Le mot mécanique vient du grec ancien *mêkhanikê* qui signifie « invention ingénieuse ». Le mot machine a la même origine : par extension le mot mécanique a, au cours des siècles, signifié successivement les inventions réalisées manuellement, les machines susceptibles de produire un mouvement, et enfin la définition actuelle de la mécanique est la « **combinaison d'organes propres à produire ou transmettre du mouvement** ». La mécanique est le domaine de la physique qui a pour objet l'étude des mouvements et des forces. Elle a profondément marqué l'histoire des sciences : d'abord en répondant aux questions sur les mouvements sur Terre et dans l'univers, et en introduisant assez tôt la rigueur logique et la méthode mathématique. Deux scientifiques comptent énormément dans l'histoire de la mécanique et de la physique en général : Galileo Galilei dit Galilée (1564-1642) insista, entre autres, sur l'importance des expériences et du formalisme mathématique, tandis qu'Isaac Newton (1642-1727) énonça les principes de base de la mécanique dite classique.

Pour décrire plus simplement les mouvements d'un corps, on assimile souvent ce dernier à un point appelé **point matériel**. Un corps matériel peut être assimilé à un point s'il ne roule pas sur lui-même et si ses dimensions caractéristiques sont petites par rapport aux distances qu'il parcourt. En mécanique il est essentiel de définir le système avant toute étude ou calcul. Ensuite en mécanique du point, pour simplifier, on assimile ce système à un point matériel.

La **cinématique**, tout comme le cinéma, a pour origine le mot grec *kinêma* qui signifie « mouvement ». La *cinématique* est en effet la partie de la mécanique qui étudie et décrit le mouvement des corps en fonction du temps, en faisant abstraction des forces à l'origine de ces mouvements.

La **dynamique** a pour origine le mot grec *dunamos* qui signifie « pouvoir, puissance, force ». La *dynamique* est en effet la partie de la mécanique qui étudie les causes des mouvements des corps que la *cinématique* nous a permis de décrire.

La mécanique newtonienne classique prévoit et décrit très bien les mouvements des objets dans des référentiels dits galiléens en translation rectiligne uniforme les uns par rapport aux autres ; or, tout référentiel lié à la planète Terre n'étant pas galiléen, les mouvements des objets sur Terre doivent alors être décrits en suivant une mécanique adaptée, dite **mécanique en référentiel non galiléen**.

REMARQUE

La mécanique classique dite newtonienne ne sera pas suffisante pour expliquer les mouvements de particules se déplaçant à des vitesses proches de celle de la lumière : c'est ainsi qu'au début du XXe siècle se développent les mécaniques quantique et relativiste. Albert Einstein (1879-1955), avec sa théorie de la relativité énoncée en 1905, a fait entrer la physique dans sa période dite « physique moderne ». Le XXe siècle a alors permis de décrire la matière, des particules élémentaires, au noyau atomique, aux atomes et aux solides.

1 LE REPÉRAGE DANS L'ESPACE ET DANS LE TEMPS

Un point matériel est un point géométrique dont la position peut être parfaitement définie par trois coordonnées seulement.

Repère et référentiel

Pour décrire la position d'un objet dans l'espace, il est nécessaire de disposer d'une référence. Par exemple, un homme assis dans un train est immobile par rapport au wagon, mais en mouvement par rapport à la Terre. Ainsi pour déterminer le mouvement d'un point, on se rapporte à un solide S supposé indéformable qui doit être défini clairement. Ce solide constitue le **référentiel** d'étude $\mathcal{R}$.

Ensuite, on repère les points de l'espace dans ce référentiel à l'aide d'un **repère orthonormé direct**, soit un point origine particulier au solide S (souvent on prend le centre de gravité de S) et 3 axes orthogonaux formant un trièdre direct. Le repère peut être considéré comme fixe ou local se déplaçant avec le point matériel M. Plusieurs repères ou **systèmes de coordonnées** peuvent alors être choisis en fonction notamment de la géométrie du problème.

Repérage dans le temps

La géométrie dans l'espace ne suffit pas à décrire les mouvements en mécanique. Il est nécessaire d'introduire la notion d'**évènement** décrivant un phénomène instantané. On dit qu'on établit une **chronologie** lorsqu'on sait classer une succession d'évènements. Un phénomène physique se décrit donc par le lieu où il se produit mais aussi par l'instant où il se produit.

La mécanique classique repose sur une hypothèse essentielle : le temps est considéré comme **absolu** et **universel**. Ceci signifie que la notion de temps est indépendante du référentiel et du mouvement. Ainsi un intervalle de temps entre deux évènements est le même quel que soit l'observateur et quel que soit le mouvement de l'observateur.

D'autre part, le temps est aussi considéré comme **irréversible**, monotone et croissant : cette hypothèse implicite repose sur le principe de causalité qui postule qu'un effet ne peut être antérieur à sa cause.

Pour décrire un mouvement dans le temps, il est nécessaire de définir une **origine des temps** : un temps t_0 ou $t = 0$ s, à partir duquel on pourra définir une chronologie d'évènements liés au mouvement du point M.

On considère généralement le référentiel d'étude du mouvement comme étant l'association du repère géométrique dans l'espace et du repère chronologique dans le temps.

LES UNITÉS

Le **mètre** est la distance parcourue par la lumière dans le vide pendant une durée de (1/299 792 458) seconde.
La seconde correspond à la durée de **9 192 631 770 périodes** de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de Césium 133.

Selon la géométrie du problème, trois systèmes principaux de coordonnées peuvent être utilisés : cartésien, cylindrique, sphérique. Les deux premiers seront décrits dans cette fiche.

Coordonnées cartésiennes

On considère un repère constitué de trois axes X, Y, Z rattachés à un point origine O caractéristique du solide de référence ($\mathcal{R}$). À ce repère on associe une base orthonormée directe $(\vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z)$.

Les vecteurs $\vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z$ sont alors les vecteurs unitaires des axes OX, OY et OZ respectivement.

NB : la base $(\vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z)$ est orthonormée directe lorsque $\left\|\vec{u}_x\right\| = \left\|\vec{u}_y\right\| = \left\|\vec{u}_z\right\| = 1$, les trois vecteurs sont orthogonaux deux à deux, et $\vec{u}_x \wedge \vec{u}_y = \vec{u}_z$.

À un instant donné, on note la position du point M par le vecteur $\vec{r} = \overrightarrow{OM}$ qui s'appelle le **vecteur position**. On note également les coordonnées cartésiennes x, y et y du point M qui sont définies par la relation suivante :

$$\vec{r} = \overrightarrow{OM} = x.\vec{u}_x + y.\vec{u}_y + z.\vec{u}_z$$

Les coordonnées x, y et z sont des grandeurs algébriques positives ou négatives.

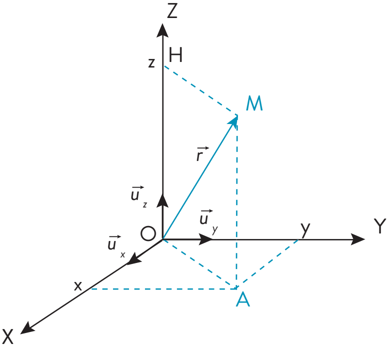

Figure 2.1 – Système de coordonnées cartésiennes. A et H sont les projetés orthogonaux du point M, respectivement dans le plan (OX, OY) et sur l'axe OZ.

Coordonnées cylindriques

La position du point M est ici définie dans un repère $(O, \vec{u}_\rho, \vec{u}_\theta, \vec{u}_z)$. On introduit ici la base $(\vec{u}_\rho, \vec{u}_\theta, \vec{u}_z)$ orthonormée directe, associée aux coordonnées cylindriques (ρ, θ, z). Les vecteurs de cette base sont définis comme suit :

1. $\vec{u}_\rho = \dfrac{\overrightarrow{OA}}{\rho}$ dans le plan (OX, OY) ; $\vec{u}_\rho$ est appelé vecteur radial.

2. $\vec{u}_\theta$ est obtenu par rotation de $+\pi/2$ dans le sens trigonométrique (inverse des aiguilles d'une montre) à partir du vecteur $\vec{u}_\rho$, dans le plan (OX, OY). $\vec{u}_\theta$ est appelé vecteur orthoradial.

3. $\vec{u}_z$ est le vecteur directeur de l'axe OZ, identique à celui du repère associé aux coordonnées cartésiennes.

À noter que ce repère n'est pas lié au point O, donc n'est pas lié au référentiel $\mathcal{R}$. Le repère cylindrique est associé au point M, c'est donc un repère local mobile. Dans ce repère, le vecteur position du point M s'écrit :

$$\vec{r} = \overrightarrow{OM} = \overrightarrow{OA} + \overrightarrow{AM} = \rho \cdot \vec{u}_\rho + z \cdot \vec{u}_z$$

Les coordonnées cylindriques sont définies comme suit : ρ est une distance donc toujours positive ; la cote z est une valeur algébrique (positive ou négative) ; l'angle θ est orienté dans le sens (+) défini en imaginant une rotation de l'axe OX vers l'axe OY.

Pour couvrir tout l'espace, il suffit que les coordonnées cylindriques décrivent les intervalles suivants :

$$\rho \in [0, +\infty[\qquad \theta \in [0, 2\pi] \qquad z \in \,]-\infty, +\infty[$$

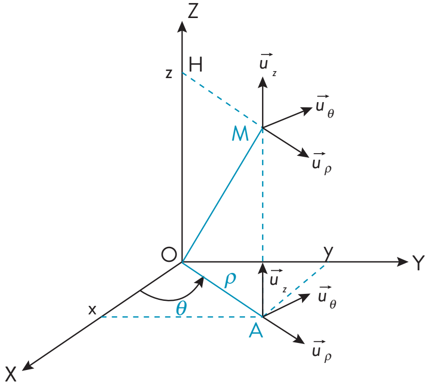

Figure 2.2 – Système de coordonnées cylindriques

REMARQUES

Si le mouvement du point a lieu dans le plan (OX, OY) il n'est pas nécessaire d'utiliser la cote z : on utilise alors les **coordonnées polaires** (ρ, θ). Les coordonnées cylindriques sont parfois appelées cylindro-polaires.

Les relations entre les coordonnées cylindriques et cartésiennes sont les suivantes : $x = \rho \cdot \cos(\theta)$; $y = \rho \cdot \sin(\theta)$, $z = z$, avec $\rho = \sqrt{x^2 + y^2}$.

Selon la géométrie du système, on peut utiliser aussi les **coordonnées sphériques** (r, θ, ϕ). r est la distance entre le point O et le point M (r = OM), θ (appelée colatitude) est l'angle que fait le vecteur $\overrightarrow{OM}$ avec l'axe OZ, ϕ (appelée longitude) est l'angle que fait OA avec l'axe OX (A étant le projeté orthogonal du point M dans le plan (OX, OY). Pour couvrir tout l'espace, ces coordonnées décrivent les intervalles suivants :

$$r \in [0,+\infty[\qquad \theta \in [0, \pi] \qquad \phi \in [0,2\pi]$$