Référentiel, repère et système de coordonnées

Par Pascal Rebetez

Janvier 2010

Source : Albert Einstein, *La relativité*, Petite Bibliothèque Payot (1964), traduit de l'allemand par Maurice Solovine

Voici quelques extraits de cet ouvrage qui traitent des notions de référentiel et de système de coordonnées.

… Toute description d'un lieu où se produit un événement, ou bien où se trouve un objet, consiste en ceci qu'on indique le point d'un corps rigide (corps de référence) avec lequel cet événement coïncide. …

… On voit par cette considération qu'on obtient un avantage pour la description des lieux, si l'on réussit, par l'emploi des mesures numériques, à se rendre indépendant des points pourvus de noms qui existent sur le corps rigide auquel est rapportée l'indication des lieux. C'est ce qu'atteint la Physique dans ses mesures par l'emploi du système de coordonnées cartésien.
Ce système se compose de trois plans rigides perpendiculaires deux à deux et liés à un corps rigide. …

… Nous avons donc le résultat suivant : Toute description d'événements dans l'espace nécessite l'emploi d'un corps rigide auquel ces événements doivent être rapportés. …

Source : Christian Gruber, *Mécanique Générale*, Presses polytechniques romandes (1988)

Définition 1

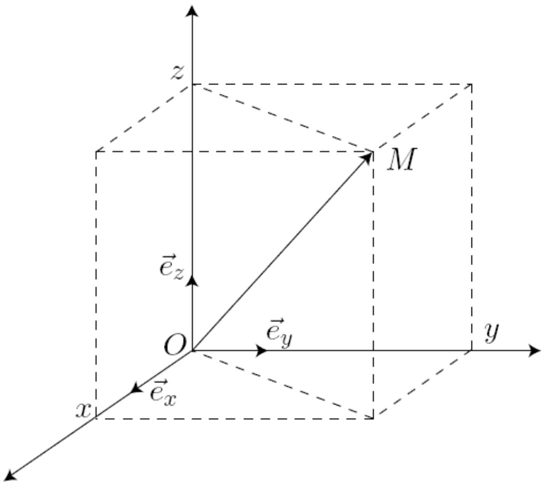
On appelle **référentiel $\mathscr{R}$**, un ensemble de N points ($N \geq 4$), non coplanaires, immobiles les uns par rapport aux autres, par rapport auxquels on étudie le mouvement d'un système. Par extension, on appelle aussi référentiel l'ensemble de tous les points immobiles par rapport aux N points considérés. L'observateur et ses appareils de mesure sont supposés immobiles par rapport à $\mathscr{R}$.

Exemple de référentiel : **Référentiel de Képler**, défini par le centre du Soleil et trois étoiles fixes.

Définition 2

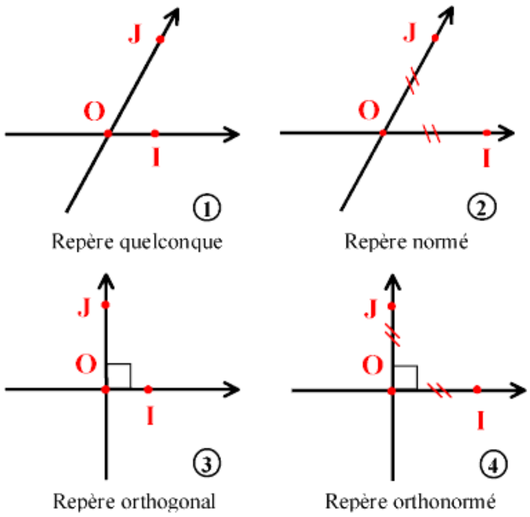
On appelle **système de coordonnées à l'instant *t***, toute paramétrisation des points du référentiel au moyen de trois nombres réels (q_1, q_2, q_3).
ATTENTION ! Il ne faut pas confondre les notions de référentiel et de système de coordonnées ; pour un référentiel donné, il existe une infinité de systèmes de coordonnées.

Exemple de système de coordonnées : le système de coordonnées cartésiennes (figure ci-contre).



Définition 3

Un **repère orthonormé** est un système d'axes orthogonaux 1, 2, 3 s'interceptant en un point O, auxquels on associe des vecteurs unités $\vec{e}_1$, $\vec{e}_2$, $\vec{e}_3$ dans les directions 1, 2 et 3 respectivement. Un tel repère est noté $O\vec{e}_1\vec{e}_2\vec{e}_3$ et les trois vecteurs $\vec{e}_1$, $\vec{e}_2$, $\vec{e}_3$ forment une base. Tout vecteur $\vec{v}$ peut s'exprimer sous la forme $\vec{v} = v_1\vec{e}_1 + v_2\vec{e}_2 + v_3\vec{e}_3$ où v_i est appelée **composante de $\vec{v}$ dans la direction i** (i = 1, 2, 3). Plus généralement, un repère n'est pas nécessairement orthonormé (figure ci-contre).



Définition 4

Un **solide indéformable** est un système idéal formé d'un ensemble de points dont les distances mutuelles restent constantes. Par extension, on considère que l'ensemble de tous les points immobiles par rapport au solide font partie du solide.

Remarques (P. Rebetez)

On peut conclure de ce qui précède que la description du mouvement d'un mobile se fait relativement à un référentiel, qui n'est autre qu'un corps solide rigide.
Pour rendre compte quantitativement de la position d'un mobile à tout instant relativement à un référentiel donné, il s'agit de choisir un repère rigidement lié à ce référentiel et d'associer à ce repère, un système de coordonnées.

<u>*Exemple*</u>

On veut repérer la position d'une étoile M (figure ci-contre)

- Référentiel choisi : la Terre

- Repère choisi : un repère orthonormé
  - dont l'origine est confondue avec le centre O de la Terre
  - dont le plan formé par les axes x et y est confondu avec le plan équatorial terrestre
  - dont l'axe x intercepte la surface terrestre au méridien de longitude 0°

- Système de coordonnée choisi : système de coordonnées sphériques caractérisé par une longueur (r) et deux angles (θ et φ).