec{k}} + zx\cancel{\vec{k}\cdot\vec{\imath}} + zy\cancel{\vec{k}\cdot\vec{k}}$$

$$\overrightarrow{OM}\cdot\overrightarrow{OM} = OM^2 = x^2 + y^2 + z^2$$

= 0

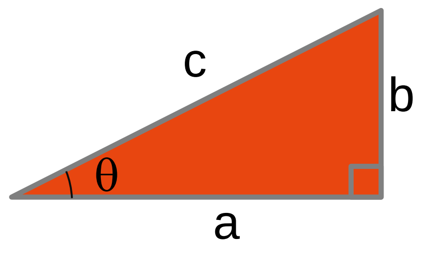


Produit scalaire

Soit 2 vecteurs $\vec{u} = u_x\vec{\imath} + u_y\vec{\jmath} + u_z\vec{k}$ et $\vec{v} = v_x\vec{\imath} + v_y\vec{\jmath} + v_z\vec{k}$, on peut définir deux opérations sur ces vecteurs:

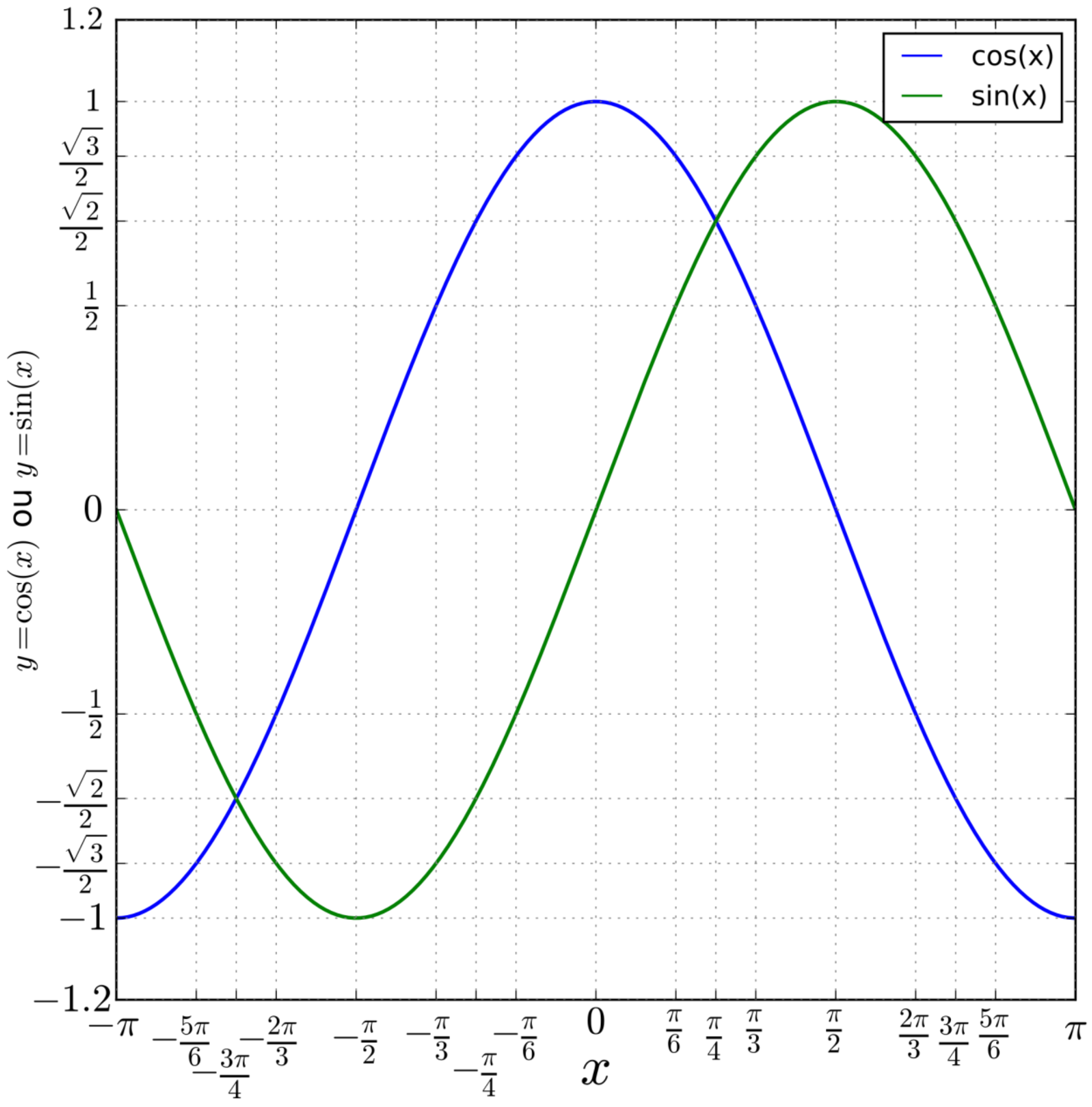
- Addition:
  - Le vecteur $\vec{w} = \vec{u} + \vec{v} = (u_x+v_x)\vec{\imath} + (u_y+v_y)\vec{\jmath} + (u_z + v_z)\vec{k}$
- Multiplication scalaire:
  - $\vec{u} \cdot \vec{v} = u_x v_x + u_y v_y + u_z v_z = uv\cos\theta$

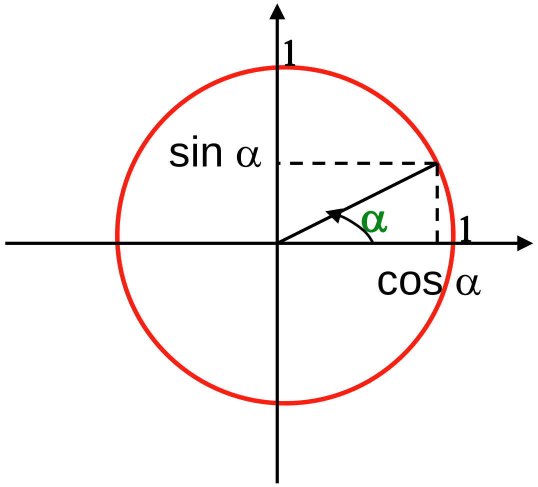
Fonction trigonométriques



$$\cos\theta = \frac{a}{c} \qquad \sin\theta = \frac{b}{c} \qquad \tan\theta = \frac{b}{a}$$

Fonction trigonométriques





L’argument des sin et cos s’exprime en radian (rad)

Fonction trigonométriques

Fonctions sinus et cosinus : quelques formules de trigonométrie

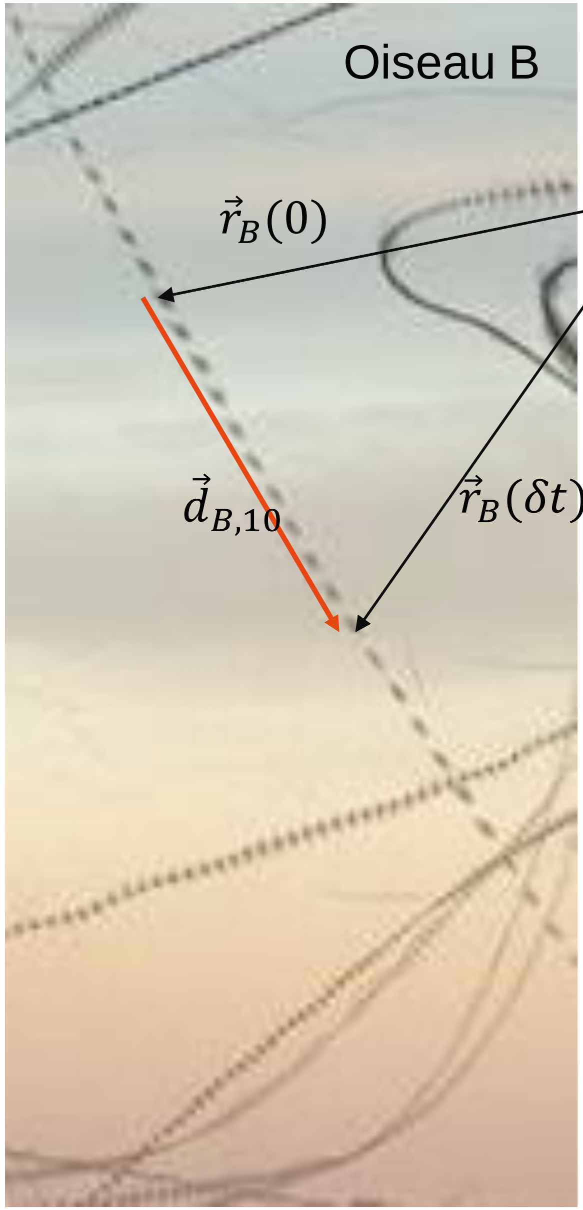
$$\cos(\pi - x) = -\cos x$$
$$\sin(\pi - x) = \sin x$$
$$\cos\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \sin x$$
$$\sin\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \cos x$$
$$\cos(-x) = \cos x$$
$$\sin(-x) = -\sin x$$

$$\cos\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = -\sin x$$
$$\sin\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = \cos x$$

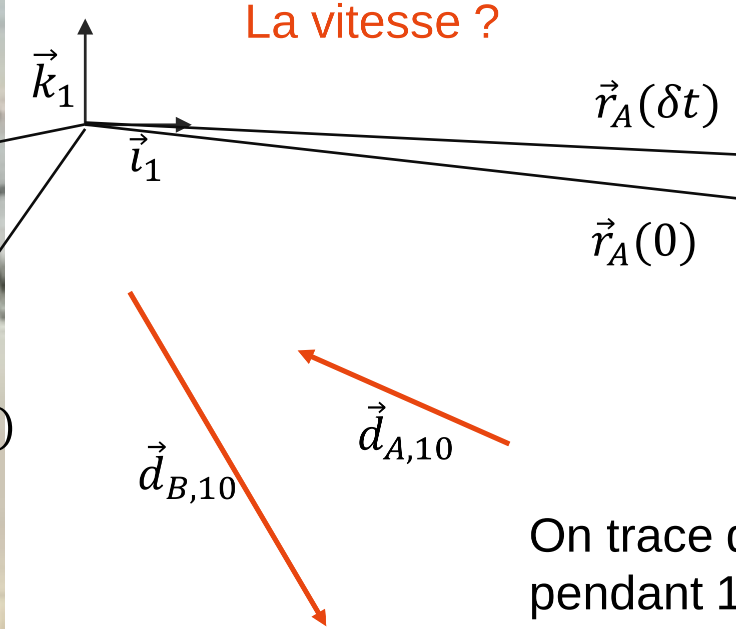
$$\sin A + \sin B = 2\sin\frac{A+B}{2}\cos\frac{A-B}{2}$$
$$\sin A - \sin B = 2\cos\frac{A+B}{2}\sin\frac{A-B}{2}$$
$$\cos A + \cos B = 2\cos\frac{A+B}{2}\cos\frac{A-B}{2}$$
$$\cos A - \cos B = -2\sin\frac{A+B}{2}\sin\frac{A-B}{2}$$

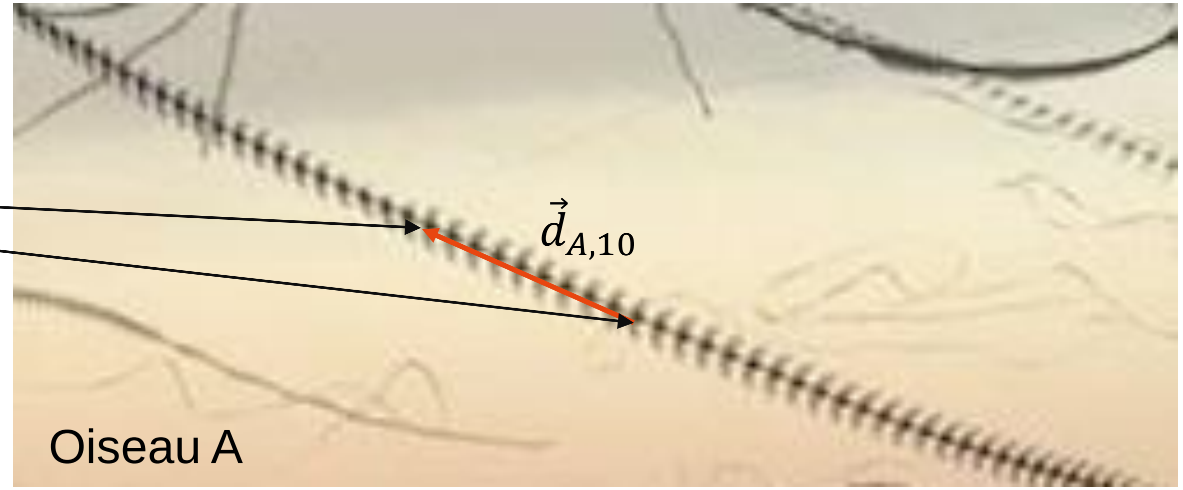
$$\left(\cos\frac{A}{2}\right)^2 = \frac{1+\cos A}{2}$$

Chap. 1: Cinématique du point



La vitesse ?



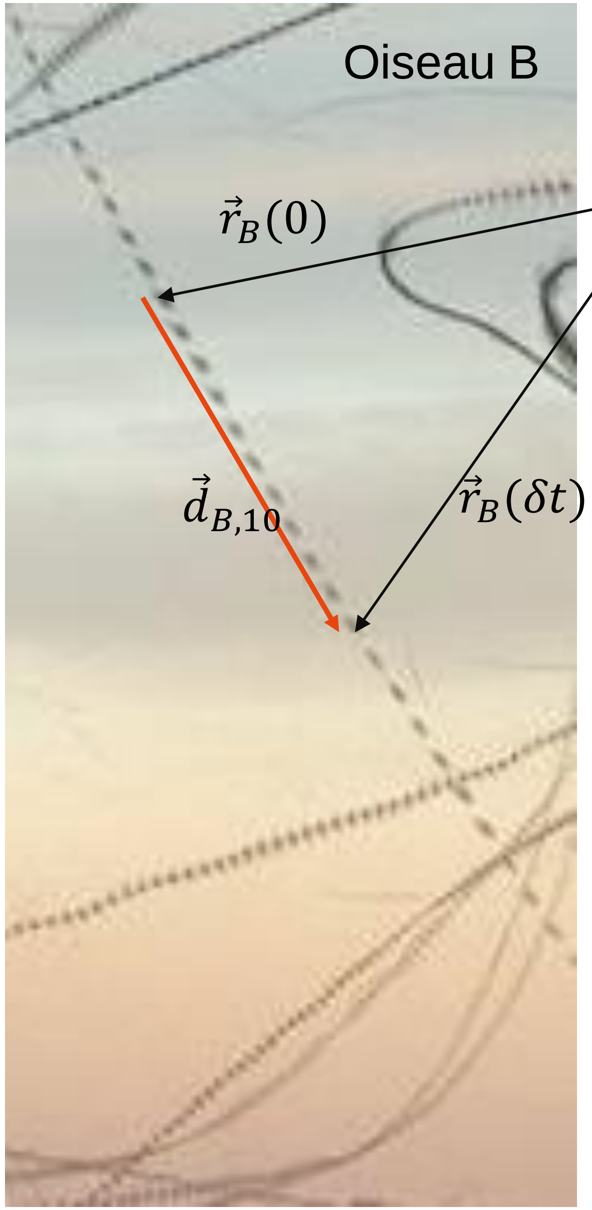


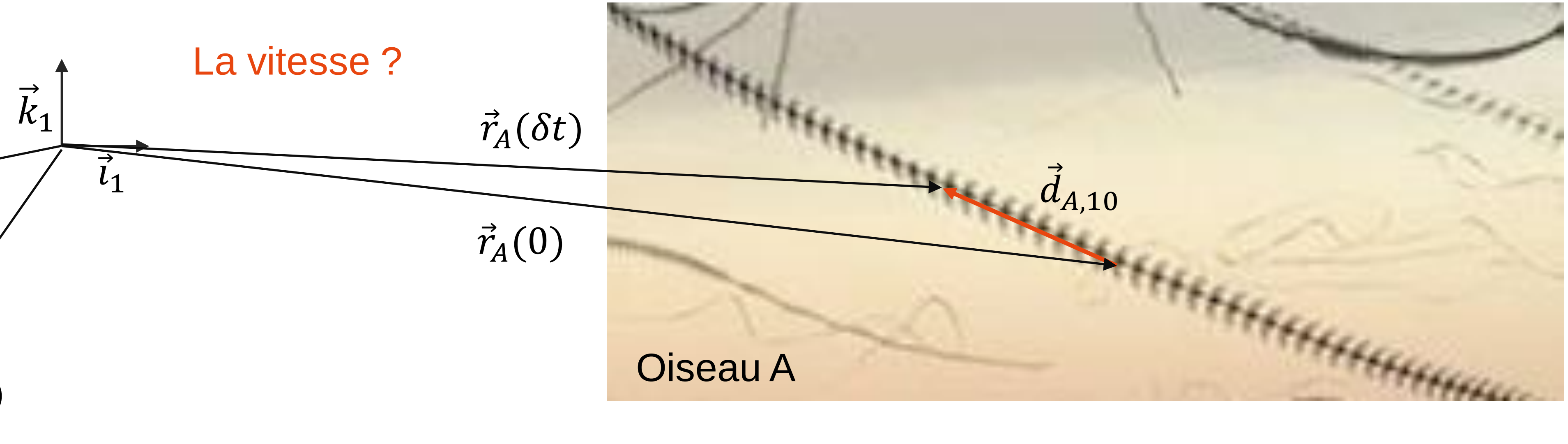
On trace deux vecteurs correspondants à la distance parcourue pendant 10 intervalles de temps

La distance parcourue par l'oiseau B semble plus grande que celle parcourue par l'oiseau A :

$$d_{B,10} > d_{A,10}$$

Chap. 1: Cinématique du point





On définit la vitesse du point A par la limite lorsque $\delta t \to 0$ de :

$$\vec{v}_A = \frac{\vec{d}_{A,\delta t}}{\delta t} = \frac{\vec{r}_A(\delta t) - \vec{r}_A(0)}{\delta t} = \frac{d\vec{r}_A}{dt}$$

Dérivée d'un vecteur ?

Cas simple d'un repère cartésien fixe. Les vecteurs $\vec{\imath}, \vec{\jmath}\ et\ \vec{k}$ qui forment la base sont constants. On dérive les coordonnées : $\vec{r}_A(t) = \overrightarrow{OM}(t) = x_A(t)\,\vec{\imath} + y_A(t)\vec{\jmath} + z_A(t)\vec{k}$

$$\frac{d\vec{r}_A}{dt}(t) = \frac{dx_A}{dt}\,(t)\vec{\imath} + \frac{dy_A}{dt}(t)\vec{\jmath} + \frac{dz_A}{dt}(t)\vec{k} = \dot{x}_A\vec{\imath} + \dot{y}_A\vec{\jmath} + \dot{z}_A\vec{k}$$

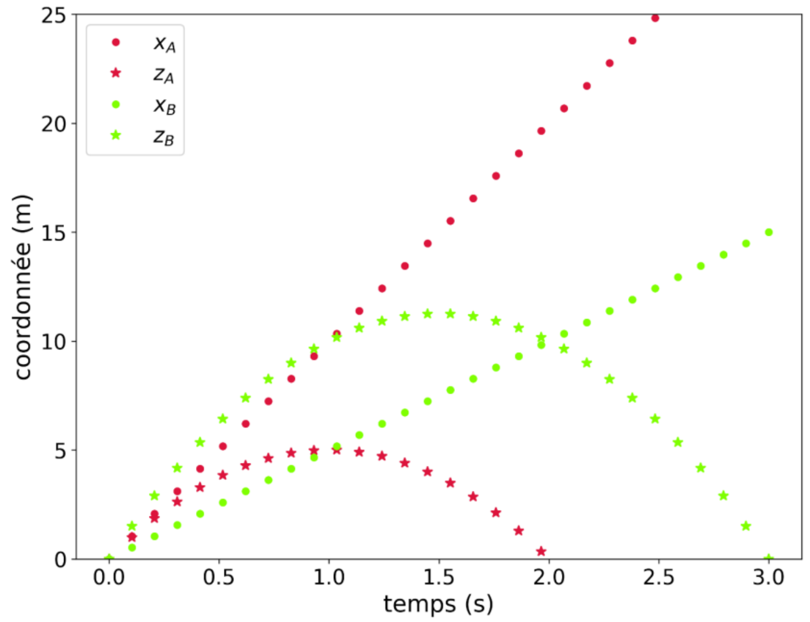
La vitesse est donc un vecteur qui se construit à partir de la dérivée par rapport au temps du vecteur position

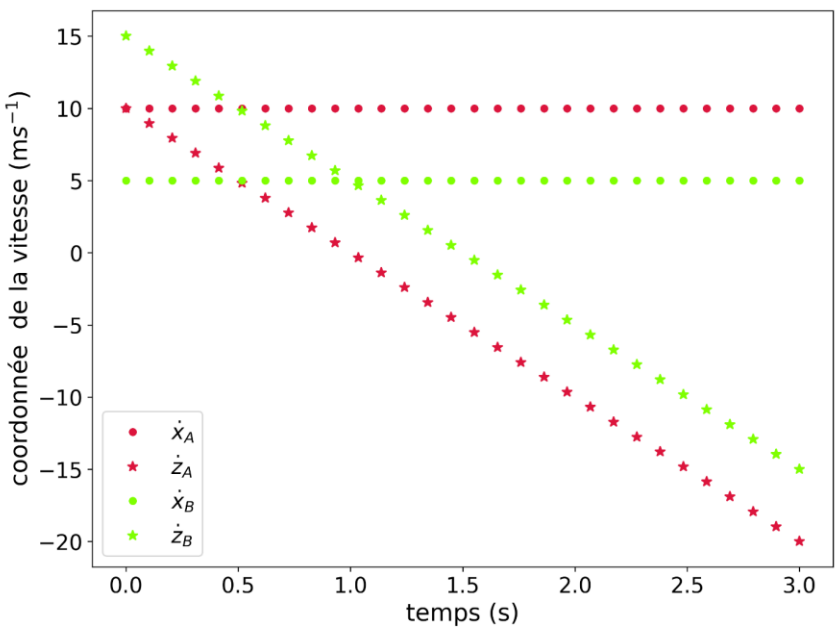
Chap. 1: Cinématique du point

La vitesse est donc un vecteur qui se construit à partir de la dérivée par rapport au temps du vecteur position

Exemple : on tire deux projectiles A et B avec des angles différents, leurs positions sont enregistrées dans le plan (zOx) et s'expriment en fonction du temps comme:

$$\vec{r}_A \begin{cases} x_A(t) = 10 \times t \\ z_A(t) = -5 \times t^2 + 10 \times t \end{cases} \quad \vec{v}_A \begin{cases} \dot{x}_A(t) = 10 \\ \dot{z}_A(t) = -10 \times t + 10 \end{cases} \quad \vec{r}_B \begin{cases} x_B(t) = 5 \times t \\ z_B(t) = -5 \times t^2 + 15 \times t \end{cases} \quad \vec{v}_B \begin{cases} \dot{x}_B(t) = 5 \\ \dot{z}_B(t) = -10 \times t + 15 \end{cases}$$



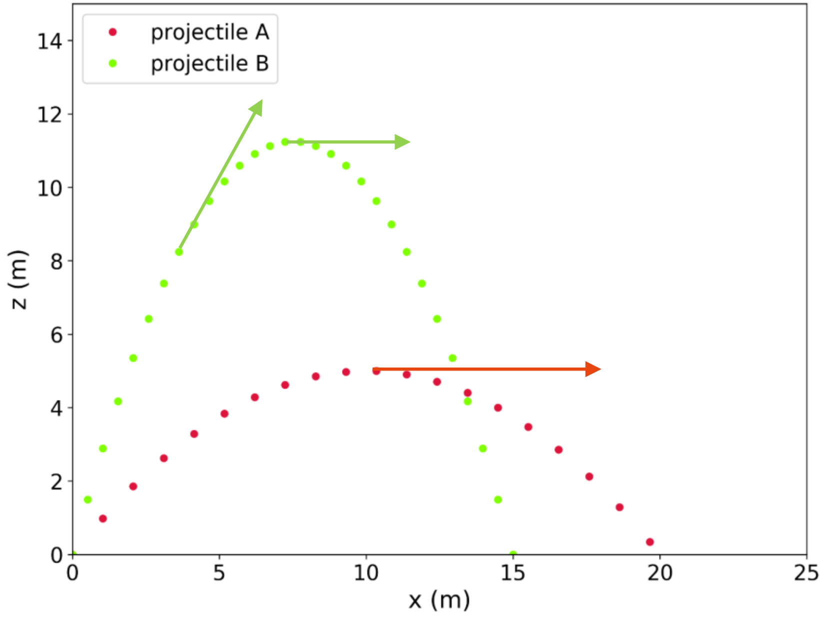


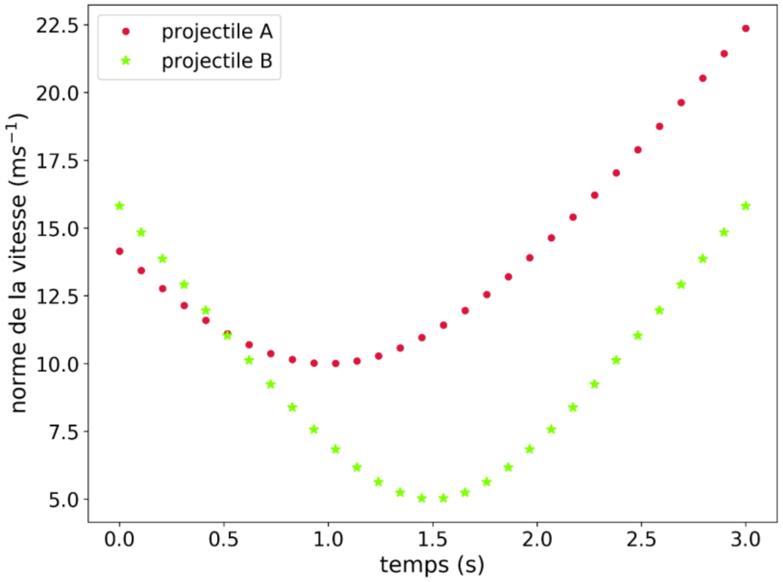
Chap. 1: Cinématique du point

La vitesse est donc un vecteur qui se construit à partir de la dérivée par rapport au temps du vecteur position

Exemple : on tire deux projectiles A et B avec des angles différents, leurs positions sont enregistrées dans le plan (zOx) et s'expriment en fonction du temps comme:

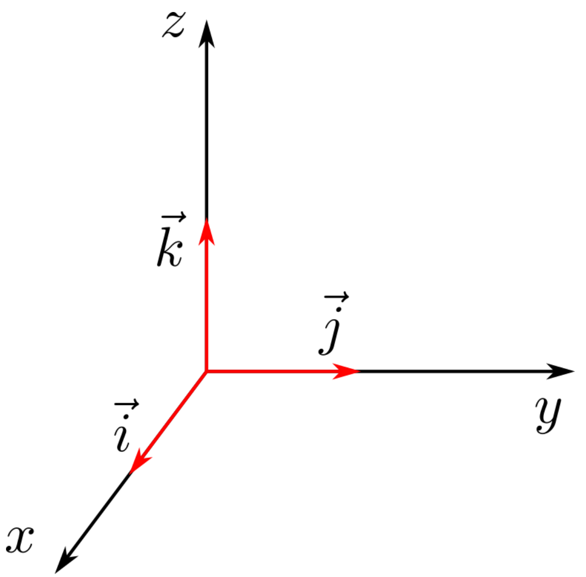
$$\vec{r}_A \begin{cases} x_A(t) = 10 \times t \\ z_A(t) = -5 \times t^2 + 10 \times t \end{cases} \quad \vec{v}_A \begin{cases} \dot{x}_A(t) = 10 \\ \dot{z}_A(t) = -10 \times t + 10 \end{cases} \quad \vec{r}_B \begin{cases} x_B(t) = 5 \times t \\ z_B(t) = -5 \times t^2 + 15 \times t \end{cases} \quad \vec{v}_B \begin{cases} \dot{x}_B(t) = 5 \\ \dot{z}_B(t) = -10 \times t + 15 \end{cases}$$





Chap. 1: Cinématique du point

L'accélération est une grandeur vectorielles construite par rapport à la dérivée de la vitesse par rapport au temps :



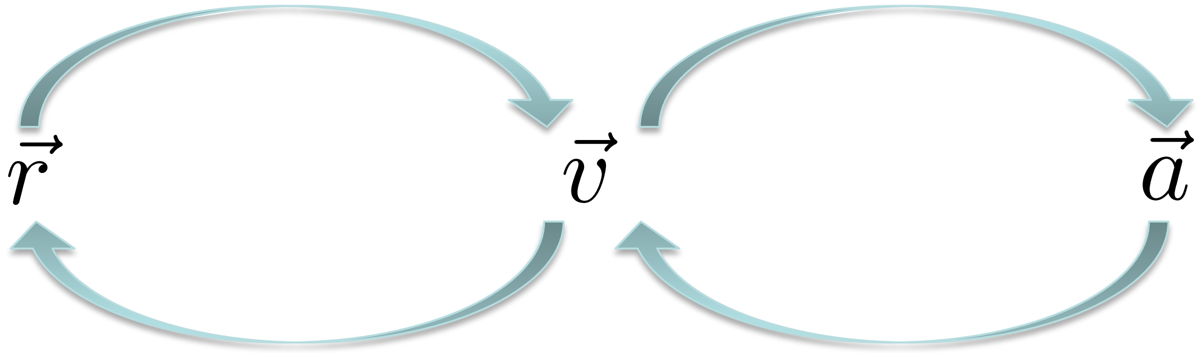
$$\vec{r}(t) = \overrightarrow{OM}(t) = x(t)\,\vec{\imath} + y(t)\vec{\jmath} + z(t)\vec{k}$$

$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{r}}{dt}(t) = \frac{dx}{dt}\vec{\imath} + \frac{dy}{dt}\vec{\jmath} + \frac{dz}{dt}\vec{k} = \dot{x}\,\vec{\imath} + \dot{y}\vec{\jmath} + \dot{z}\vec{k}$$

$$\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}}{dt}(t) = \frac{d^2x}{dt^2}\vec{\imath} + \frac{d^2y}{dt^2}\vec{\jmath} + \frac{d^2z}{dt^2}\vec{k} = \ddot{x}\vec{\imath} + \ddot{y}\vec{\jmath} + \ddot{z}\vec{k}$$

dérive / temps

dérive / temps



Il faut connaitre la position initiale

intègre /temps

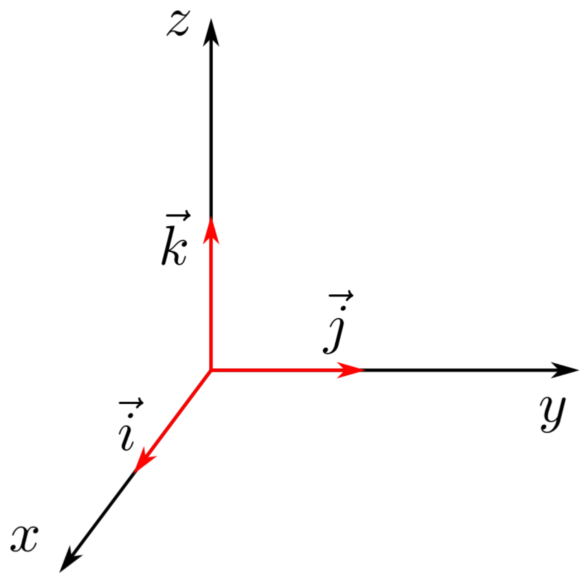
intègre /temps

Il faut connaitre la vitesse initiale

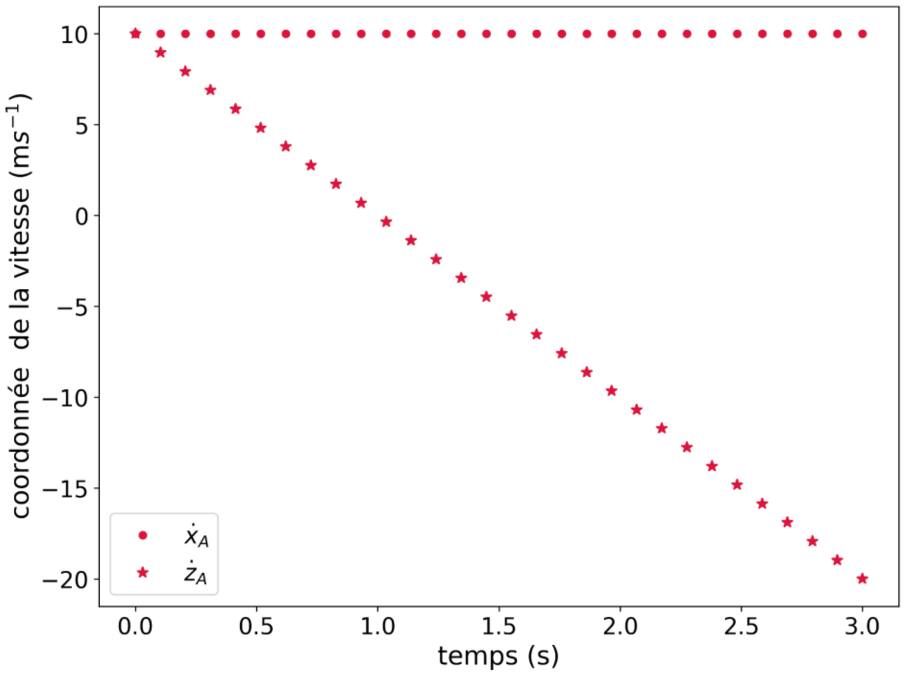
Chap. 1: Cinématique du point

L'accélération est une grandeur vectorielles construite par rapport à la dérivée de la vitesse par rapport au temps :

$$\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}}{dt}(t) = \frac{d^2x}{dt^2}\vec{\imath} + \frac{d^2y}{dt^2}\vec{\jmath} + \frac{d^2z}{dt^2}\vec{k} = \ddot{x}\vec{\imath} + \ddot{y}\vec{\jmath} + \ddot{z}\vec{k}$$



Exemple : projectile

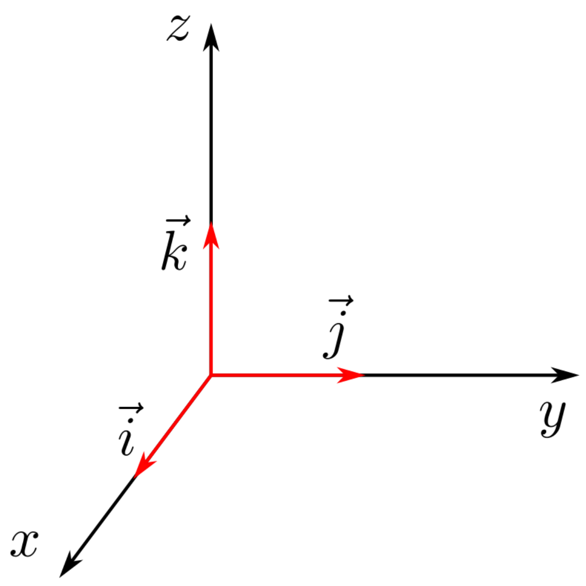


$$\vec{r}_A \begin{cases} x_A(t) = 10 \times t \\ z_A(t) = -5 \times t^2 + 10 \times t \end{cases}$$

$$\vec{v}_A \begin{cases} \dot{x}_A(t) = 10 \\ \dot{z}_A(t) = -10 \times t + 10 \end{cases}$$

$$\vec{a}_A \begin{cases} \ddot{x}_A(t) = 0 \\ \ddot{z}_A(t) = -10 \end{cases}$$

Chap. 1: Cinématique du point



- Définition de la cinématique
- Etude du point matériel
- Définition et choix d’un repère cartésien, fixe ou se déplaçant à vitesse constante (référentiel galiléen)
- Vecteurs :
  - ✓ Position
  - ✓ Vitesse (tangente à la trajectoire)
  - ✓ accélération

Savoir faire des opérations simples sur les vecteurs (additions, produit scalaire)
Bases de trigonométrie
Savoir dériver et intégrer les fonctions usuelles

Mentions légales