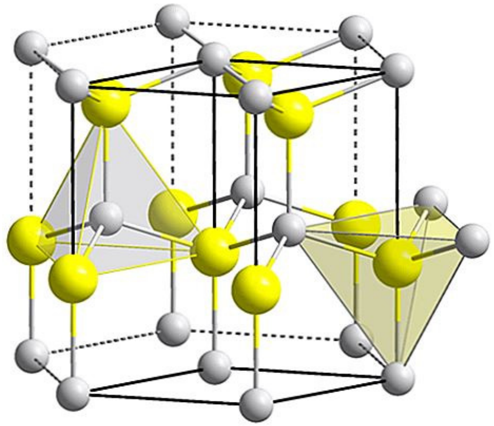
Leçon 2 – 27/02/2025

2. Mouvement dans le plan

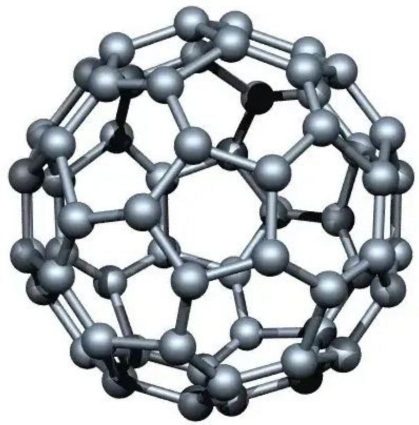
- 2.1 Matière et espace
- 2.2 Référentiel, origine, et repère fixe
- 2.3 Vecteur position $\mathbf{r}(t)$ et déplacement $\Delta\mathbf{r}(t)$
- 2.4 Vecteur vitesse $\mathbf{v}(t)$

2.1 Matière et espace

2.1.0 Préambule



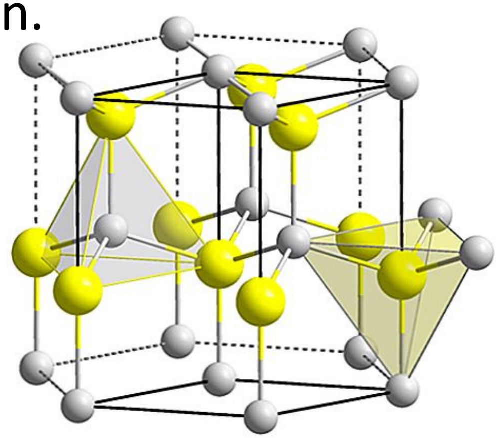
Structure hexagonale



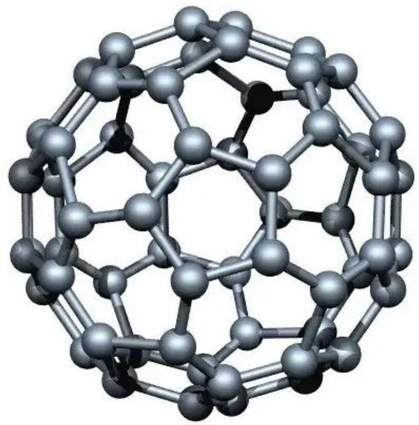
Molécule de fullerène (C_{60})

2.1.0 Préambule

La matière est faite d'atomes et de molécules. En mécanique classique, on peut considérer les molécules comme de petites billes en interaction.



Structure hexagonale

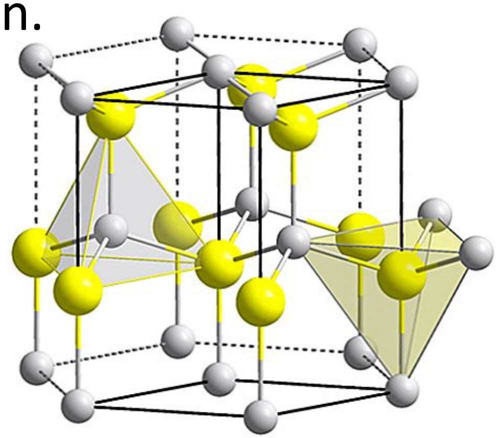


Molécule de fullerène (C_{60})

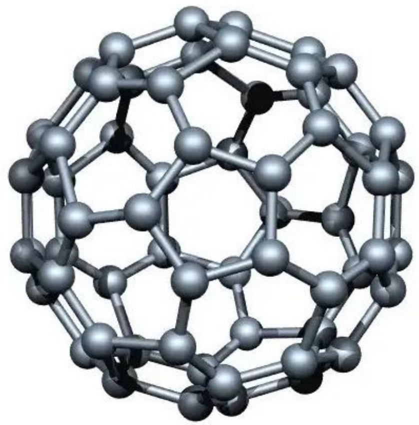
2.1.0 Préambule

La matière est faite d'atomes et de molécules. En mécanique classique, on peut considérer les molécules comme de petites billes en interaction.

- On distingue 5 états de la matière : solide, liquide, gaz, plasma et condensat de Bose-Einstein.



Structure hexagonale



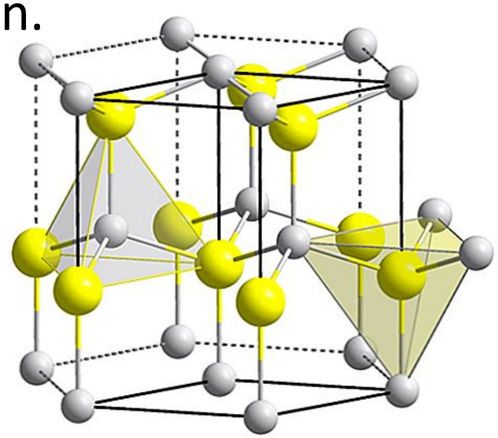
Molécule de fullerène (C_{60})

2.1.0 Préambule

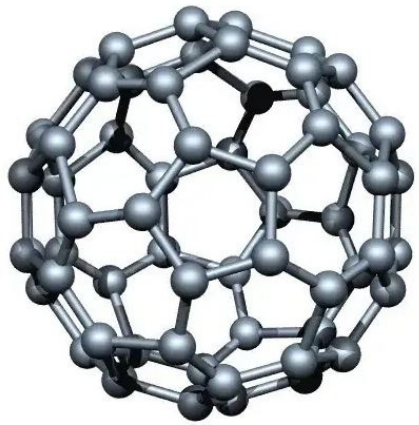
La matière est faite d'atomes et de molécules. En mécanique classique, on peut considérer les molécules comme de petites billes en interaction.

- On distingue 5 états de la matière : solide, liquide, gaz, plasma et condensat de Bose-Einstein.

- À l'échelle microscopique, on peut distinguer les atomes et les molécules.



Structure hexagonale



Molécule de fullerène (C_{60})

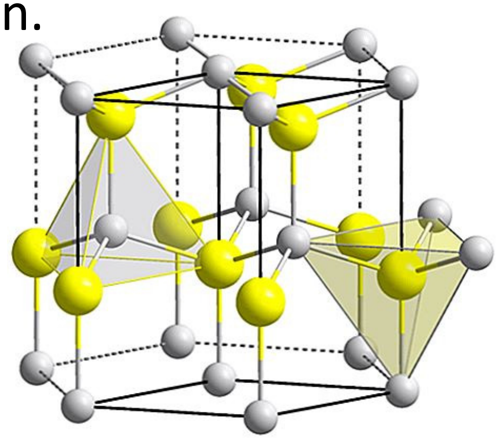
2.1.0 Préambule

La matière est faite d'atomes et de molécules. En mécanique classique, on peut considérer les molécules comme de petites billes en interaction.

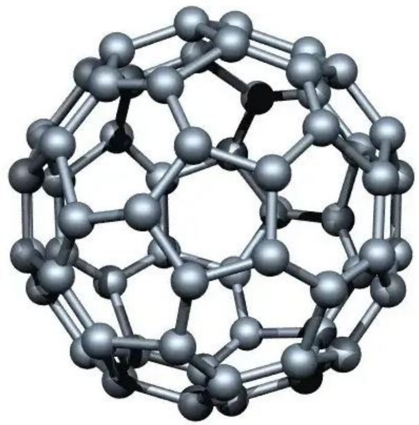
- On distingue <u>5 états</u> de la matière : solide, liquide, gaz, plasma et condensat de Bose-Einstein.

- À l'échelle microscopique, on peut distinguer les atomes et les molécules.

- À l'échelle macroscopique, les atomes et les molécules forment un continuum de matière.



Structure hexagonale

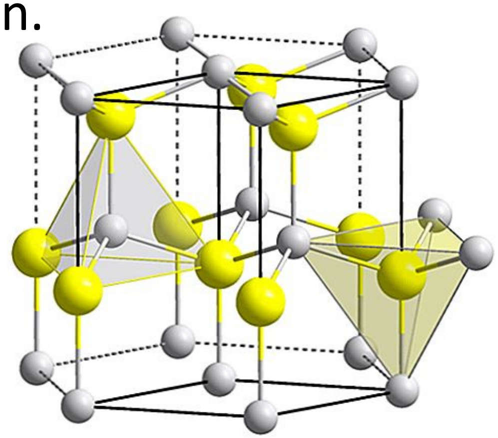


Molécule de fullerène (C_{60})

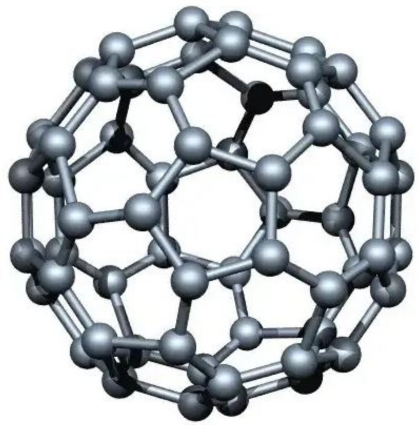
2.1.0 Préambule

La matière est faite d'atomes et de molécules. En mécanique classique, on peut considérer les molécules comme de petites billes en interaction.

- On distingue 5 états de la matière : solide, liquide, gaz, plasma et condensat de Bose-Einstein.
- À l'échelle microscopique, on peut distinguer les atomes et les molécules.
- À l'échelle macroscopique, les atomes et les molécules forment un continuum de matière.
- Un objet est un continuum de matière (cadre de ce cours).



Structure hexagonale



Molécule de fullerène (C_{60})

2.1.1 Notion de grandeurs extensives et intensives

Grandeurs extensives

Exemples :

Grandeurs intensives

Exemples :

2.1.1 Notion de grandeurs extensives et intensives

Grandeurs extensives

Grandeurs physiques qui, pour un ensemble d'objets, sont égales à la somme de leur valeur pour chaque objet.

Exemples :

Grandeurs intensives

Exemples :

2.1.1 Notion de grandeurs extensives et intensives

Grandeurs extensives

Grandeurs physiques qui, pour un ensemble d'objets, sont égales à la somme de leur valeur pour chaque objet.

Exemples :

Quantité de matière (masse), quantité de mouvement, force, volume, etc.

Grandeurs intensives

Exemples :

2.1.1 Notion de grandeurs extensives et intensives

Grandeurs extensives

Grandeurs physiques qui, pour un ensemble d'objets, sont égales à la somme de leur valeur pour chaque objet.

Exemples :

Quantité de matière (masse), quantité de mouvement, force, volume, etc.

Grandeurs intensives

Grandeurs physiques qui sont indépendantes du nombre d'objets.

Exemples :

2.1.1 Notion de grandeurs extensives et intensives

Grandeurs extensives

Grandeurs physiques qui, pour un ensemble d'objets, sont égales à la somme de leur valeur pour chaque objet.

Exemples :

Quantité de matière (masse), quantité de mouvement, force, volume, etc.

Grandeurs intensives

Grandeurs physiques qui sont indépendantes du nombre d'objets.

Exemples :

Vitesse, accélération, température, etc.

2.1.2 Notion de masse

Masse (M ou m)

Étalon de masse en platine iridié

2.1.2 Notion de masse

Masse (*M* ou *m*)

Grandeur physique caractérisant la quantité de matière d'un objet.

Étalon de masse en platine iridié

2.1.2 Notion de masse

Masse (*M* ou *m*)

Grandeur physique caractérisant la quantité de matière d'un objet.

- Grandeur extensive
- Grandeur scalaire
- Grandeur conservée (Lavoisier)
- Masse constante $\Rightarrow$ système fermé (lingot d'or)
- Masse variable $\Rightarrow$ système ouvert (fusée)
- Unité physique (SI) : le kilogramme [kg]

Étalon de masse en platine iridié

2.1.3 Notion de volume et 2.1.4 notion de masse volumique

Volume (V)

Bécher, mesure de volume

Masse volumique (ρ)

Iceberg

$\rho_{glace} < \rho_{eau}$

2.1.3 Notion de volume et 2.1.4 notion de masse volumique

Volume (V)

Grandeur physique scalaire et extensive caractérisant la portion de l'espace occupée par un objet.

Bécher, mesure de volume

Masse volumique (ρ)

Iceberg

$\rho_{glace} < \rho_{eau}$

2.1.3 Notion de volume et 2.1.4 notion de masse volumique

Volume (*V*)

Grandeur physique scalaire et extensive caractérisant la portion de l'espace occupée par un objet.

- Unité physique (SI) : le mètre cube [m^3]

Bécher, mesure de volume

Masse volumique (ρ)

Iceberg

$\rho_{glace} < \rho_{eau}$

2.1.3 Notion de volume et 2.1.4 notion de masse volumique

Volume (V)

Grandeur physique scalaire et extensive caractérisant la portion de l'espace occupée par un objet.

Bécher, mesure de volume

- Unité physique (SI) : le mètre cube [m^3]

Masse volumique (ρ)

Grandeur physique scalaire définie comme le rapport de la masse m et du volume V :

Iceberg

$\rho_{glace} < \rho_{eau}$

2.1.3 Notion de volume et 2.1.4 notion de masse volumique

Volume (V)

Grandeur physique scalaire et extensive caractérisant la portion de l'espace occupée par un objet.

Bécher, mesure de volume

- Unité physique (SI) : le mètre cube [m^3]

Masse volumique (ρ)

Grandeur physique scalaire définie comme le rapport de la masse m et du volume V :

$$\boxed{\rho = \frac{m}{V} \quad (2.1)}$$

Iceberg

$\rho_{glace} < \rho_{eau}$

2.1.3 Notion de volume et 2.1.4 notion de masse volumique

Volume (*V*)

Grandeur physique scalaire et extensive caractérisant la portion de l'espace occupée par un objet.

- Unité physique (SI) : le mètre cube [m^3]

Bécher, mesure de volume

Masse volumique (ρ)

Grandeur physique scalaire définie comme le rapport de la masse m et du volume V :

$$\boxed{\rho = \frac{m}{V} \quad (2.1)}$$

- Unité physique (SI) : le kilogramme par mètre cube [$kg.m^{-3}$]

Iceberg

$\rho_{glace} < \rho_{eau}$

2.1.3 Notion de volume et 2.1.4 notion de masse volumique

Volume (V)

Grandeur physique scalaire et extensive caractérisant la portion de l'espace occupée par un objet.

- Unité physique (SI) : le mètre cube [m^3]

Bécher, mesure de volume

Masse volumique (ρ)

Grandeur physique scalaire définie comme le rapport de la masse m et du volume V :

$$\boxed{\rho = \frac{m}{V} \quad (2.1)}$$

- Unité physique (SI) : le kilogramme par mètre cube [$kg.m^{-3}$]
- Grandeur qui caractérise un matériau donné.

Iceberg

$\rho_{glace} < \rho_{eau}$

2.1.3 Notion de volume et 2.1.4 notion de masse volumique

Volume (*V*)

Grandeur physique scalaire et extensive caractérisant la portion de l'espace occupée par un objet.

- Unité physique (SI) : le mètre cube [m^3]

Bécher, mesure de volume

Masse volumique (ρ)

Grandeur physique scalaire définie comme le rapport de la masse *m* et du volume *V* :

$$\boxed{\rho = \frac{m}{V} \quad (2.1)}$$

- Unité physique (SI) : le kilogramme par mètre cube [$kg.m^{-3}$]
- Grandeur qui caractérise un matériau donné.

$$\rho_{\mathrm{eau}} = \frac{1\,\mathrm{kg}}{\mathrm{l}} = \frac{10^3\,\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}\,;\ \rho_{\mathrm{glace}} = \frac{0.9\,\mathrm{kg}}{\mathrm{l}} = \frac{900\,\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$$

Iceberg

$\rho_{\mathrm{glace}} < \rho_{\mathrm{eau}}$

Homogénéité vs inhomogénéité et 2.1.5 notion de densité

Homogénéité

Inhomogénéité

Densité (*d*)

Homogénéité vs inhomogénéité et 2.1.5 notion de densité

Homogénéité

Un objet est dit homogène si sa masse volumique reste la même partout (par exemple un manche en bois).

Inhomogénéité

Densité (*d*)

Homogénéité vs inhomogénéité et 2.1.5 notion de densité

Homogénéité

Un objet est dit homogène si sa masse volumique reste la même partout (par exemple un manche en bois).

Inhomogénéité

Un objet est dit inhomogène si sa masse volumique varie en fonction de la position (par exemple un marteau avec un manche en bois et une tête en fer).

Densité (*d*)

Homogénéité vs inhomogénéité et 2.1.5 notion de densité

Homogénéité

Un objet est dit homogène si sa masse volumique reste la même partout (par exemple un manche en bois).

Inhomogénéité

Un objet est dit inhomogène si sa masse volumique varie en fonction de la position (par exemple un marteau avec un manche en bois et une tête en fer).

Densité (*d*)

Nombre sans dimension physique défini comme le rapport entre la masse volumique de l'objet et celle de l'eau.

Homogénéité vs inhomogénéité et 2.1.5 notion de densité

Homogénéité

Un objet est dit homogène si sa masse volumique reste la même partout (par exemple un manche en bois).

Inhomogénéité

Un objet est dit inhomogène si sa masse volumique varie en fonction de la position (par exemple un marteau avec un manche en bois et une tête en fer).

Densité (*d*)

Nombre sans dimension physique défini comme le rapport entre la masse volumique de l'objet et celle de l'eau.

$$\boxed{d = \frac{\rho}{\rho_{\mathrm{eau}}} \quad (2.2)}$$

Homogénéité vs inhomogénéité et 2.1.5 notion de densité

Homogénéité

Un objet est dit homogène si sa masse volumique reste la même partout (par exemple un manche en bois).

Inhomogénéité

Un objet est dit inhomogène si sa masse volumique varie en fonction de la position (par exemple un marteau avec un manche en bois et une tête en fer).

Densité (*d*)

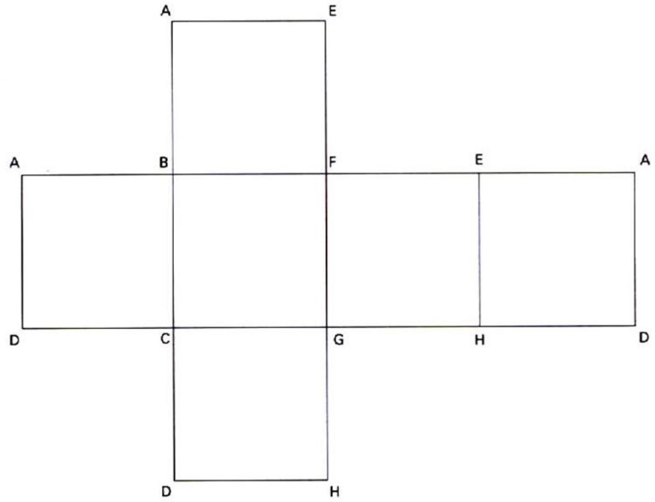
Nombre sans dimension physique défini comme le rapport entre la masse volumique de l'objet et celle de l'eau.

$$\boxed{d = \frac{\rho}{\rho_{\text{eau}}} \quad (2.2)}$$

$d_{\text{eau}} = 1$; $d_{\text{glace}} = 0.9$; $d_{\text{huile}} = 0.92$

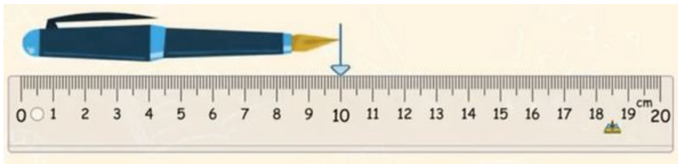
2.1.6 Surface et 2.1.7 longueur

Surface (S, σ)



Surface dépliée d'un cube/dé

Longueur (l, x, r, s, d, L)

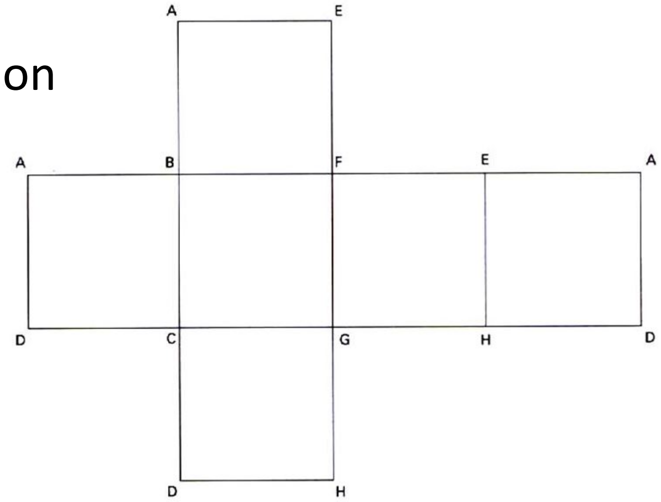


Stylo de longueur donnée

2.1.6 Surface et 2.1.7 longueur

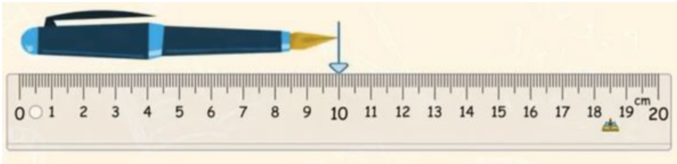
Surface (*S*, *σ*)

Grandeur physique scalaire et extensive caractérisant une portion de l'espace à deux dimensions.



Surface dépliée d'un cube/dé

Longueur (*l*, *x*, *r*, *s*, *d*, *L*)



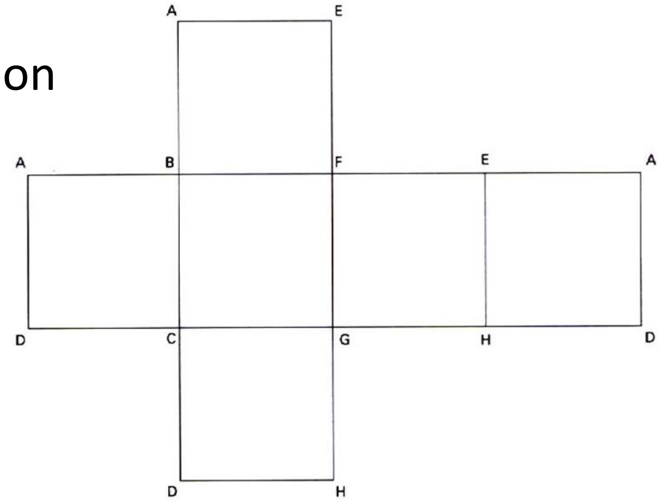
Stylo de longueur donnée

2.1.6 *Surface et 2.1.7 longueur*

Surface (S, σ)

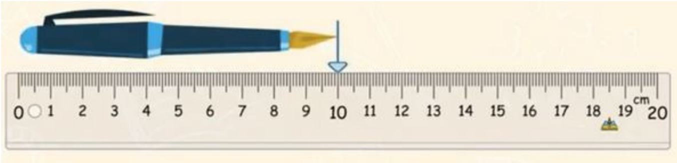
Grandeur physique scalaire et extensive caractérisant une portion de l'espace à deux dimensions.

- Unité physique (SI) : le mètre carré [m^2]



Surface dépliée d'un cube/dé

Longueur (l, x, r, s, d, L)

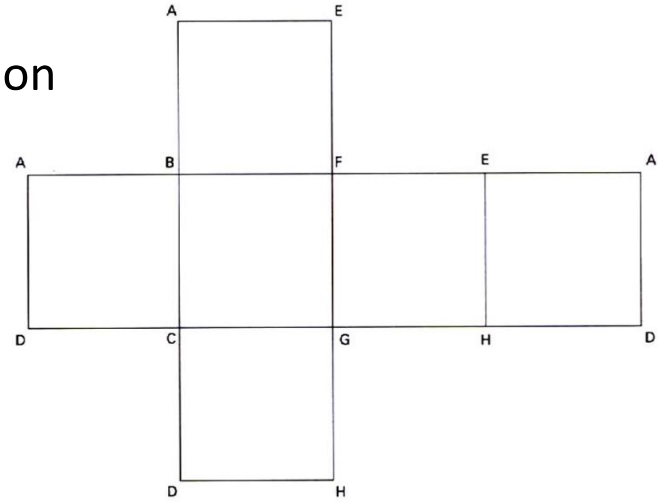


Stylo de longueur donnée

2.1.6 Surface et 2.1.7 longueur

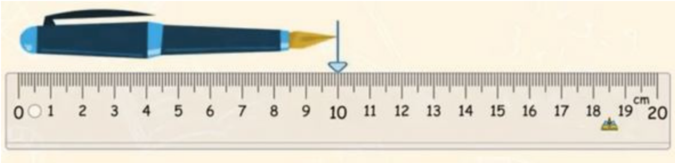
Surface (*S*, *σ*)
Grandeur physique scalaire et extensive caractérisant une portion de l'espace à deux dimensions.

- Unité physique (SI) : le mètre carré [m^2]



Surface dépliée d'un cube/dé

Longueur (*l*, *x*, *r*, *s*, *d*, *L*)
Grandeur physique scalaire et extensive caractérisant une portion de l'espace à une dimension.



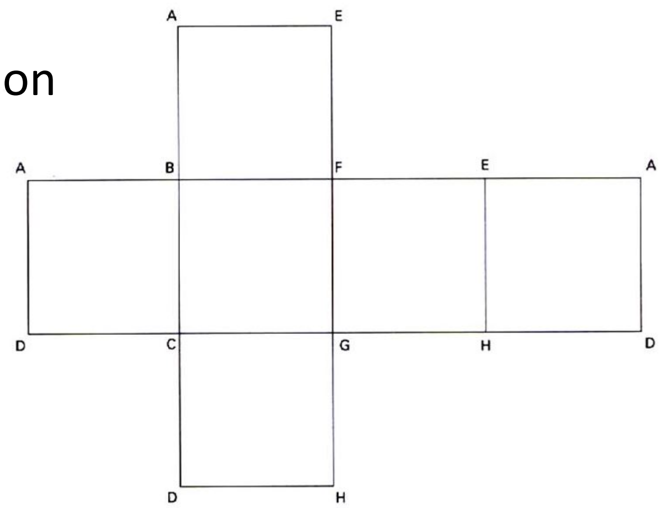
Stylo de longueur donnée

2.1.6 Surface et 2.1.7 longueur

Surface (S, σ)

Grandeur physique scalaire et extensive caractérisant une portion de l'espace à deux dimensions.

- Unité physique (SI) : le mètre carré [m^2]

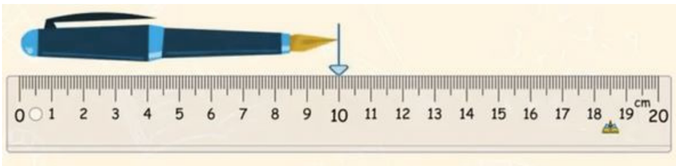


Surface dépliée d'un cube/dé

Longueur (l, x, r, s, d, L)

Grandeur physique scalaire et extensive caractérisant une portion de l'espace à une dimension.

- Unité physique (SI) : le mètre [m]

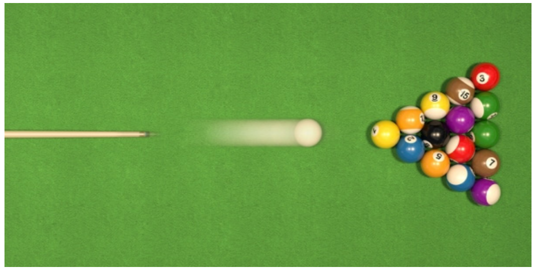


Stylo de longueur donnée

2.2 Référentiel, origine, et repère fixe

2.2.1 Point matériel et 2.2.2 référentiel

Point matériel



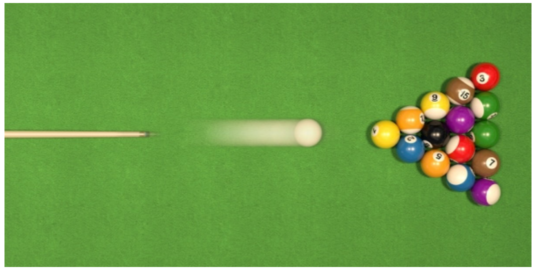
Référentiel

Exemples :

2.2.1 Point matériel et 2.2.2 référentiel

Point matériel

Représentation d'un objet par un point auquel on associe toute la matière (masse) de l'objet.



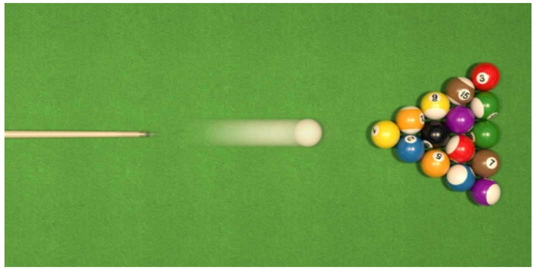
Référentiel

Exemples :

2.2.1 Point matériel et 2.2.2 référentiel

Point matériel

Représentation d'un objet par un point auquel on associe toute la matière (masse) de l'objet.



- Modèle : idéalisation de la réalité
- Limite : pas de mouvement de rotation propre
- Erreurs : (i) qualitative et (ii) quantitative

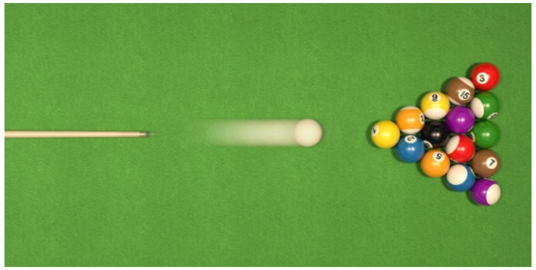
Référentiel

Exemples :

2.2.1 Point matériel et 2.2.2 référentiel

Point matériel

Représentation d'un objet par un point auquel on associe toute la matière (masse) de l'objet.



- Modèle : idéalisation de la réalité
- Limite : pas de mouvement de rotation propre
- Erreurs : (i) qualitative et (ii) quantitative

Référentiel

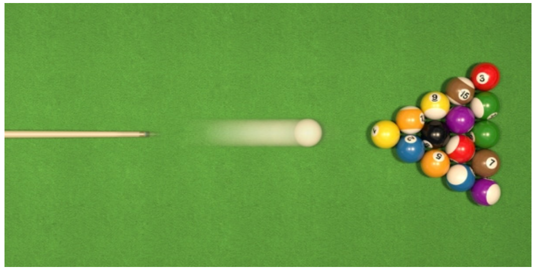
Objet physique indéformable de référence par rapport auquel on décrit le mouvement.

Exemples :

2.2.1 Point matériel et 2.2.2 référentiel

Point matériel

Représentation d'un objet par un point auquel on associe toute la matière (masse) de l'objet.



- Modèle : idéalisation de la réalité
- Limite : pas de mouvement de rotation propre
- Erreurs : (i) qualitative et (ii) quantitative

Référentiel

Objet physique indéformable de référence par rapport auquel on décrit le mouvement.

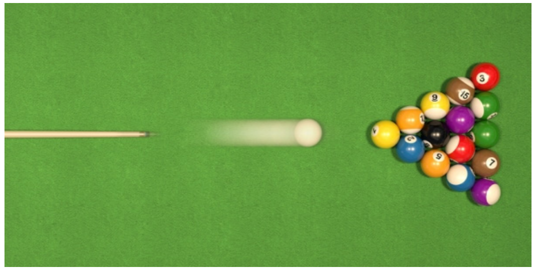
Exemples :

Terre, bateau, système solaire, etc.

2.2.1 Point matériel et 2.2.2 référentiel

Point matériel

Représentation d'un objet par un point auquel on associe toute la matière (masse) de l'objet.



- Modèle : idéalisation de la réalité
- Limite : pas de mouvement de rotation propre
- Erreurs : (i) qualitative et (ii) quantitative

Référentiel

Objet physique indéformable de référence par rapport auquel on décrit le mouvement.

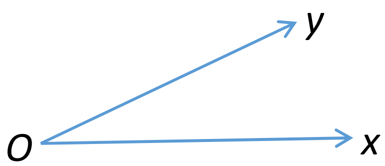
Exemples :

Terre, bateau, système solaire, etc.

Ensemble de N points matériels ($N \geq 4$) non coplanaires et fixes les uns par rapport aux autres.

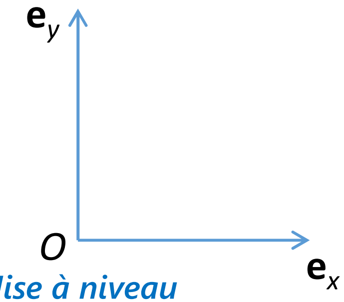
2.2.3 Repère

Repère

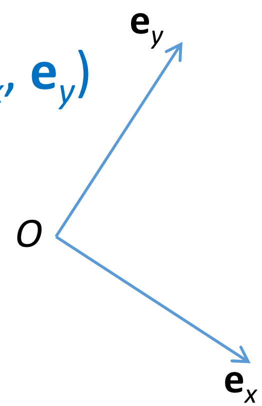


Repère quelconque (O, **x**, **y**)

Repère horizontal-vertical (O, $\mathbf{e}_x$, $\mathbf{e}_y$)



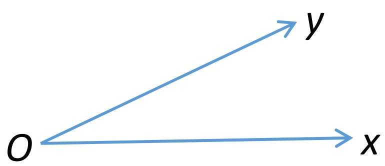
Repère oblique (O, $\mathbf{e}_x$, $\mathbf{e}_y$)



2.2.3 Repère

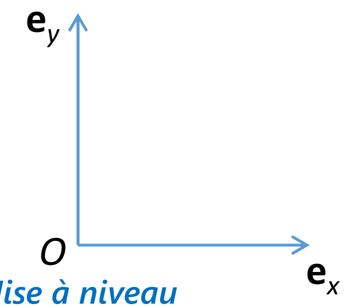
Repère

Un repère est une entité géométrique. Dans le plan, i.e., dans un espace à deux dimensions, un repère est constitué de deux vecteurs linéairement indépendants (i.e., non colinéaires) attachés à un point appelé l'origine O.

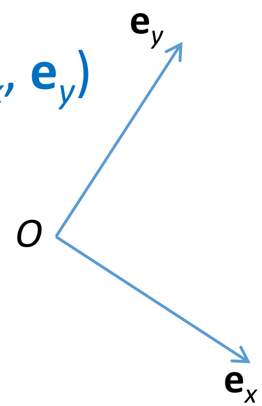


Repère quelconque $(O, \mathbf{x}, \mathbf{y})$

Repère horizontal-vertical $(O, \mathbf{e}_x, \mathbf{e}_y)$



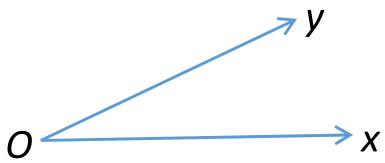
Repère oblique $(O, \mathbf{e}_x, \mathbf{e}_y)$



2.2.3 Repère

Repère

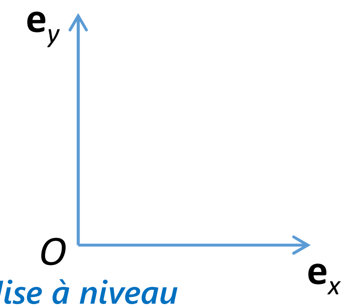
Un repère est une entité géométrique. Dans le plan, i.e., dans un espace à deux dimensions, un repère est constitué de deux vecteurs linéairement indépendants (i.e., non colinéaires) attachés à un point appelé l'origine *O*.



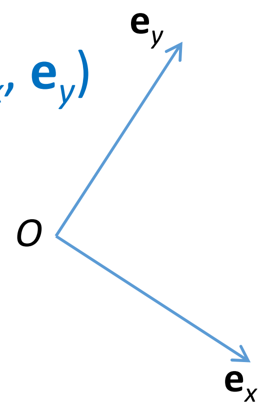
Repère quelconque (O, $\mathbf{x}$, $\mathbf{y}$)

Un repère est dit orthonormé ssi les vecteurs de base $\mathbf{e}_x$ et $\mathbf{e}_y$ sont orthogonaux ($\mathbf{e}_x \perp \mathbf{e}_y$) et unitaires ($\|\mathbf{e}_x\| = \|\mathbf{e}_y\| = 1$).

Repère horizontal-vertical (O, $\mathbf{e}_x$, $\mathbf{e}_y$)



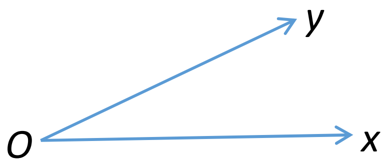
Repère oblique (O, $\mathbf{e}_x$, $\mathbf{e}_y$)



2.2.3 Repère

Repère

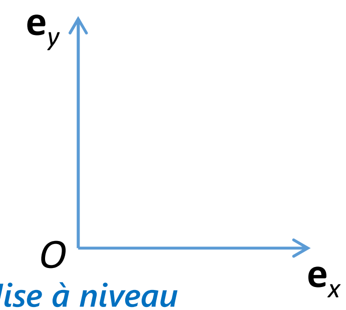
Un <u>repère</u> est une <u>entité géométrique</u>. Dans le plan, i.e., dans un espace à deux dimensions, un repère est constitué de deux vecteurs linéairement indépendants (i.e., non colinéaires) attachés à un point appelé l'<u>origine</u> O.



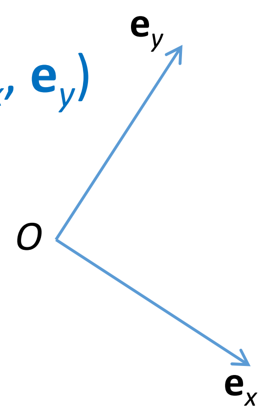
Repère quelconque (O, $\mathbf{x}$, $\mathbf{y}$)

Un repère est dit orthonormé ssi les vecteurs de base $\mathbf{e}_x$ et $\mathbf{e}_y$ sont orthogonaux ($\mathbf{e}_x \perp \mathbf{e}_y$) et unitaires ($\|\mathbf{e}_x\| = \|\mathbf{e}_y\| = 1$).

Repère horizontal-vertical (O, $\mathbf{e}_x$, $\mathbf{e}_y$)



Repère oblique (O, $\mathbf{e}_x$, $\mathbf{e}_y$)

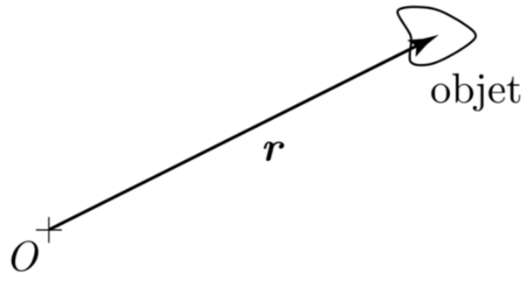


! Référentiel (physique : réel) $\Leftrightarrow$ repère (géométrique : virtuel)

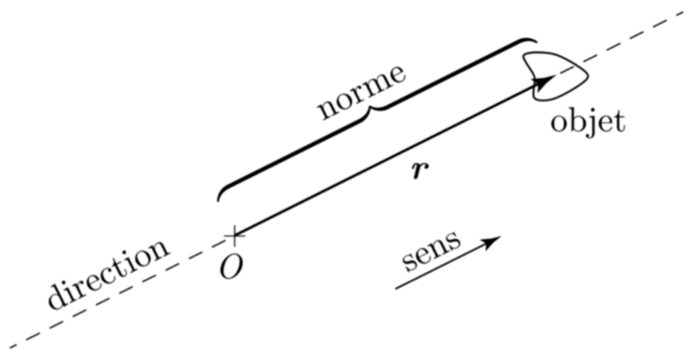
2.3 Vecteur position et déplacement

2.3.1 Vecteur position

Vecteur position



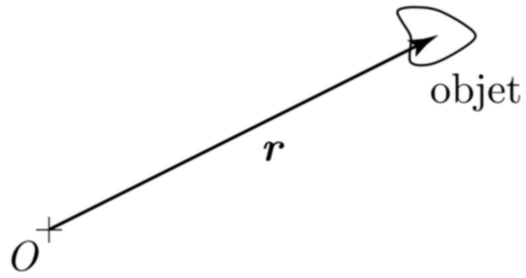
Vecteur:



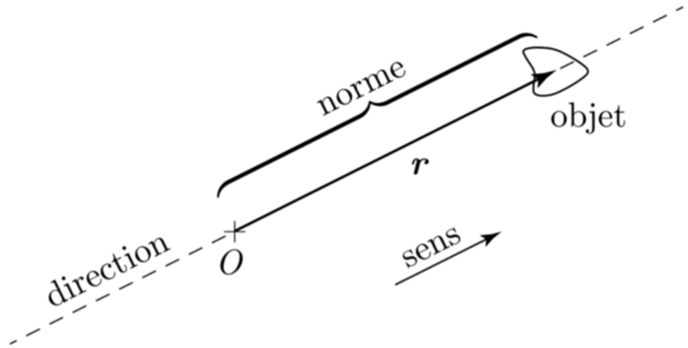
2.3.1 Vecteur position

Vecteur position

La position d’un objet (point matériel) dans le référentiel est donnée par le vecteur position **r**.



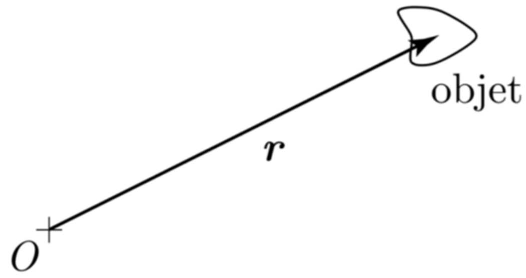
Vecteur:



2.3.1 Vecteur position

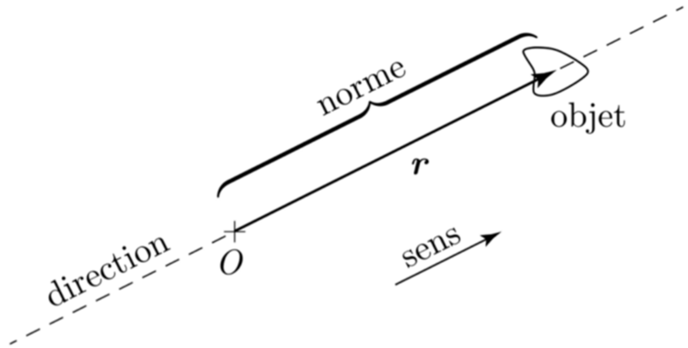
Vecteur position

La position d'un objet (point matériel) dans le référentiel est donnée par le vecteur position **r**.



- Unité physique (SI) : le mètre [m]

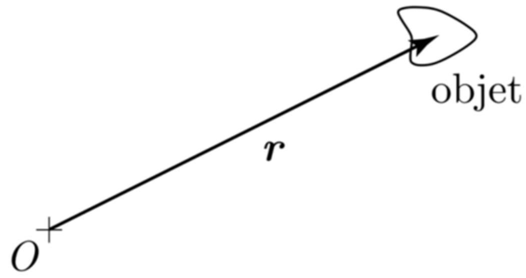
Vecteur:



2.3.1 Vecteur position

Vecteur position

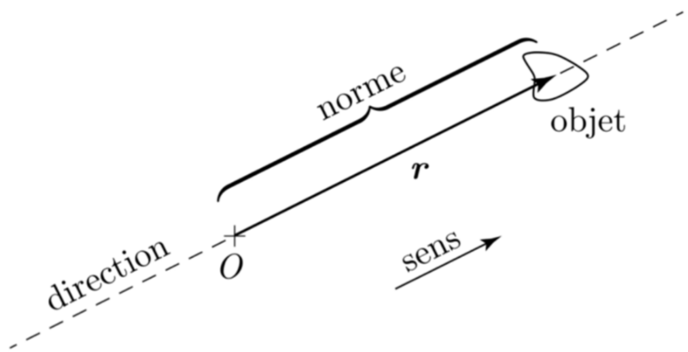
La position d'un objet (point matériel) dans le référentiel est donnée par le vecteur position **r**.



- Unité physique (SI) : le mètre [m]

Vecteur:

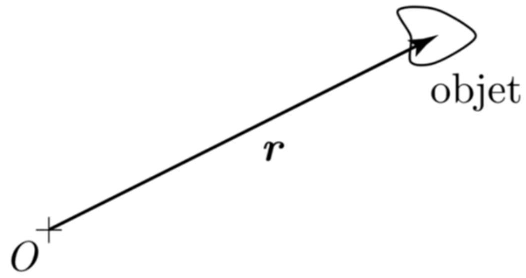
Un vecteur possède une direction, un sens, et une norme. On le note par un symbole surmonté d'une flèche (écriture manuscrite) ou en gras (caractère d'imprimerie).



2.3.1 Vecteur position

Vecteur position

La position d'un objet (point matériel) dans le référentiel est donnée par le vecteur position **r**.

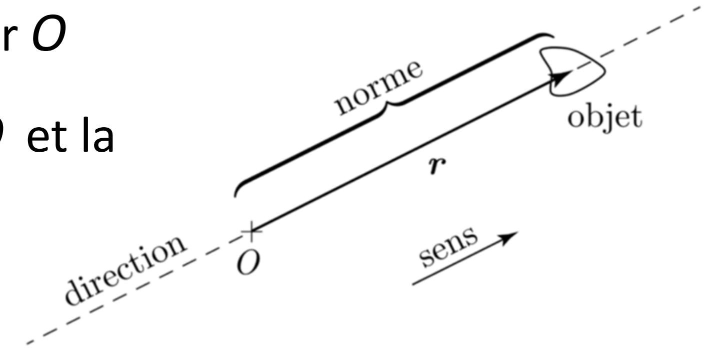


- Unité physique (SI) : le mètre [m]

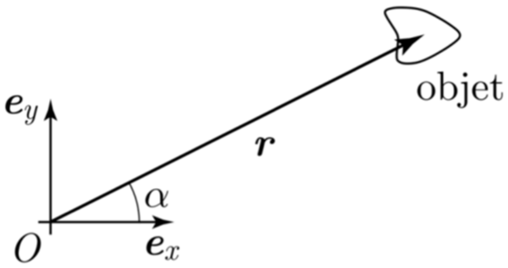
Vecteur:

Un vecteur possède une direction, un sens, et une norme. On le note par un symbole surmonté d'une flèche (écriture manuscrite) ou en gras (caractère d'imprimerie).

Pour le vecteur position **r**, la <u>direction</u> est la droite passant par *O* et l'objet, le <u>sens</u> est donné par le regard vers l'objet depuis *O* et la <u>norme</u> par la distance de l'objet à *O*.



2.3.1 *Vecteur position et 2.3.2 notion de temps*

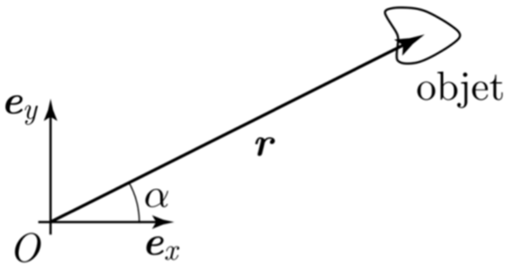


Temps (*t* ou *T*)

Horloge : mesure du temps

2.3.1 Vecteur position et 2.3.2 notion de temps

Le vecteur position **r** peut être décomposé dans le repère orthonormé (O, $\mathbf{e}_x$, $\mathbf{e}_y$).

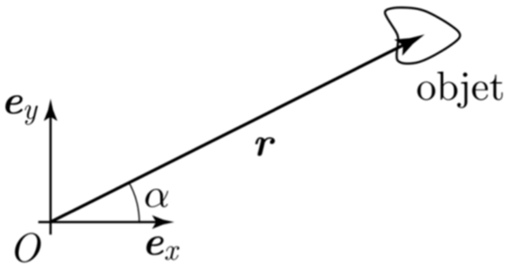


Temps (*t* ou *T*)

Horloge : mesure du temps

2.3.1 Vecteur position et 2.3.2 notion de temps

Le vecteur position **r** peut être décomposé dans le repère orthonormé (O, $\mathbf{e}_x$, $\mathbf{e}_y$).



Vecteur position **r** :

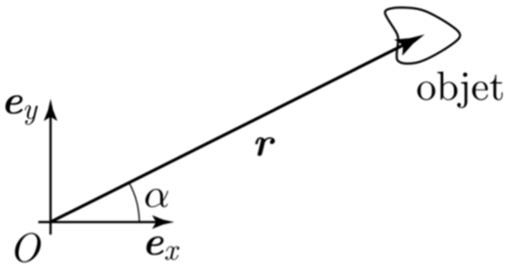
$$\boxed{\begin{aligned} &\mathbf{r} = x\mathbf{e}_x + y\mathbf{e}_y = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r\cos\alpha \\ r\sin\alpha \end{pmatrix} \quad (2.3) \\ &\text{où } \; r = \|\mathbf{r}\| = \sqrt{x^2 + y^2} \end{aligned}}$$

Temps (*t* ou *T*)

Horloge : mesure du temps

2.3.1 Vecteur position et 2.3.2 notion de temps

Le vecteur position **r** peut être décomposé dans le repère orthonormé (O, $\mathbf{e}_x$, $\mathbf{e}_y$).



Vecteur position **r** :

$$\boxed{\begin{array}{l} \mathbf{r} = x\mathbf{e}_x + y\mathbf{e}_y = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r\cos\alpha \\ r\sin\alpha \end{pmatrix} \quad (2.3) \\ \text{où } r = \|\mathbf{r}\| = \sqrt{x^2 + y^2} \end{array}}$$

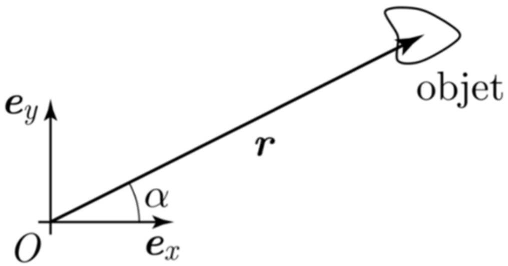
et x et y sont les <u>composantes</u> de **r** dans le repère orthonormé (O, $\mathbf{e}_x$, $\mathbf{e}_y$).

Temps (*t* ou *T*)

Horloge : mesure du temps

2.3.1 Vecteur position et 2.3.2 notion de temps

Le vecteur position $\mathbf{r}$ peut être décomposé dans le repère orthonormé $(O, \mathbf{e}_x, \mathbf{e}_y)$.



Vecteur position $\mathbf{r}$:

$$\boxed{\mathbf{r} = x\mathbf{e}_x + y\mathbf{e}_y = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r\cos\alpha \\ r\sin\alpha \end{pmatrix} \quad (2.3) \\ \text{où } r = \|\mathbf{r}\| = \sqrt{x^2 + y^2}}$$

et x et y sont les <u>composantes</u> de $\mathbf{r}$ dans le repère orthonormé $(O, \mathbf{e}_x, \mathbf{e}_y)$.

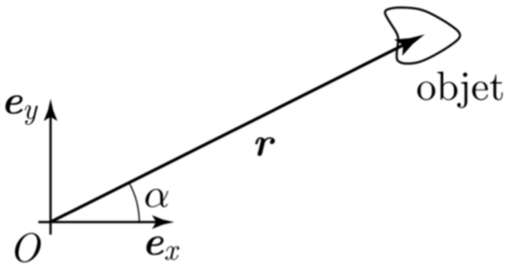
Comme l'objet peut se déplacer au cours du temps, sa position peut changer.

Temps (t ou T)

Horloge : mesure du temps

2.3.1 Vecteur position et 2.3.2 notion de temps

Le vecteur position **r** peut être décomposé dans le repère orthonormé (O, $\mathbf{e}_x$, $\mathbf{e}_y$).



Vecteur position **r** :

$$\boxed{\begin{array}{l} \mathbf{r} = x\mathbf{e}_x + y\mathbf{e}_y = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r\cos\alpha \\ r\sin\alpha \end{pmatrix} \quad (2.3) \\ \text{où } r = \|\mathbf{r}\| = \sqrt{x^2 + y^2} \end{array}}$$

et x et y sont les <u>composantes</u> de **r** dans le repère orthonormé (O, $\mathbf{e}_x$, $\mathbf{e}_y$).

Comme l'objet peut se déplacer au cours du temps, sa position peut changer.

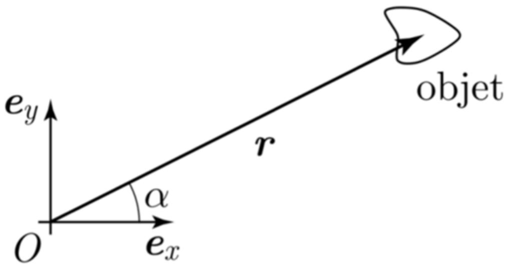
Temps (*t* ou *T*)

Grandeur scalaire qui décrit l'évolution d'un système physique.

Horloge : mesure du temps

2.3.1 Vecteur position et 2.3.2 notion de temps

Le vecteur position $\mathbf{r}$ peut être décomposé dans le repère orthonormé $(O, \mathbf{e}_x, \mathbf{e}_y)$.



Vecteur position $\mathbf{r}$:

$$\boxed{\begin{array}{l} \mathbf{r} = x\mathbf{e}_x + y\mathbf{e}_y = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r\cos\alpha \\ r\sin\alpha \end{pmatrix} \quad (2.3) \\ \text{où } r = \|\mathbf{r}\| = \sqrt{x^2 + y^2} \end{array}}$$

et x et y sont les <u>composantes</u> de $\mathbf{r}$ dans le repère orthonormé $(O, \mathbf{e}_x, \mathbf{e}_y)$.

Comme l'objet peut se déplacer au cours du temps, sa position peut changer.

Temps (t ou T)

Grandeur scalaire qui décrit l'évolution d'un système physique.

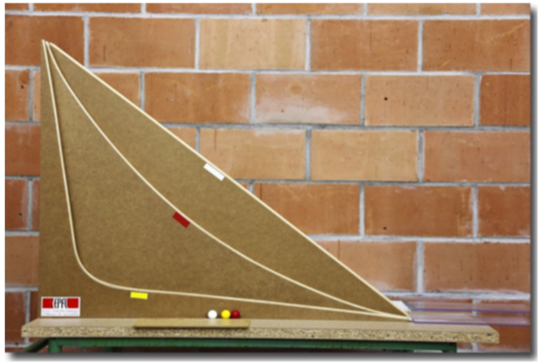
- Unité physique (SI) : la seconde [s]

Horloge : mesure du temps

2.3.2 Notion de temps

Exemples :

Expérience :

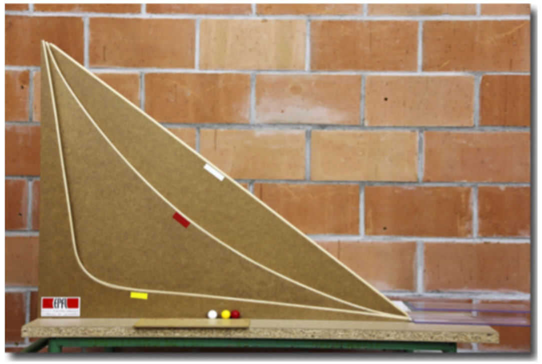


2.3.2 Notion de temps

Comme un objet se déplace au cours du temps, son vecteur position est une fonction du temps : $\mathbf{r} \equiv \mathbf{r}(t)$.

Exemples :

Expérience :



2.3.2 Notion de temps

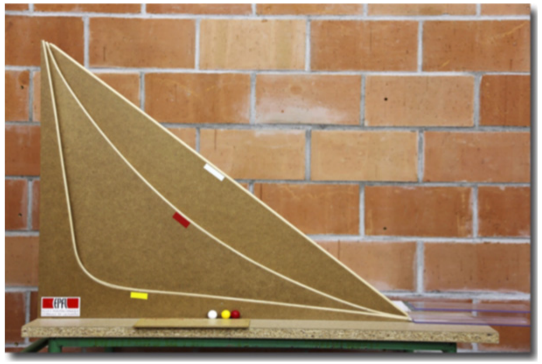
Comme un objet se déplace au cours du temps, son vecteur position est une fonction du temps : $\mathbf{r} \equiv \mathbf{r}(t)$.

Vecteur position à l'instant t :

$$\boxed{\mathbf{r} = x(t)\,\mathbf{e}_x + y(t)\,\mathbf{e}_y = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r(t)\cos(\alpha(t)) \\ r(t)\sin(\alpha(t)) \end{pmatrix} \quad (2.4)}$$

Exemples :

Expérience :



2.3.2 Notion de temps

Comme un objet se déplace au cours du temps, son vecteur position est une fonction du temps : $\mathbf{r} \equiv \mathbf{r}(t)$.

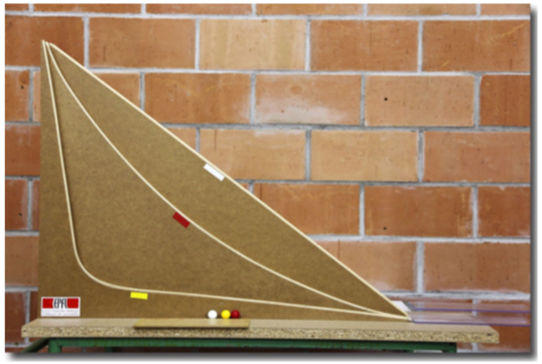
Vecteur position à l'instant t :

$$\boxed{\mathbf{r} = x(t)\,\mathbf{e}_x + y(t)\,\mathbf{e}_y = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r(t)\cos(\alpha(t)) \\ r(t)\sin(\alpha(t)) \end{pmatrix} \quad (2.4)}$$

Exemples :

Horaires de train (où?, quand?); GPS

Expérience :



2.3.2 Notion de temps

Comme un objet se déplace au cours du temps, son vecteur position est une fonction du temps : $\mathbf{r} \equiv \mathbf{r}(t)$.

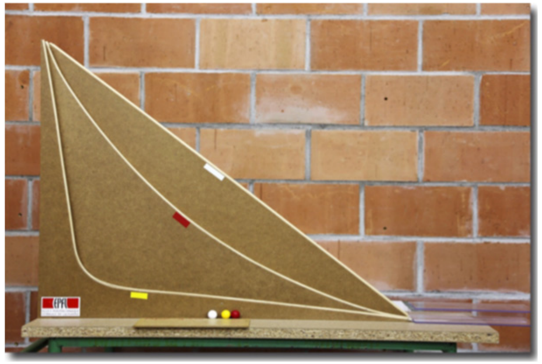
Vecteur position à l'instant t :

$$\boxed{\mathbf{r} = x(t)\mathbf{e}_x + y(t)\mathbf{e}_y = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r(t)\cos(\alpha(t)) \\ r(t)\sin(\alpha(t)) \end{pmatrix} \quad (2.4)}$$

Exemples :

Horaires de train (où?, quand?); GPS

Expérience : Brachistochrone



2.3.2 Notion de temps

Comme un objet se déplace au cours du temps, son vecteur position est une fonction du temps : $\mathbf{r} \equiv \mathbf{r}(t)$.

Vecteur position à l'instant t :

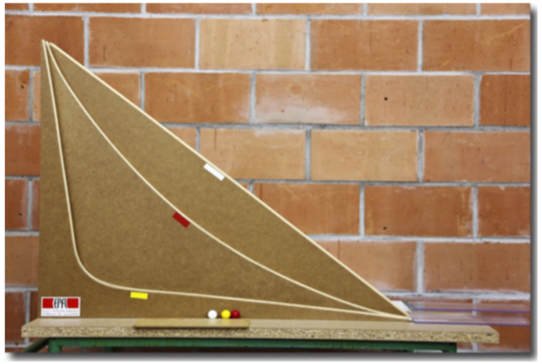
$$\boxed{\mathbf{r} = x(t)\mathbf{e}_x + y(t)\mathbf{e}_y = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r(t)\cos(\alpha(t)) \\ r(t)\sin(\alpha(t)) \end{pmatrix} \quad (2.4)}$$

Exemples :

Horaires de train (où?, quand?); GPS

Expérience : Brachistochrone

Les trois billes ont un vecteur position $\mathbf{r}(t)$.



2.3.2 Notion de temps

Comme un objet se déplace au cours du temps, son vecteur position est une fonction du temps : $\mathbf{r} \equiv \mathbf{r}(t)$.

Vecteur position à l'instant t :

$$\boxed{\mathbf{r} = x(t)\mathbf{e}_x + y(t)\mathbf{e}_y = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r(t)\cos(\alpha(t)) \\ r(t)\sin(\alpha(t)) \end{pmatrix} \quad (2.4)}$$

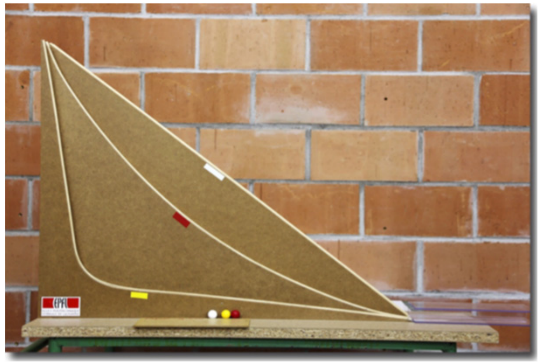
Exemples :

Horaires de train (où?, quand?); GPS

Expérience : Brachistochrone

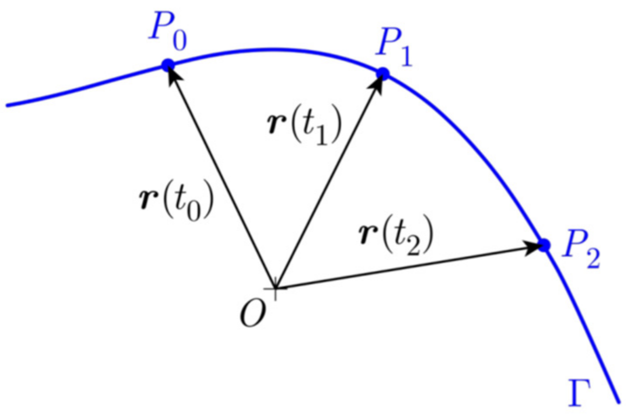
Les trois billes ont un vecteur position $\mathbf{r}(t)$.

La bille rouge est la plus rapide. Son vecteur position suit une courbe dite brachistochrone (du grec « brakhistos » signifiant le plus court).



2.3.3 Notion de trajectoire

Trajectoire

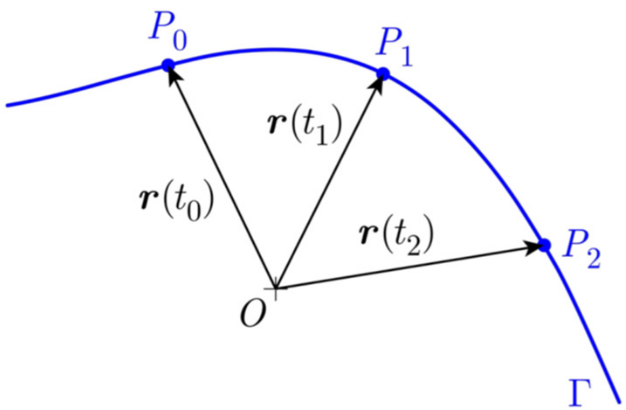


Exemples :

2.3.3 Notion de trajectoire

Trajectoire

Lieu géométrique des points de l'espace occupés par l'objet (point matériel) au cours du temps.



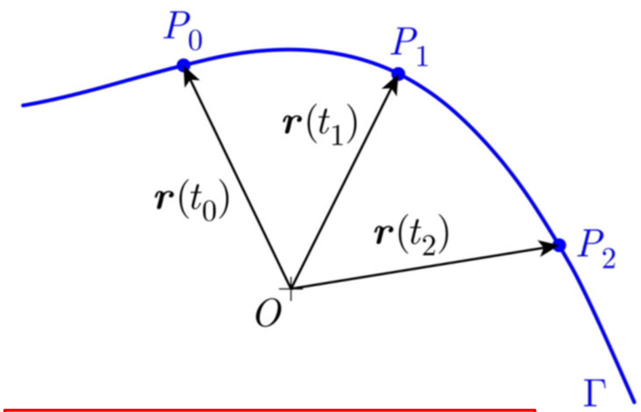
Exemples :

2.3.3 Notion de trajectoire

Trajectoire

Lieu géométrique des points de l’espace occupés par l’objet (point matériel) au cours du temps.

Ensemble des points atteints par l’objet (courbe ou droite Γ).



$$\boxed{\Gamma = \left\{ P \mid \exists\, t, \mathbf{OP} = \mathbf{r}(t) \right\}}$$

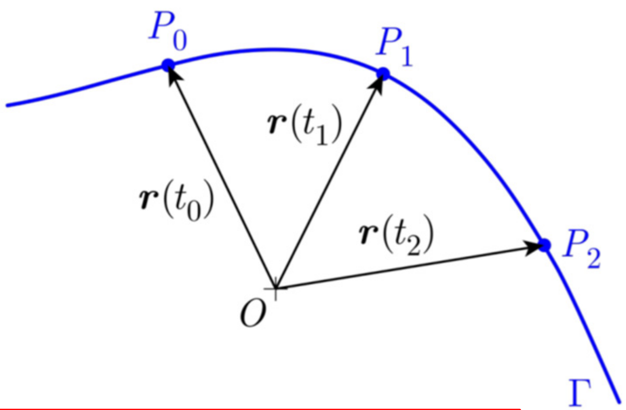
Exemples :

2.3.3 Notion de trajectoire

Trajectoire

Lieu géométrique des points de l'espace occupés par l'objet (point matériel) au cours du temps.

Ensemble des points atteints par l'objet (courbe ou droite Γ).



$$\boxed{\Gamma = \left\{ P \mid \exists\, t, \mathbf{OP} = \mathbf{r}(t) \right\}}$$

Exemples :

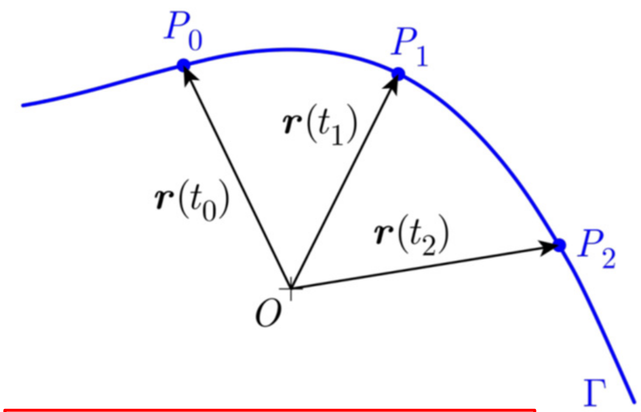
1. Droite (chute libre)
2. Cercle (électron dans un champ magnétique uniforme)
3. Parabole (projectile)
4. Ellipse (planète)
5. Hyperbole (astéroïde)

2.3.3 Notion de trajectoire

Trajectoire

Lieu géométrique des points de l'espace occupés par l'objet (point matériel) au cours du temps.

Ensemble des points atteints par l'objet (courbe ou droite Γ).



$$\boxed{\Gamma = \left\{ P \mid \exists\, t,\, \mathbf{OP} = \mathbf{r}\left(t\right) \right\}}$$

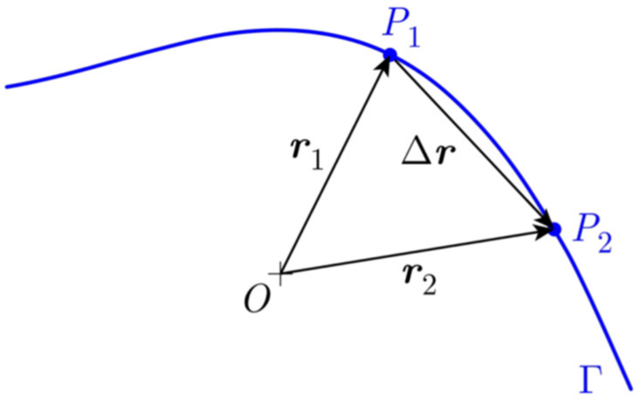
Exemples :

1. Droite (chute libre)
2. Cercle (électron dans un champ magnétique uniforme)
3. Parabole (projectile)
4. Ellipse (planète)
5. Hyperbole (astéroïde)

Réponse à la question « où? » sans se préoccuper de la question « quand? ».

2.3.4 Notion de déplacement

Déplacement



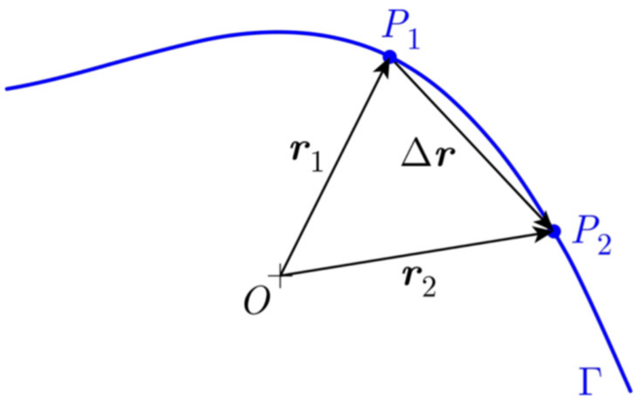
Exemple :

2.3.4 Notion de déplacement

Déplacement

Le vecteur déplacement $\Delta\mathbf{r}$ est la variation du vecteur position au cours du temps.

Considérons les positions P_1 et P_2 d'un objet aux temps t_1 et t_2 où $t_1 < t_2$.



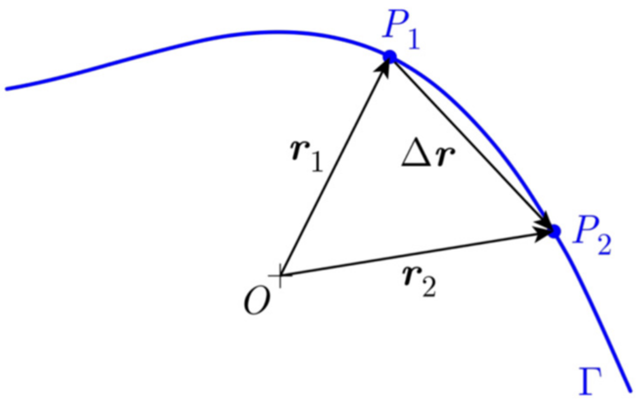
Exemple :

2.3.4 Notion de déplacement

Déplacement

Le vecteur déplacement $\Delta\mathbf{r}$ est la variation du vecteur position au cours du temps.

Considérons les positions P_1 et P_2 d'un objet aux temps t_1 et t_2 où $t_1 < t_2$.



- Position initiale : $\mathbf{r_1} \equiv \mathbf{r}(t_1)$
- Position finale : $\mathbf{r_2} \equiv \mathbf{r}(t_2)$
- Déplacement : $\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r_2}\text{-}\mathbf{r_1}$
- Intervalle de temps : $\Delta t = t_2\text{-}t_1$ (durée du déplacement)

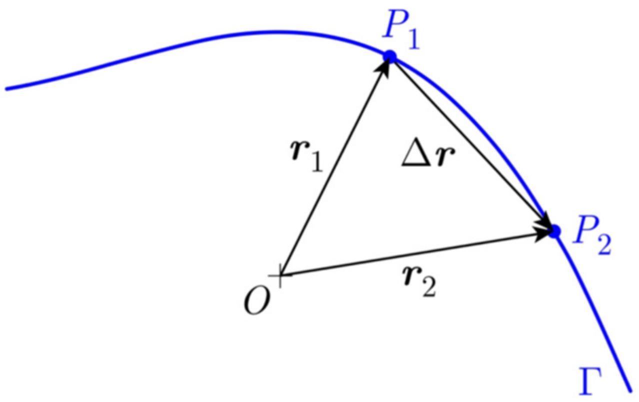
Exemple :

2.3.4 Notion de déplacement

Déplacement

Le vecteur déplacement $\Delta\mathbf{r}$ est la variation du vecteur position au cours du temps.

Considérons les positions P_1 et P_2 d'un objet aux temps t_1 et t_2 où $t_1 < t_2$.



- Position initiale : $\mathbf{r_1} \equiv \mathbf{r}(t_1)$
- Position finale : $\mathbf{r_2} \equiv \mathbf{r}(t_2)$
- Déplacement : $\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r_2}\text{-}\mathbf{r_1}$
- Intervalle de temps : $\Delta t = t_2\text{-}t_1$
  (durée du déplacement)

Déplacement le long de Γ : $\boxed{\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r_2} - \mathbf{r_1} = \mathbf{r}(t_2) - \mathbf{r}(t_1) \quad (2.5)}$

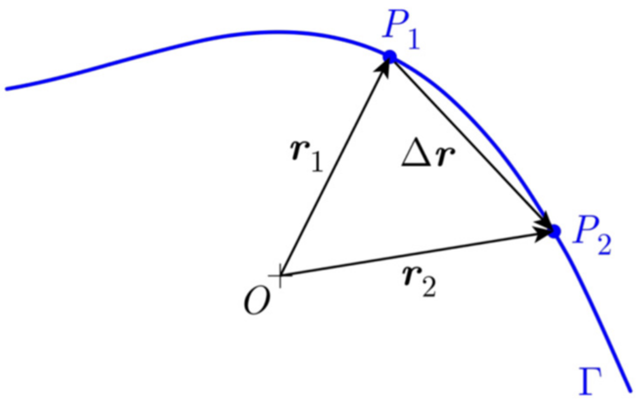
Exemple :

2.3.4 Notion de déplacement

Déplacement

Le vecteur déplacement $\Delta\mathbf{r}$ est la variation du vecteur position au cours du temps.

Considérons les positions P_1 et P_2 d'un objet aux temps t_1 et t_2 où $t_1 < t_2$.



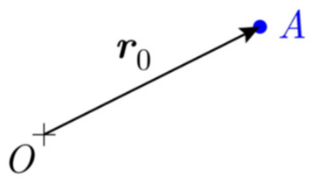
- Position initiale : $\mathbf{r_1} \equiv \mathbf{r}(t_1)$
- Position finale : $\mathbf{r_2} \equiv \mathbf{r}(t_2)$
- Déplacement : $\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r_2}\text{-}\mathbf{r_1}$
- Intervalle de temps : $\Delta t = t_2\text{-}t_1$ (durée du déplacement)

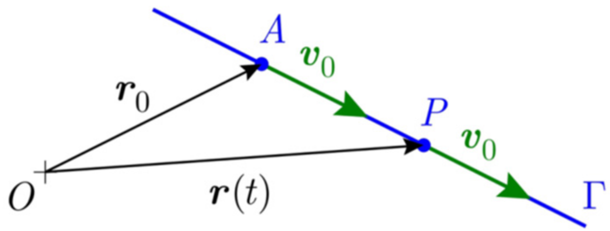
Déplacement le long de Γ : $\boxed{\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r_2} - \mathbf{r_1} = \mathbf{r}(t_2) - \mathbf{r}(t_1) \quad (2.5)}$

Exemple : Le vecteur déplacement $\Delta\mathbf{r}$ entre Genève (position $\mathbf{r_1}$) et Lausanne (position $\mathbf{r_2}$) le long des voies de chemin de fer (trajectoire Γ).

2.3.4 Notion de déplacement

Cas particuliers :

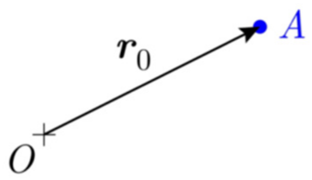


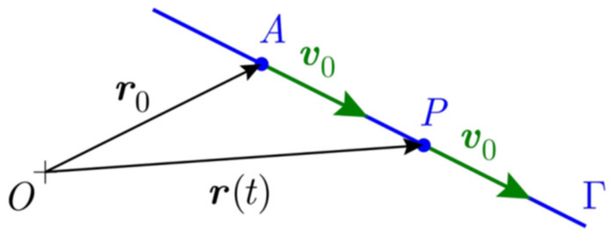


2.3.4 Notion de déplacement

Cas particuliers :

1. Objet immobile au point A :

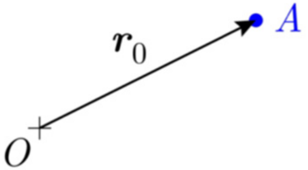




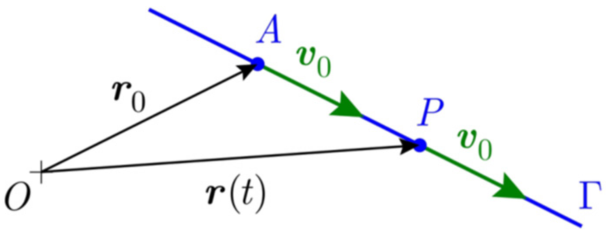
2.3.4 Notion de déplacement

Cas particuliers :

1. Objet immobile au point A :



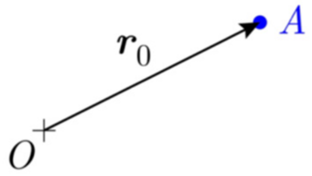
Vecteur position indépendant du temps t : $\boxed{\mathbf{r}(t) = \mathbf{OA} = \mathbf{r_0} = \mathbf{cste} \quad \forall\, t \quad (2.6)}$



2.3.4 Notion de déplacement

Cas particuliers :

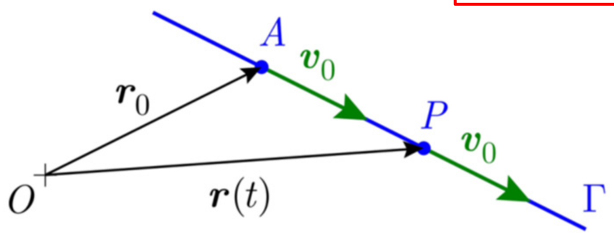
1. Objet immobile au point A :



Vecteur position indépendant du temps t : $\boxed{\mathbf{r}(t) = \mathbf{OA} = \mathbf{r_0} = \mathbf{cste} \quad \forall\, t \quad (2.6)}$

2. Objet avançant régulièrement sur une droite Γ qui passe par un point A à l'instant t_0 :

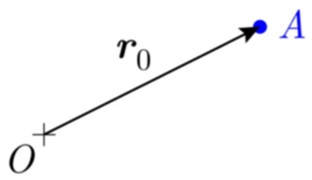
$$\boxed{\mathbf{r}(t_0) = \mathbf{OA} = \mathbf{r_0}}$$



2.3.4 Notion de déplacement

Cas particuliers :

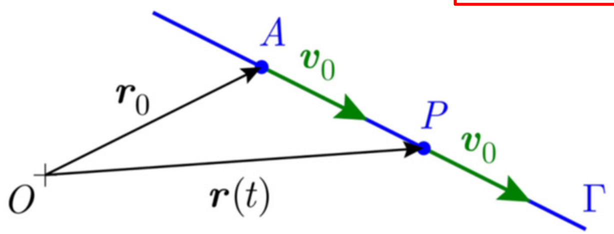
1. Objet immobile au point A :



Vecteur position indépendant du temps t : $\boxed{\mathbf{r}(t) = \mathbf{OA} = \mathbf{r_0} = \mathbf{cste} \quad \forall\, t \quad (2.6)}$

2. Objet avançant régulièrement sur une droite Γ qui passe par un point A à l'instant t_0 :

$\boxed{\mathbf{r}(t_0) = \mathbf{OA} = \mathbf{r_0}}$

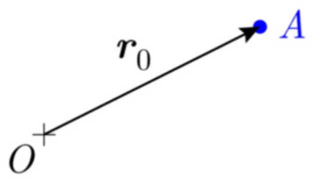


Le vecteur déplacement $\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r}(t) - \mathbf{r_0}$ est proportionnel à sa durée $\Delta t = t - t_0$.

2.3.4 Notion de déplacement

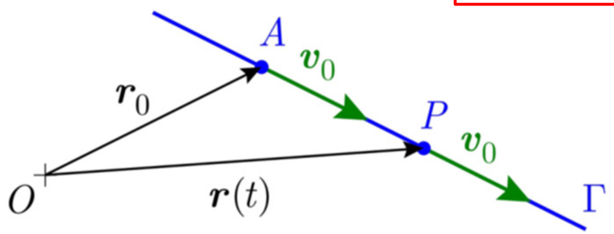
Cas particuliers :

1. Objet immobile au point A :



Vecteur position indépendant du temps t : $\boxed{\mathbf{r}(t) = \mathbf{OA} = \mathbf{r_0} = \mathbf{cste} \quad \forall\, t \quad (2.6)}$

2. Objet avançant régulièrement sur une droite Γ qui passe par un point A à l'instant t_0 : $\boxed{\mathbf{r}(t_0) = \mathbf{OA} = \mathbf{r_0}}$



Le vecteur déplacement $\Delta\mathbf{r}$ = $\mathbf{r}(t)$- $\mathbf{r_0}$ est proportionnel à sa durée $\Delta t = t\text{-}t_0$.

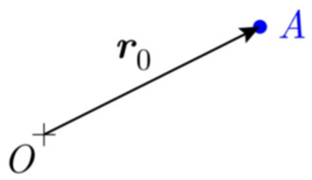
Il existe un vecteur directeur $\mathbf{v_0}$ de la droite tel que $\Delta\mathbf{r} = \mathbf{v_0}\Delta t$, ou encore

$$\boxed{\mathbf{r}(t) = \mathbf{v_0} \cdot (t - t_0) + \mathbf{r_0} \quad (2.7)}$$

2.3.4 Notion de déplacement

Cas particuliers :

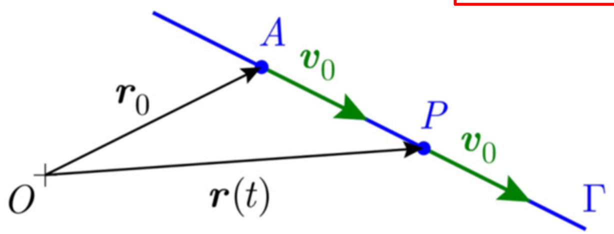
1. Objet immobile au point A :



Vecteur position indépendant du temps t : $\boxed{\mathbf{r}(t) = \mathbf{OA} = \mathbf{r_0} = \textbf{cste} \quad \forall\, t \quad (2.6)}$

2. Objet avançant régulièrement sur une droite Γ qui passe par un point A à l'instant t_0 :

$$\boxed{\mathbf{r}(t_0) = \mathbf{OA} = \mathbf{r_0}}$$



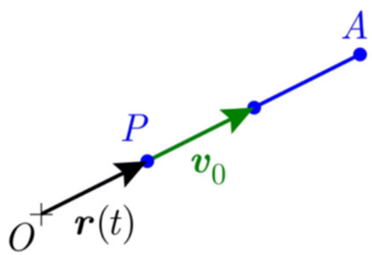
Le vecteur déplacement $\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r}(t) - \mathbf{r_0}$ est proportionnel à sa durée $\Delta t = t - t_0$.

Il existe un vecteur directeur $\mathbf{v_0}$ de la droite tel que $\Delta\mathbf{r} = \mathbf{v_0}\Delta t$, ou encore

$$\boxed{\mathbf{r}(t) = \mathbf{v_0} \cdot (t - t_0) + \mathbf{r_0} \quad (2.7)}$$

L'objet est dit en mouvement rectiligne uniforme (MRU).

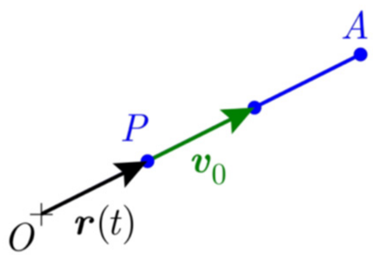
2.3.4 Notion de déplacement



Rencontre :

2.3.4 Notion de déplacement

Dans le plan, on donne l'origine O et un point A. Un objet se déplace régulièrement de O à A entre les instants $t = 0$ et $t = t_A$.

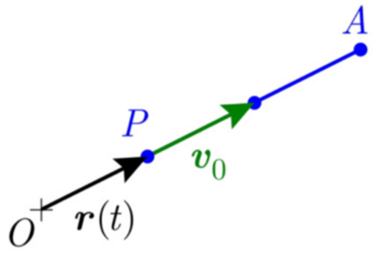


Rencontre :

2.3.4 Notion de déplacement

Dans le plan, on donne l'origine O et un point A. Un objet se déplace régulièrement de O à A entre les instants $t = 0$ et $t = t_A$.

On cherche à déterminer l'équation horaire $\mathbf{r}(t)$ de l'objet en considérant que celui-ci passe au point O à l'instant $t = 0$.

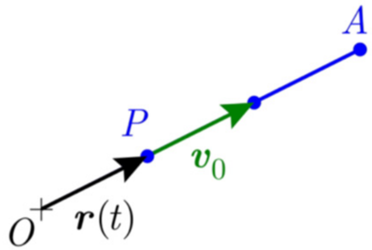


Rencontre :

2.3.4 Notion de déplacement

Dans le plan, on donne l'origine O et un point A. Un objet se déplace régulièrement de O à A entre les instants $t = 0$ et $t = t_A$.

On cherche à déterminer l'équation horaire $\mathbf{r}(t)$ de l'objet en considérant que celui-ci passe au point O à l'instant $t = 0$.



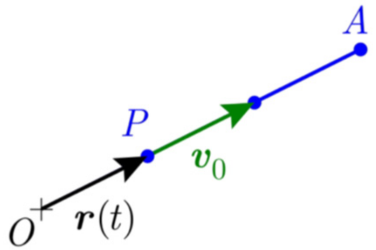
Conditions initiale et finale : $\mathbf{r_0} = \mathbf{0}$ et $\mathbf{r}(t_A) = \mathbf{OA}$

Rencontre :

2.3.4 Notion de déplacement

Dans le plan, on donne l'origine O et un point A. Un objet se déplace régulièrement de O à A entre les instants $t = 0$ et $t = t_A$.

On cherche à déterminer l'équation horaire $\mathbf{r}(t)$ de l'objet en considérant que celui-ci passe au point O à l'instant $t = 0$.



Conditions initiale et finale : $\mathbf{r_0} = \mathbf{0}$ et $\mathbf{r}(t_A) = \mathbf{OA}$

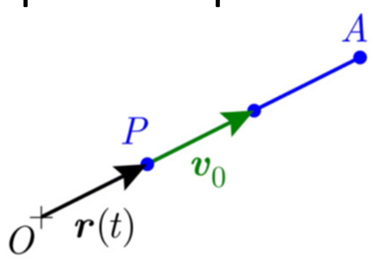
Ainsi, $\mathbf{r}(t_A) = \mathbf{v_0} t_A = \mathbf{OA} \Rightarrow$ $\boxed{\mathbf{v_0} = \dfrac{\mathbf{OA}}{t_A} \quad (2.8)}$

Rencontre :

2.3.4 Notion de déplacement

Dans le plan, on donne l'origine O et un point A. Un objet se déplace régulièrement de O à A entre les instants $t = 0$ et $t = t_A$.

On cherche à déterminer l'équation horaire $\mathbf{r}(t)$ de l'objet en considérant que celui-ci passe au point O à l'instant $t = 0$.



Conditions initiale et finale : $\mathbf{r_0} = \mathbf{0}$ et $\mathbf{r}(t_A) = \mathbf{OA}$

Ainsi, $\mathbf{r}(t_A) = \mathbf{v_0} t_A = \mathbf{OA} \Rightarrow$ $\boxed{\mathbf{v_0} = \dfrac{\mathbf{OA}}{t_A} \quad (2.8)}$

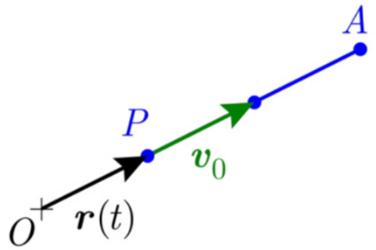
Finalement, $\boxed{\mathbf{r}(t) = \mathbf{v_0} t = \dfrac{t}{t_A}\mathbf{OA} \quad (2.9)}$

Rencontre :

2.3.4 Notion de déplacement

Dans le plan, on donne l'origine O et un point A. Un objet se déplace régulièrement de O à A entre les instants $t = 0$ et $t = t_A$.

On cherche à déterminer l'équation horaire $\mathbf{r}(t)$ de l'objet en considérant que celui-ci passe au point O à l'instant $t = 0$.



Conditions initiale et finale : $\mathbf{r_0} = \mathbf{0}$ et $\mathbf{r}(t_A) = \mathbf{OA}$

Ainsi, $\mathbf{r}(t_A) = \mathbf{v_0} t_A = \mathbf{OA} \Rightarrow$ $\boxed{\mathbf{v_0} = \frac{\mathbf{OA}}{t_A} \quad (2.8)}$

Finalement, $\boxed{\mathbf{r}(t) = \mathbf{v_0} t = \frac{t}{t_A}\mathbf{OA} \quad (2.9)}$

Rencontre :

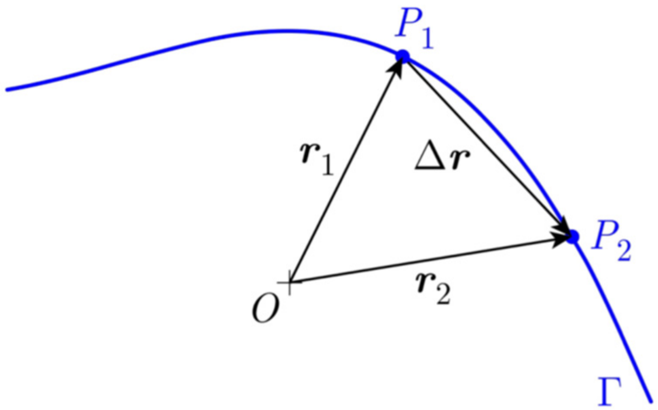
Lorsque deux objets se trouvent à la même position au même temps t_r, il y a rencontre.

$$\boxed{\exists\, t_r : \mathbf{r_1}(t_r) = \mathbf{r_2}(t_r) \quad (2.10)}$$

2.4 Vecteur vitesse

2.4.1 Notion de vitesse moyenne

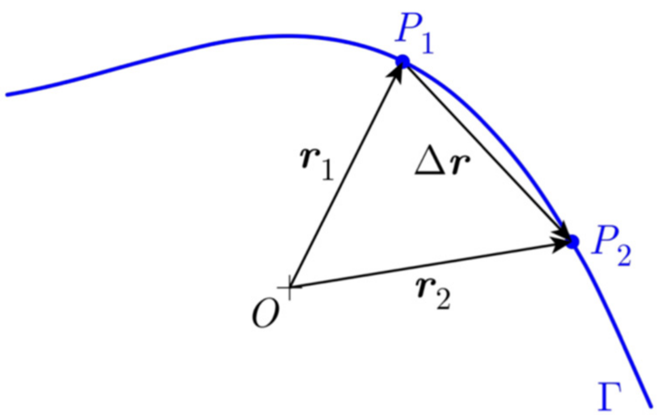
Vitesse moyenne



2.4.1 Notion de vitesse moyenne

Vitesse moyenne

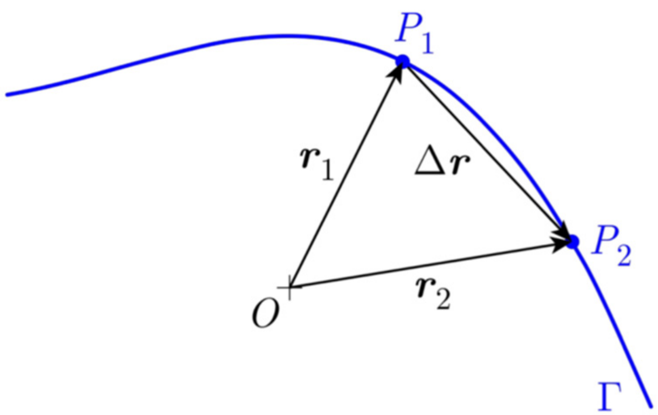
On considère un objet à la position initiale P_1 au temps initial t_1 et à la position finale P_2 au temps final t_2.



2.4.1 Notion de vitesse moyenne

Vitesse moyenne

On considère un objet à la position initiale P_1 au temps initial t_1 et à la position finale P_2 au temps final t_2.

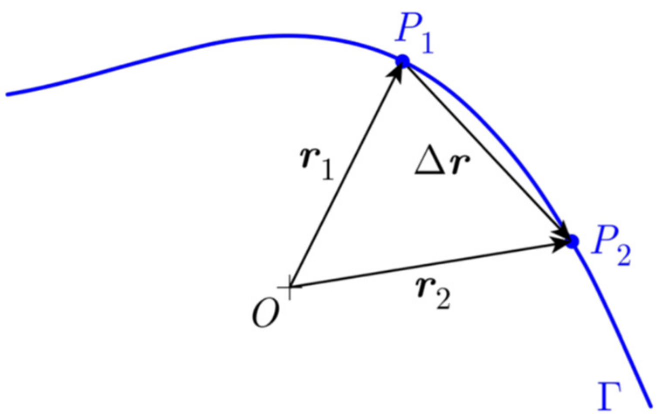


- Position initiale : $\mathbf{r_1} \equiv \mathbf{r}(t_1)$
- Position finale : $\mathbf{r_2} \equiv \mathbf{r}(t_2)$
- Déplacement : $\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r_2}\text{-}\mathbf{r_1}$
- Intervalle de temps : $\Delta t = t_2\text{-}t_1$

2.4.1 Notion de vitesse moyenne

Vitesse moyenne

On considère un objet à la position initiale P_1 au temps initial t_1 et à la position finale P_2 au temps final t_2.



- Position initiale : $\mathbf{r_1} \equiv \mathbf{r}(t_1)$
- Position finale : $\mathbf{r_2} \equiv \mathbf{r}(t_2)$
- Déplacement : $\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r_2}\text{-}\mathbf{r_1}$
- Intervalle de temps : $\Delta t = t_2\text{-}t_1$

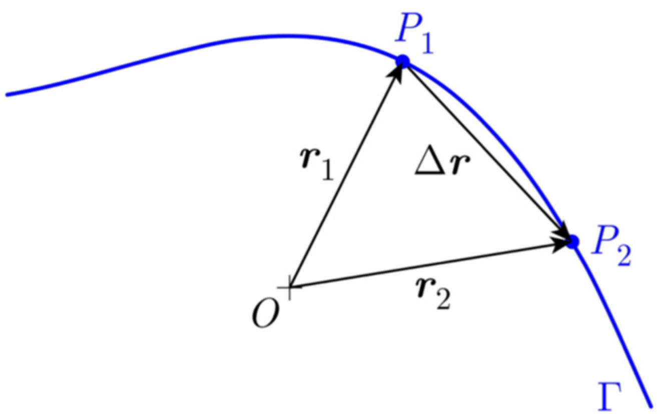
La <u>vitesse moyenne</u> $\mathbf{v}_{\text{moy}}$ de l'objet est définie comme le rapport entre le déplacement $\Delta\mathbf{r}$ et l'intervalle de temps Δt.

$$\boxed{\mathbf{v}_{\text{moy}} = \frac{\Delta\mathbf{r}}{\Delta t} \quad (2.11)}$$

2.4.1 Notion de vitesse moyenne

Vitesse moyenne

On considère un objet à la position initiale P_1 au temps initial t_1 et à la position finale P_2 au temps final t_2.



- Position initiale : $\mathbf{r_1} \equiv \mathbf{r}(t_1)$
- Position finale : $\mathbf{r_2} \equiv \mathbf{r}(t_2)$
- Déplacement : $\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r_2}\text{-}\mathbf{r_1}$
- Intervalle de temps : $\Delta t = t_2\text{-}t_1$

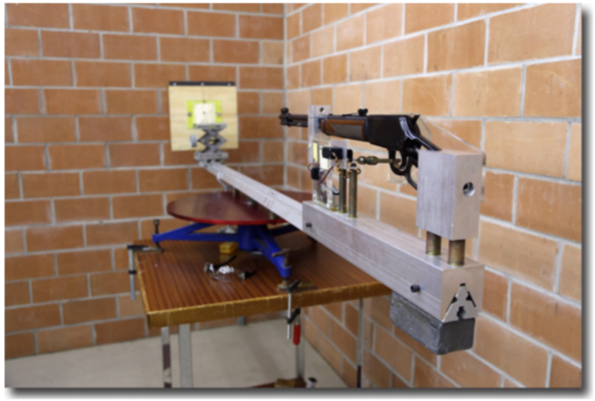
La <u>vitesse moyenne</u> $\mathbf{v}_{\text{moy}}$ de l'objet est définie comme le rapport entre le déplacement $\Delta\mathbf{r}$ et l'intervalle de temps Δt.

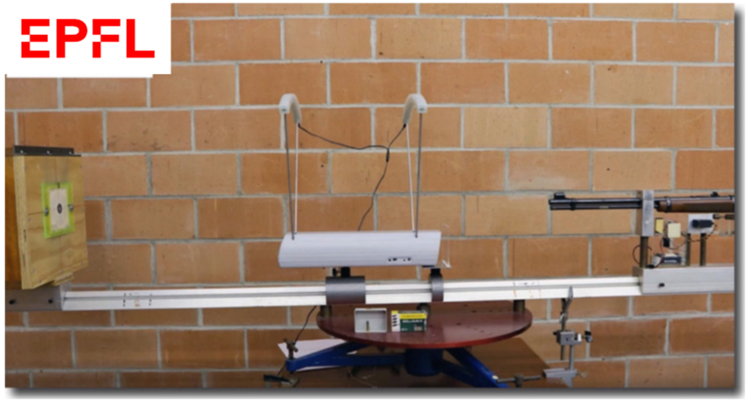
$$\boxed{\mathbf{v}_{\text{moy}} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} \quad (2.11)}$$

- Unité physique (SI) : le mètre par seconde [m.s^{-1}]

2.4.1 Notion de vitesse moyenne

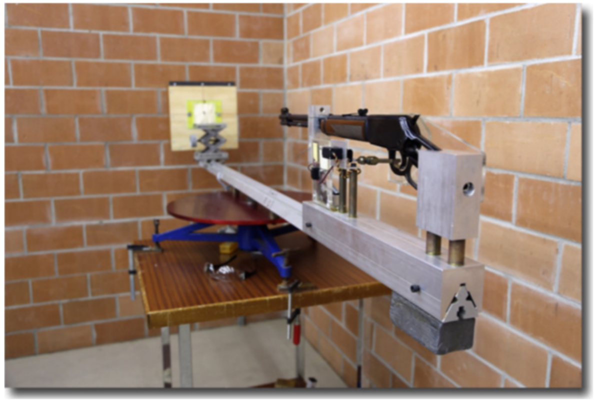
Expérience :

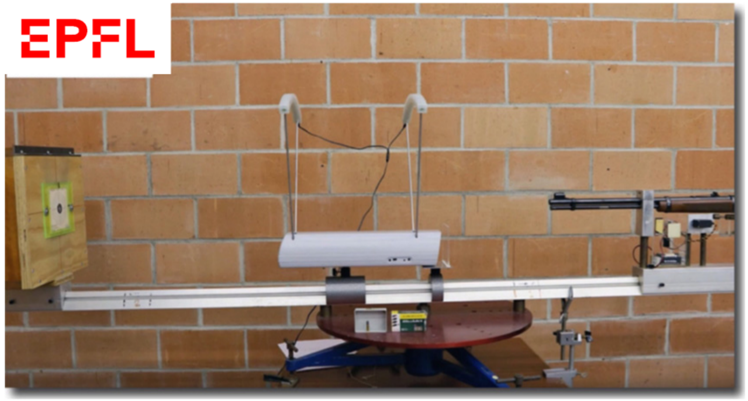




2.4.1 Notion de vitesse moyenne

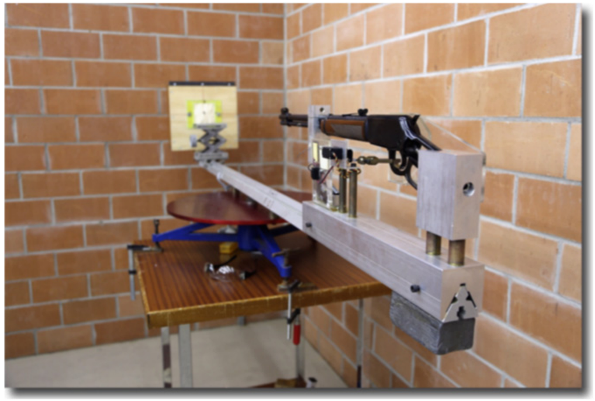
Expérience : Mesure de la vitesse moyenne d'une balle de fusil

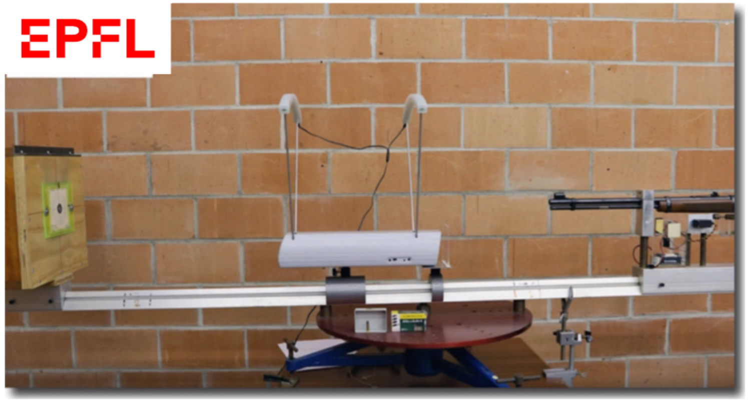




2.4.1 Notion de vitesse moyenne

Expérience : Mesure de la vitesse moyenne d'une balle de fusil

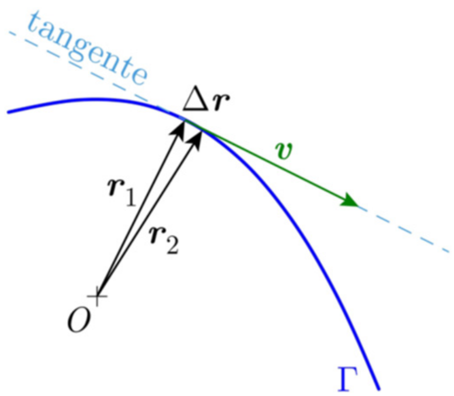




La vitesse de la balle de fusil est mesurée à l'aide de deux cellules photoélectriques.

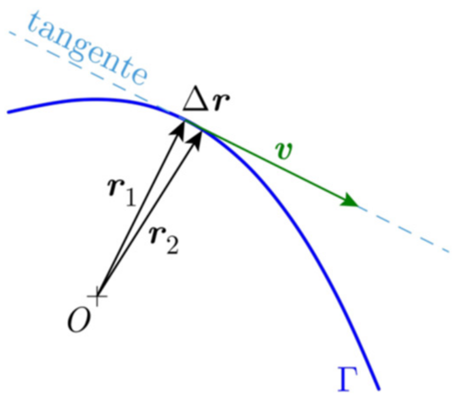
Comme la vitesse est constante, la vitesse moyenne est obtenue en prenant le rapport de la distance entre les cellules photoélectriques et la durée (ou l'intervalle de temps) séparant les temps de passage entre les deux cellules.

2.4.1 Notion de vitesse moyenne et de vitesse instantanée



2.4.1 Notion de vitesse moyenne et de vitesse instantanée

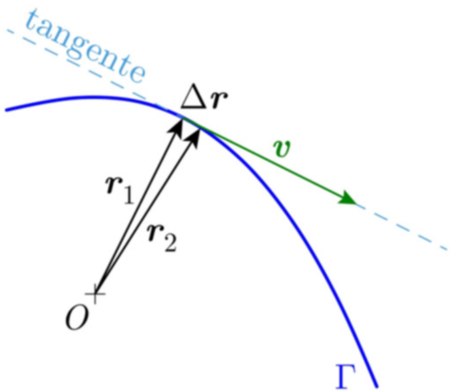
La vitesse moyenne ne donne que la position finale $\mathbf{r_2}$ par rapport à la position initiale $\mathbf{r_1}$ et non les positions intermédiaires. $\boxed{\mathbf{r_2} = \mathbf{r_1} + \mathbf{v}_{\text{moy}} \cdot \Delta t \quad (2.12)}$



2.4.1 Notion de vitesse moyenne et de vitesse instantanée

La vitesse moyenne ne donne que la position finale $\mathbf{r_2}$ par rapport à la position initiale $\mathbf{r_1}$ et non les positions intermédiaires. $\boxed{\mathbf{r_2} = \mathbf{r_1} + \mathbf{v}_{\text{moy}} \cdot \Delta t \quad (2.12)}$

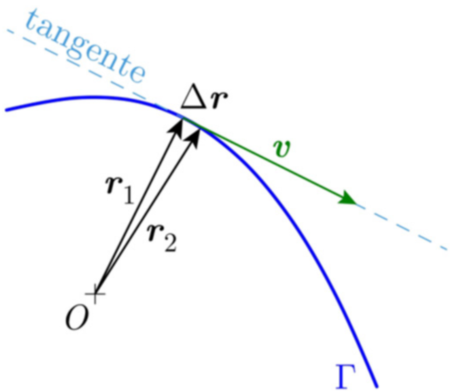
C'est la vitesse constante qu'il faudrait maintenir pour faire le déplacement $\Delta\mathbf{r}$ durant l'intervalle de temps Δt.



2.4.1 Notion de vitesse moyenne et de vitesse instantanée

La vitesse moyenne ne donne que la position finale $\mathbf{r_2}$ par rapport à la position initiale $\mathbf{r_1}$ et non les positions intermédiaires. $\boxed{\mathbf{r_2} = \mathbf{r_1} + \mathbf{v}_{moy} \cdot \Delta t \quad (2.12)}$

C'est la vitesse constante qu'il faudrait maintenir pour faire le déplacement $\Delta\mathbf{r}$ durant l'intervalle de temps Δt.

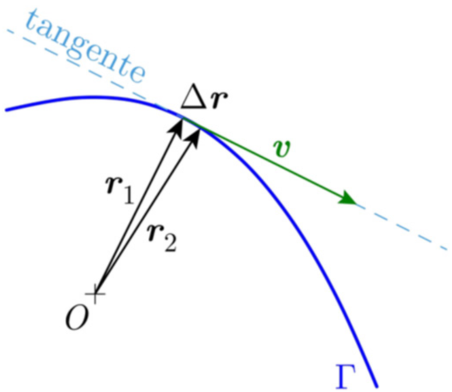


Dans la limite où l'intervalle de temps Δt est très petit, le déplacement $\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r_2}$-$\mathbf{r_1}$ donne la direction et le sens du mouvement juste après le temps t_1.

2.4.1 Notion de vitesse moyenne et de vitesse instantanée

La vitesse moyenne ne donne que la position finale $\mathbf{r_2}$ par rapport à la position initiale $\mathbf{r_1}$ et non les positions intermédiaires. $\boxed{\mathbf{r}_2 = \mathbf{r}_1 + \mathbf{v}_{\text{moy}} \cdot \Delta t \quad (2.12)}$

C'est la vitesse constante qu'il faudrait maintenir pour faire le déplacement $\Delta\mathbf{r}$ durant l'intervalle de temps Δt.



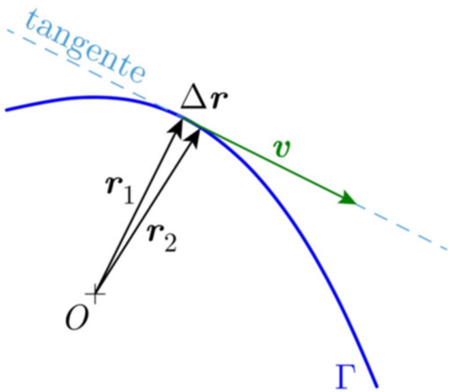
Dans la limite où l'intervalle de temps Δt est très petit, le déplacement $\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r_2}\text{-}\mathbf{r_1}$ donne la direction et le sens du mouvement juste après le temps t_1.

Le déplacement $\Delta\mathbf{r}$ devient le vecteur directeur de la tangente à la trajectoire en $\mathbf{r_1}$.

2.4.1 Notion de vitesse moyenne et de vitesse instantanée

La vitesse moyenne ne donne que la position finale $\mathbf{r}_2$ par rapport à la position initiale $\mathbf{r}_1$ et non les positions intermédiaires. $\boxed{\mathbf{r}_2 = \mathbf{r}_1 + \mathbf{v}_{moy} \cdot \Delta t \quad (2.12)}$

C'est la vitesse constante qu'il faudrait maintenir pour faire le déplacement $\Delta \mathbf{r}$ durant l'intervalle de temps Δt.



Dans la limite où l'intervalle de temps Δt est très petit, le déplacement $\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1$ donne la direction et le sens du mouvement juste après le temps t_1.

Le déplacement $\Delta \mathbf{r}$ devient le vecteur directeur de la tangente à la trajectoire en $\mathbf{r}_1$.

La <u>vitesse instantanée</u> ou <u>vitesse</u> de l'objet est définie comme la vitesse moyenne dans la limite d'un intervalle de temps infinitésimal :

$$\boxed{\mathbf{v}(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\mathbf{r}(t+\Delta t) - \mathbf{r}(t)}{\Delta t} \equiv \frac{d\mathbf{r}}{dt} \equiv \dot{\mathbf{r}}(t) \quad (2.13)}$$

2.4.1 Propriétés de la vitesse

2.4.1 Propriétés de la vitesse

- Taux de variation de la position par rapport au temps (dérivée)
- Vecteur (direction, sens, norme)
- Tangente à la trajectoire dans le sens du mouvement

2.4.1 Propriétés de la vitesse

- Taux de variation de la position par rapport au temps (dérivée)
- Vecteur (direction, sens, norme)
- Tangente à la trajectoire dans le sens du mouvement

Comme la vitesse peut changer au cours du temps, il s'agit d'une fonction du temps :

$\mathbf{v} = \mathbf{v}(t)$

2.4.1 *Propriétés de la vitesse*

- Taux de variation de la position par rapport au temps (dérivée)
- Vecteur (direction, sens, norme)
- Tangente à la trajectoire dans le sens du mouvement

Comme la vitesse peut changer au cours du temps, il s'agit d'une fonction du temps :
$\mathbf{v} = \mathbf{v}(t)$

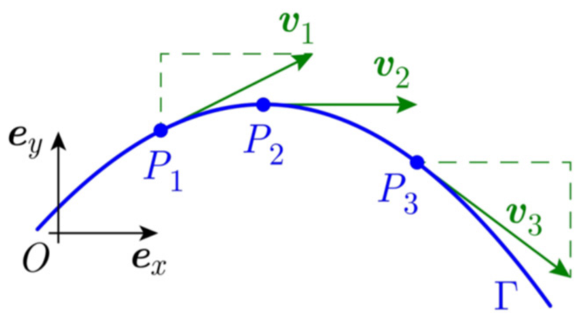
- Vecteur vitesse à l'instant t :

$$\boxed{\mathbf{v}(t) = v_x(t)\,\mathbf{e}_x + v_y(t)\,\mathbf{e}_y = \begin{pmatrix} v_x(t) \\ v_y(t) \end{pmatrix}, \quad (2.14)}$$

où $v_x(t)$ et $v_y(t)$ sont les composantes de $\mathbf{v}(t)$ selon le repère orthonormé $(O, \mathbf{e}_x, \mathbf{e}_y)$.

2.4.1 Propriétés de la vitesse

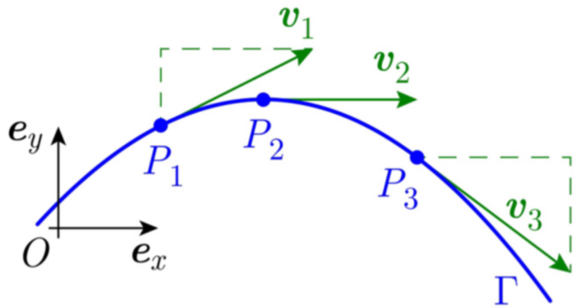
Expérience :



2

2.4.1 Propriétés de la vitesse

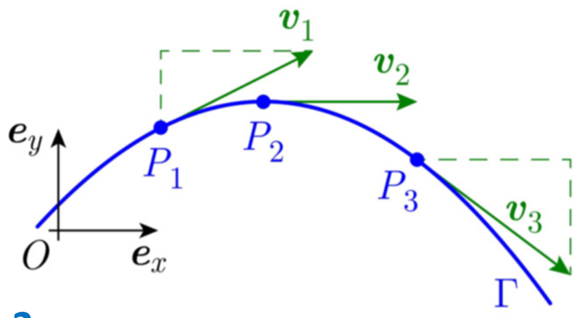
Expérience : Mouvement d’un pendule et d’un puck/palet sur une table à coussin d’air



2

2.4.1 Propriétés de la vitesse

Expérience : Mouvement d'un pendule et d'un puck/palet sur une table à coussin d'air



2

1. La vitesse du pendule change de norme et d'orientation. Sa norme est maximale à la verticale et nulle aux extrémités.

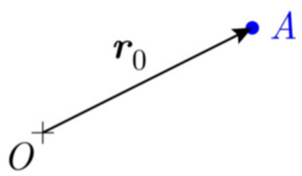
2. La vitesse du puck change de norme et d'orientation au cours du temps.

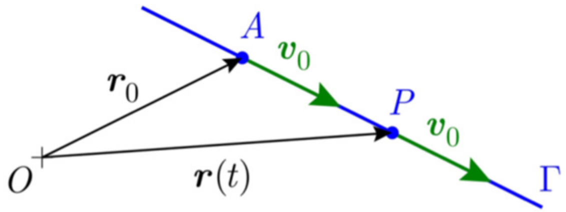
   Selon $\mathbf{e}_x$: la vitesse est constante, v_x = cste

   Selon $\mathbf{e}_y$: la vitesse augmente vers le bas, v_y ≠ cste, en raison de la force de gravitation

2.4.1 Propriétés de la vitesse

Cas particuliers :

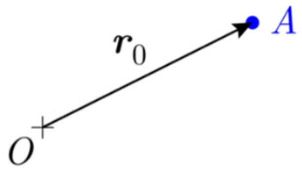


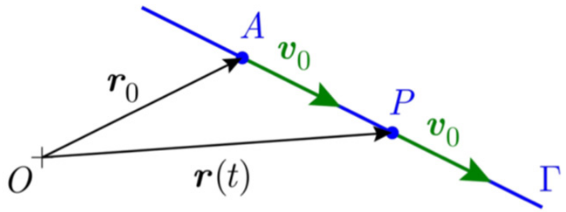


2.4.1 Propriétés de la vitesse

Cas particuliers :

1. Objet immobile au point A :

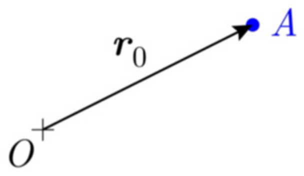




2.4.1 Propriétés de la vitesse

Cas particuliers :

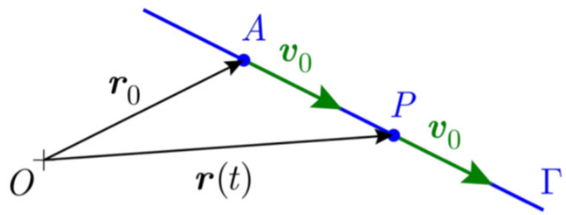
1. Objet immobile au point A :



Vecteur vitesse nul (position cste) :

$$\boxed{\begin{array}{l} \mathbf{v}(t) = \mathbf{0} \ \forall\, t \quad (2.15) \\ \text{car } \mathbf{r}(t) = \mathbf{OA} = \mathbf{r_0} \ \forall\, t \quad (2.6) \end{array}}$$

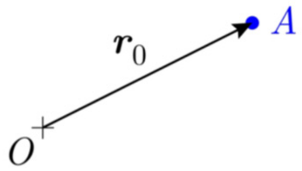
<u>Vérification</u> : $\mathbf{v}(t) = \lim\limits_{\Delta t \to 0} \dfrac{\mathbf{r}(t+\Delta t) - \mathbf{r}(t)}{\Delta t} = \lim\limits_{\Delta t \to 0} \dfrac{\mathbf{r_0} - \mathbf{r_0}}{\Delta t} = \mathbf{0}$



2.4.1 Propriétés de la vitesse

Cas particuliers :

1. Objet immobile au point A :



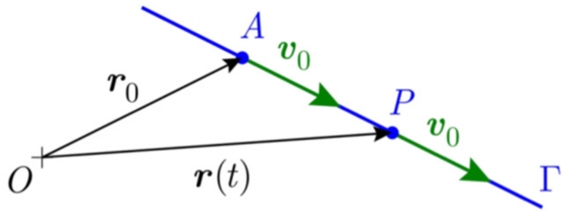
Vecteur vitesse nul (position cste) :

$$\boxed{\begin{array}{l}\mathbf{v}(t) = \mathbf{0}\ \forall\, t \quad (2.15)\\ \text{car } \mathbf{r}(t) = \mathbf{OA} = \mathbf{r_0}\ \forall\, t \quad (2.6)\end{array}}$$

<u>Vérification</u> : $\mathbf{v}(t) = \lim\limits_{\Delta t \to 0} \dfrac{\mathbf{r}(t+\Delta t) - \mathbf{r}(t)}{\Delta t} = \lim\limits_{\Delta t \to 0} \dfrac{\mathbf{r_0} - \mathbf{r_0}}{\Delta t} = \mathbf{0}$

2. Objet avançant à vitesse constante $\mathbf{v_0}$ et passant par A à l'instant t_0 :

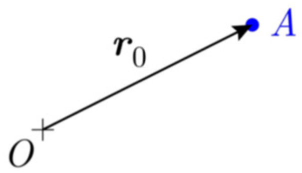
$\mathbf{r}(t_0) = \mathbf{OA} = \mathbf{r_0}$.



2.4.1 Propriétés de la vitesse

Cas particuliers :

1. Objet immobile au point A :



Vecteur vitesse nul (position cste) :

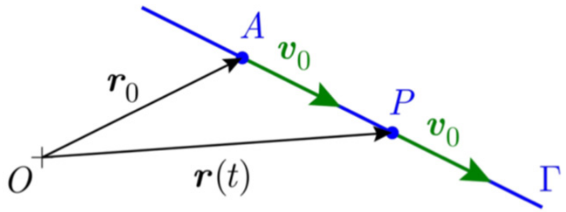
$$\boxed{\begin{array}{l}\mathbf{v}(t) = \mathbf{0}\ \forall\, t \quad (2.15) \\ \text{car } \mathbf{r}(t) = \mathbf{OA} = \mathbf{r_0}\ \forall\, t \quad (2.6)\end{array}}$$

<u>Vérification</u> : $\mathbf{v}(t) = \lim\limits_{\Delta t \to 0} \dfrac{\mathbf{r}(t+\Delta t) - \mathbf{r}(t)}{\Delta t} = \lim\limits_{\Delta t \to 0} \dfrac{\mathbf{r_0} - \mathbf{r_0}}{\Delta t} = \mathbf{0}$

2. Objet avançant à vitesse constante $\mathbf{v_0}$ et passant par A à l'instant t_0 :

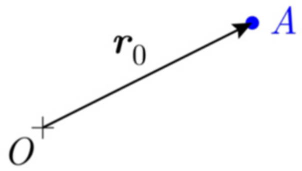
$\mathbf{r}(t_0) = \mathbf{OA} = \mathbf{r_0}$.

Vecteur vitesse constant : $\boxed{\mathbf{v}(t) = \mathbf{v_0} = \mathbf{cste}\ \forall\, t \quad (2.16)}$



Cas particuliers :

1. Objet immobile au point A :



Vecteur vitesse nul (position cste) :

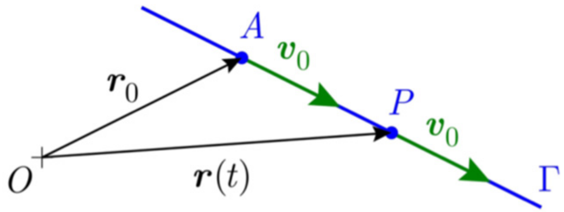
$$\boxed{\begin{array}{l}\mathbf{v}(t) = \mathbf{0} \ \forall\, t \quad (2.15) \\ \text{car } \mathbf{r}(t) = \mathbf{OA} = \mathbf{r_0} \ \forall\, t \quad (2.6)\end{array}}$$

<u>Vérification</u> : $\mathbf{v}(t) = \lim\limits_{\Delta t \to 0} \dfrac{\mathbf{r}(t+\Delta t) - \mathbf{r}(t)}{\Delta t} = \lim\limits_{\Delta t \to 0} \dfrac{\mathbf{r_0} - \mathbf{r_0}}{\Delta t} = \mathbf{0}$

2. Objet avançant à vitesse constante $\mathbf{v_0}$ et passant par A à l'instant t_0 :

$\mathbf{r}(t_0) = \mathbf{OA} = \mathbf{r_0}$.

Vecteur vitesse constant : $\boxed{\mathbf{v}(t) = \mathbf{v_0} = \mathbf{cste} \ \forall\, t \quad (2.16)}$



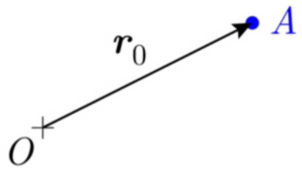
Vitesse et vitesse moyenne identiques :

$$\boxed{\mathbf{r}(t) = \mathbf{v_0} \cdot (t - t_0) + \mathbf{r_0} \quad (2.7)}$$

2.4.1 Propriétés de la vitesse

Cas particuliers :

1. Objet immobile au point A :



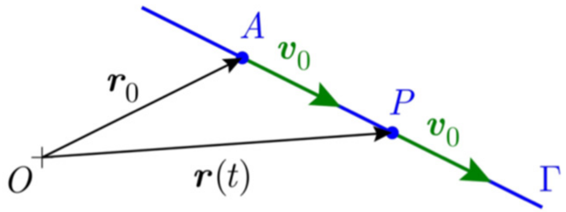
Vecteur vitesse nul (position cste) :

$$\boxed{\begin{array}{l} \mathbf{v}(t) = \mathbf{0} \ \forall t \quad (2.15) \\ \text{car } \mathbf{r}(t) = \mathbf{OA} = \mathbf{r_0} \ \forall t \quad (2.6) \end{array}}$$

Vérification : $\mathbf{v}(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\mathbf{r}(t+\Delta t) - \mathbf{r}(t)}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\mathbf{r_0} - \mathbf{r_0}}{\Delta t} = \mathbf{0}$

2. Objet avançant à vitesse constante $\mathbf{v_0}$ et passant par A à l'instant t_0 :

$\mathbf{r}(t_0) = \mathbf{OA} = \mathbf{r_0}$.



Vecteur vitesse constant :

$$\boxed{\mathbf{v}(t) = \mathbf{v_0} = \mathbf{cste} \ \forall t \quad (2.16)}$$

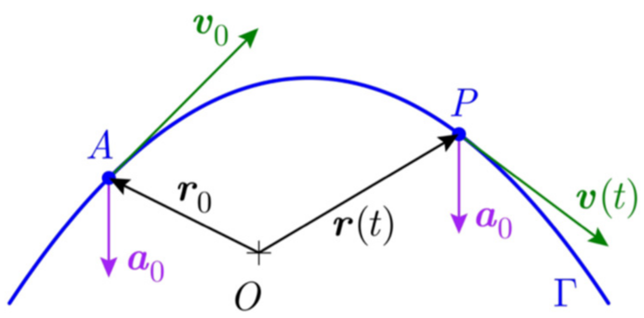
Vitesse et vitesse moyenne identiques :

$$\boxed{\mathbf{r}(t) = \mathbf{v_0} \cdot (t - t_0) + \mathbf{r_0} \quad (2.7)}$$

Mouvement rectiligne uniforme (MRU) à vitesse constante :

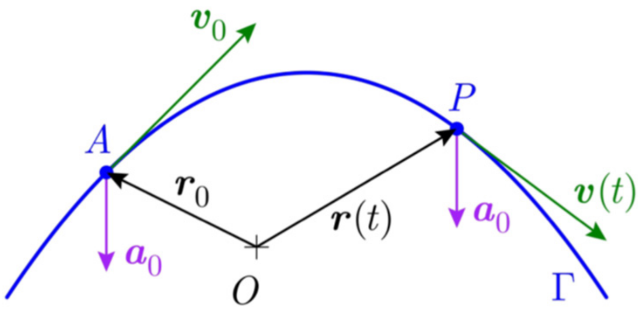
Vérification : $\mathbf{v}(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\mathbf{v_0} \cdot (t + \Delta t - t_0) + \mathbf{r_0} - \mathbf{v_0} \cdot (t - t_0) - \mathbf{r_0}}{\Delta t} = \mathbf{v_0}$

2.4.1 Propriétés de la vitesse



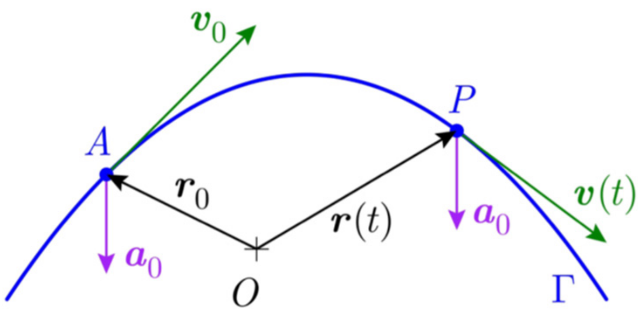
2.4.1 Propriétés de la vitesse

3. Objet passant par A à l'instant t_0, i.e., $\mathbf{r}(t_0)$ = **OA** = $\mathbf{r_0}$, avec une vitesse $\mathbf{v_0}$, i.e., $\mathbf{v}(\mathrm{t}_0)$ = $\mathbf{v_0}$, et dont la vitesse change régulièrement.



2.4.1 Propriétés de la vitesse

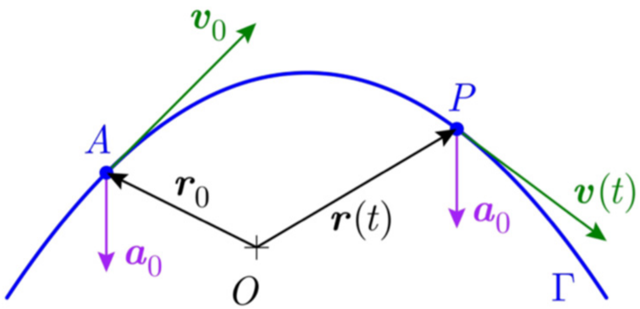
3. Objet passant par A à l'instant t_0, i.e., $\mathbf{r}(t_0)$ = **OA** = $\mathbf{r_0}$, avec une vitesse $\mathbf{v_0}$, i.e., $\mathbf{v}(t_0) = \mathbf{v_0}$, et dont la vitesse change régulièrement.



La variation de vitesse $\Delta\mathbf{v} = \mathbf{v}(t)-\mathbf{v_0}$ est proportionnelle à la durée $\Delta t = t-t_0$.

2.4.1 Propriétés de la vitesse

3. Objet passant par A à l'instant t_0, i.e., $\mathbf{r}(t_0) = \mathbf{OA} = \mathbf{r_0}$, avec une vitesse $\mathbf{v_0}$, i.e., $\mathbf{v}(t_0) = \mathbf{v_0}$, et dont la vitesse change régulièrement.



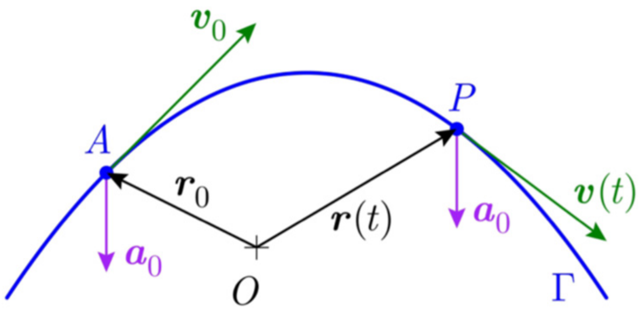
La variation de vitesse $\Delta\mathbf{v} = \mathbf{v}(t)\text{-}\mathbf{v_0}$ est proportionnelle à la durée $\Delta t = t\text{-}t_0$.

Il existe un vecteur $\mathbf{a}_0$ tel que $\Delta\mathbf{v} = \mathbf{a_0}\Delta t$.

Ainsi, $\boxed{\mathbf{v}(t) = \mathbf{a_0}\cdot(t - t_0) + \mathbf{v_0} \quad (2.17)}$

2.4.1 Propriétés de la vitesse

3. Objet passant par A à l'instant t_0, i.e., $\mathbf{r}(t_0) = \mathbf{OA} = \mathbf{r_0}$, avec une vitesse $\mathbf{v_0}$, i.e., $\mathbf{v}(t_0) = \mathbf{v_0}$, et dont la vitesse change régulièrement.



La variation de vitesse $\Delta\mathbf{v} = \mathbf{v}(t)-\mathbf{v_0}$ est proportionnelle à la durée $\Delta t = t-t_0$.

Il existe un vecteur $\mathbf{a}_0$ tel que $\Delta\mathbf{v} = \mathbf{a_0}\Delta t$.

Ainsi, $\boxed{\mathbf{v}(t) = \mathbf{a_0}\cdot(t-t_0)+\mathbf{v_0} \quad (2.17)}$

Il s'agit d'un mouvement uniformément accéléré (MUA) pour lequel le vecteur position s'écrit : $\boxed{\mathbf{r}(t) = \frac{1}{2}\mathbf{a_0}\cdot(t-t_0)^2+\mathbf{v_0}\cdot(t-t_0)+\mathbf{r_0} \quad (2.18)}$

<u>Vérification</u> : $\mathbf{v}(t) = \lim\limits_{\Delta t\to 0}\dfrac{\frac{1}{2}\mathbf{a_0}\cdot(t+\Delta t-t_0)^2+\mathbf{v_0}\cdot(t+\Delta t-t_0)+\mathbf{r_0}-\frac{1}{2}\mathbf{a_0}\cdot(t-t_0)^2-\mathbf{v_0}\cdot(t-t_0)-\mathbf{r_0}}{\Delta t}$

$$= \lim_{\Delta t\to 0}\frac{\frac{1}{2}\mathbf{a_0}\cdot(t-t_0)^2+\frac{1}{2}\mathbf{a_0}\cdot 2(t-t_0)\Delta t+\overbrace{\frac{1}{2}\mathbf{a_0}\cdot(\Delta t)^2}^{\to 0 \text{ quand } \Delta t\to 0}+\mathbf{v_0}\cdot(t-t_0)+\mathbf{v_0}\cdot\Delta t+\mathbf{r_0}-\frac{1}{2}\mathbf{a_0}\cdot(t-t_0)^2-\mathbf{v_0}\cdot(t-t_0)-\mathbf{r_0}}{\Delta t} = \mathbf{a_0}(t-t_0)+\mathbf{v_0}$$