La cinématique est l'étude des mouvements indépendamment de leurs causes : elle vise donc à DECRIRE les mouvements (trajectoire, vitesse, accélération) et non à les EXPLIQUER.

La cinématique (du Grec « kiné » vitesse, mouvement) se distingue donc de la dynamique (du Grec « dyn » : force) qui a pour but d'établir une relation entre les causes (actions mécaniques) et leurs effets (mouvements).

1 Généralités :

Nous étudierons cette année la mécanique du **point matériel,** des **systèmes de deux points matériels** et poserons les bases de la mécanique du **solide.**

1.1 Notion de point matériel :

Un point matériel est par définition sans dimension, il occupe une position M dans l'espace, en général variable dans le temps, définie par le **vecteur position** $\overrightarrow{OM}$ **.** Ce point est affecté d'une masse m.

Un point matériel n'a aucune existence physique, mais dans certains problèmes, la **modélisation** d'un objet réel (skieur descendant une pente, satellite évoluant autour de la Terre, anneau enfilé sur une barre, balle de tennis, avion en vol...) sous forme d'un **point affecté de la masse totale** de l'objet sera une représentation suffisante pour interpréter son mouvement par les équations de la mécanique. Ce point sera le centre de gravité du mobile étudié.

Le **modèle** du point matériel permet donc une description simple du mouvement, mais ne permet pas de détailler le mouvement des différentes parties constituant l'objet réel. Par exemple il ne permet pas de prendre en compte la rotation d'une balle de tennis autour de son centre… De même, la subtilité du mouvement d'un skieur ne peut s'expliquer par la seule mécanique du point !

La courbe décrite par le point matériel durant son mouvement est la **trajectoire** du mobile : elle correspond à une évolution de la position M dans l'espace du mobile en fonction du temps t.

1.2 Référentiel.

L'**espace physique** apparaît, avec une excellente approximation, comme un **espace euclidien à trois dimensions**. On y observe la conservation de la norme d'un vecteur ; $(x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}$ = cste pour toute transformation par translation ou rotation de l'espace (isométrie).

Cette approximation est parfaitement vérifiée dans la mécanique classique, mais elle est remise en cause dans le cadre de la mécanique relativiste. L'écart entre l'espace réel et l'espace euclidien est infime à la surface de la Terre, et n'apparaît de façon notable qu'à proximité d'objets très massiques (astres, trous noirs...), ou à des vitesses très élevées (supérieures au dixième de $c = 3.10^8$ m/s).

La mesure des longueurs s'effectue à partir du mètre : c'est par définition légale la distance parcourue par la lumière dans le vide en (1/299792458) seconde.

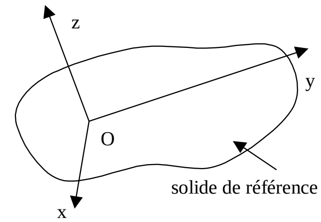
Le **temps** est une notion intuitive (et souvent subjective) difficile à définir clairement. La mesure du temps s'appuie sur des phénomènes cycliques, ce qui suppose l'uniformité du temps et la conservation des lois physiques par translation dans le temps : un système générant un comportement cyclique, se retrouve à son état initial après chaque cycle (rotation de la terre sur son axe, horloge comtoise, montre à quartz, horloge atomique...). On suppose qu'il va effectuer les cycles successifs en une même durée : on suppose donc l'invariance des lois physiques par translation dans le temps.

L'unité de temps est la seconde : « durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre deux niveaux hyper fins de l'état fondamental de l'atome de Césium 133 ». C'est la définition employée dans les horloges atomiques, où l'on se cale sur la fréquence d'émission d'atomes de Césium 133.

La description du mouvement va dépendre du **référentiel** d'observation. On nomme référentiel un système de coordonnées lié à un observateur, cet observateur est muni d'une chronologie, c'est à dire d'un moyen de mesurer le temps.

Le mouvement n'est donc pas absolu : deux observateurs différents, placés dans deux référentiels en mouvement relatif, décriront de façon différente le mouvement d'un même objet, (mouvement d'une balle dans un train en mouvement, observée du wagon (mouvement vertical) ou du quai de gare (mouvement parabolique)) :

la trajectoire, la vitesse et l'accélération d'un mobile dépendent du référentiel de description du mouvement.



Un référentiel est défini par la donnée d'un point considéré comme fixe (position de l'observateur) usuellement noté O, et de trois directions de l'espace, considérées comme fixes, le tout étant muni d'une chronologie (mesure du temps).

On dit aussi qu'un référentiel est défini par un solide de référence : tout objet physique indéformable permet en effet de fixer, de par sa disposition dans l'espace, une position O et des axes d'orientation (Ox), (Oy) (Oz) fixes. (Ces axes sont usuellement choisis orthogonaux entre eux, par commodité).

Par exemple, le référentiel de la salle de classe est déterminé par les directions définies par un coin de la pièce et la donnée d'un point fixe de la salle.

Toute étude mécanique doit donc commencer impérativement par la définition du **système** étudié (et de sa modélisation éventuelle en un point matériel) ainsi que du **référentiel** d'observation.

1.3 Limite relativiste :

Dans toute la mécanique classique, on suppose que le temps est une notion absolue, indépendante du référentiel : deux observateurs, liés à des référentiels différents, observeront un phénomène au même instant, et mesureront les mêmes durées. La relativité restreinte rejette cette hypothèse.

Le programme de terminale a abordé le phénomène de dilatation des durées dans le référentiel de l'observateur par rapport au référentiel propre, c'est à dire au référentiel lié au système considéré :

$\Delta t = \gamma.\Delta t_o$, où le coefficient relativiste γ vaut : $\gamma = \dfrac{1}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}$

Ceci signifie que la durée d'un évènement concernant un système en mouvement à la vitesse v par rapport à l'observateur, aura une durée Δt pour l'observateur γ fois plus longue que celle perçue dans le référentiel propre du système.

De même, la mesure d'une longueur est indépendante du référentiel dans le cadre de la mécanique classique, alors que ce n'est pas le cas en mécanique relativiste. Il y aura un phénomène de contraction des longueurs dans le référentiel de l'observateur par rapport au référentiel propre $\Delta L = \Delta L_o / \gamma$.

La longueur ΔL mesurée par un observateur d'un objet se déplaçant à vitesse v est γ fois plus courte que la longueur mesurée dans le référentiel propre de l'objet.

L'ensemble du cours se restreindra au cas de la **mécanique classique**, ce qui suppose notamment des mobiles ayant des vitesses largement inférieure à celle de la vitesse de la lumière ; on retiendra donc des vitesses de module $v < 0{,}1.c = 0{,}1.10^8$ m/s, ce qui conduit à une valeur du coefficient relativiste γ ramenée approximativement à 1.
On peut en effet montrer par un développement limité que pour une vitesse v égale à 0,1.c on aura :

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-(0{,}1)^2}} = (1-0{,}01)^{-1/2} \approx 1 + \frac{0{,}01}{2}$$

La valeur du coefficient relativiste γ est alors 1 à 0,5 % près. Les expressions relativistes des grandeurs mécaniques rejoignent alors pratiquement les expressions classiques.