

Boussole du cours

Question directrice : Comment des coordonnées décrivent-elles une position, pourquoi dépendent-elles du repère choisi et comment éviter les erreurs de convention ?

Ressource pédagogique en libre accès : ce contenu n'est ni une formation professionnelle, ni un diplôme, ni une certification, ni une habilitation. Les exemples sont pédagogiques et ne remplacent pas l'ingénierie, les essais et la qualification d'un matériel spatial réel.

1 — Un repère est une carte avec un point de départ choisi

Pour dire où se trouve un rover, « il est là-bas » ne suffit pas. Il faut une règle commune pour mesurer sa position.

Un **repère** est un système qui fixe : un **point de départ**, appelé origine ; une ou plusieurs directions de mesure, appelées axes ; une unité ; et un sens positif pour chaque axe.

Origine

L'**origine** est le point auquel nous attribuons la position zéro. On la note souvent O. Le choix est conventionnel : sur une carte locale d'une base martienne, l'origine peut être le centre du sas principal, une balise ou un point topographique.

AM-01.09 · SPACE ACADEMY

Coordonnées et repères : dire où se trouve réellement un vaisseau

Pourquoi une position n'a-t-elle aucun sens sans origine et axes défin

Question physique

Avant de donner une coordonnée, il faut savoir où se trouve l'origine et dans quel sens pointent les axes.

2 — Que signifient x, y et les parenthèses ?

Dans un plan à deux dimensions, on utilise souvent deux axes perpendiculaires :

- **x**, prononcé « x », pour la direction horizontale ;
- **y**, prononcé « i grec », pour la direction verticale sur la carte.

Une position comme **(4 ; 3)** se lit ici « quatre ; trois ». Le premier nombre est la coordonnée x ; le second est la coordonnée y.

Rover en (4 ; 3)

Si l'unité est le mètre, cela veut dire : depuis l'origine, aller 4 m dans le sens positif de x, puis 3 m dans le sens positif de y.

Le rover n'a pas nécessairement roulé exactement le long de ces deux segments : les coordonnées décrivent sa **position finale**.

3 — Pourquoi existe-t-il des coordonnées négatives ?

Le signe « + » et le signe « - » servent à distinguer les deux sens d'un même axe.

Si la droite est positive sur l'axe x, la gauche est négative. Si le haut de la carte est positif sur l'axe y, le bas est négatif.

Exemple

Le point **(-2 ; 5)** signifie : 2 unités dans le sens négatif de x et 5 unités dans le sens positif de y.

Le nombre -2 ne signifie pas « moins deux mètres de distance ». Il code une position située de l'autre côté de l'origine.

Coordonnées et repères : dire où se trouve réellement un vaisseau

x,y,z

coordonnées le long de t

$\Delta x, \Delta y$

différences de coordonnées

$\sqrt{}$

racine carrée

Symboles et unités

Le signe indique le côté de l'origine sur lequel se trouve le point.

4 — Exemple concret : rover, habitat et antenne

Nous plaçons l'origine au centre de l'habitat. L'axe x pointe vers l'est et l'axe y vers le nord. L'unité est le mètre.

- Habitat : $(0 ; 0)$.
- Antenne : $(30 ; 0)$ — 30 m à l'est de l'habitat.
- Rover : $(30 ; 40)$ — 30 m à l'est et 40 m au nord.

Distance directe habitat-rover

Les deux écarts sont 30 m et 40 m. Le triangle est rectangle. Avec Pythagore :

$$\text{distance} = \sqrt{(30^2 + 40^2)} = \sqrt{(900 + 1600)} = \sqrt{2500} = 50 \text{ m} .$$

Le rover est donc à 50 m de l'habitat en ligne droite.

Coordonnées et repères : dire où se trouve réellement un vaisseau

$$d = \sqrt{(\Delta x^2 + \Delta y^2)}$$

Origine de la relation

Des coordonnées transforment une position sur une carte en nombres vérifiables.

5 — Changer d'origine change les nombres, pas le monde réel

La position physique du rover ne change pas si nous décidons de mesurer depuis l'antenne au lieu de l'habitat. En revanche, ses coordonnées changent parce que le zéro a changé.

Même rover, nouvelle origine

Dans le premier repère, habitat = (0 ; 0), antenne = (30 ; 0), rover = (30 ; 40).

Nous choisissons maintenant l'antenne comme nouvelle origine. Par rapport à l'antenne, le rover est 0 m à l'est et 40 m au nord : ses nouvelles coordonnées sont (0 ; 40) .

Le rover n'a pas bougé. Seule notre façon de mesurer sa position a changé.

6 — Référentiel et repère : une distinction utile

Un **repère** est l'outil géométrique utilisé pour donner des coordonnées. Un **référentiel** est le cadre depuis lequel on décrit le mouvement.

Pour un cours débutant, retenir surtout ceci : **une position ou une vitesse n'a de sens que si l'on sait par rapport à quoi elle est mesurée.**

Rover et véhicule de secours

Un rover peut être immobile par rapport au sol martien, mais apparaître en mouvement pour une caméra montée sur un autre véhicule qui roule. Les deux descriptions peuvent être correctes parce qu'elles utilisent des référentiels différents.

7 — Ajouter la troisième dimension : z

Une carte plane utilise x et y. Pour décrire aussi la hauteur, on ajoute souvent un axe z.

Une position $(x ; y ; z)$ contient alors trois coordonnées. Par exemple $(4 ; 3 ; 2)$ peut signifier 4 m vers x, 3 m vers y et 2 m en hauteur, selon la convention choisie.

La lettre z n'a pas de pouvoir particulier : elle est simplement le nom donné au troisième axe.

AM-01.09 · SPACE ACADEMY

Coordonnées et repères : dire où se trouve réellement un vaisseau

$A=(0,0)$, $B=(3,4)$ km.

$$d = \sqrt{3^2+4^2}=\sqrt{25}=5 \text{ km.}$$

Exemple chiffré

En trois dimensions, un troisième nombre permet de décrire la hauteur ou la profondeur.

8 — Trois exemples complets

Exemple A — Lire une position

Origine = habitat. x positif = est. y positif = nord. Un rover est en $(12 ; -5)$ m.

Traduction : il est 12 m à l'est et 5 m au sud de l'habitat.

Exemple B — Trouver le déplacement entre deux points

Départ A = (2 ; 3) m. Arrivée B = (7 ; 11) m.

Variation en x : $7 - 2 = 5 \text{ m}$. Variation en y : $11 - 3 = 8 \text{ m}$.

Traduction : pour aller de A à B, le changement de position comporte 5 m vers x positif et 8 m vers y positif.

Exemple C — Changer d'origine

Dans le repère de l'habitat, une balise est en (100 ; 20) m et le rover en (130 ; 50) m.

Par rapport à la balise : $x = 130 - 100 = 30 \text{ m}$; $y = 50 - 20 = 30 \text{ m}$.

Nouvelles coordonnées du rover : (30 ; 30) m.

9 — Coordonnées locales et coordonnées géographiques ne répondent pas à la même question

Sur une petite zone autour d'une base, des coordonnées x-y-z peuvent être pratiques. À l'échelle d'une planète, on utilise plutôt des coordonnées géographiques telles que latitude et longitude, avec des conventions précises.

Un système de navigation doit donc annoncer clairement le système utilisé. Mélanger des coordonnées de deux systèmes différents peut produire une erreur majeure même si les nombres eux-mêmes semblent corrects.

10 — Les cinq questions à poser avant un calcul de coordonnées

1. Où est l'origine ?
2. Dans quel sens pointe chaque axe ?
3. Quelle unité est utilisée ?
4. Travaille-t-on en 2D ou en 3D ?
5. Par rapport à quel référentiel décrit-on le mouvement ?

Coordonnées et repères : dire où se trouve réellement un vaisseau

Toujours vérifier les unités, les hypothèses et le domaine de validité.

Le modèle est un outil : il ne remplace pas les essais et la qualification.

Limites et vérification

Une coordonnée sans convention de repère est une information incomplète.

Exercices et corrigés

Exercice 1

x positif = est, y positif = nord. Traduisez le point $(-4 ; 9)$ m.

Corrigé : 4 m à l'ouest et 9 m au nord de l'origine.

Exercice 2

$A=(1 ; 2)$, $B=(6 ; 5)$. Quelles sont les variations x et y ?

Corrigé : $\Delta x = 6 - 1 = 5$; $\Delta y = 5 - 2 = 3$. Le symbole Δ se lit « delta » et signifie ici « variation ».

Exercice 3

Pourquoi les coordonnées d'un rover peuvent-elles changer alors qu'il ne bouge pas ?

Corrigé : parce qu'on peut changer l'origine ou les axes du repère. Les nombres changent, pas la position physique.

Sources primaires et techniques

- [NASA/JPL NAIF — reference frames and geometry](#)
- [NIST SP 811 — SI units](#)