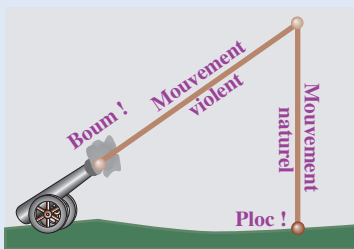


**Galilée**  
1564-1642

Pour répondre aux objections à l'héliocentrisme à partir de la théorie du mouvement d'Aristote, Galilée a réalisé des expériences qui lui ont permis de donner une description du mouvement compatible avec le modèle héliocentrique. Par ces expériences, il a initié une nouvelle façon de construire la connaissance scientifique.

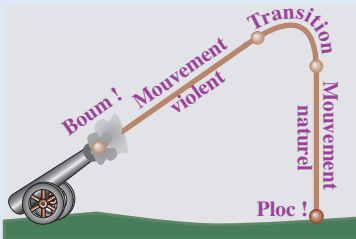
# Galilée

## L'étude du mouvement



### Théorie de l'impétus

Comprendre le mouvement est important également pour prévoir la trajectoire des boulets de canon. Dans la théorie aristotélicienne, le mouvement violent doit s'épuiser complètement avant que le mouvement naturel ne s'effectue.



### Description de Cardan

Selon Jérôme Cardan (1501-1576), lorsque l'impetus a perdu beaucoup de sa vivacité, il y a une courte période de transition durant laquelle la trajectoire s'incurve.

Galilée avait compris que pour réussir à faire adopter le modèle copernicien et enlever toute crédibilité au modèle ptoléméen, il fallait donner une nouvelle explication du mouvement. Dans le modèle de Ptolémée, les mouvements terrestres étaient expliqués par la théorie du mouvement d'Aristote. Les corps lourds tendent à retrouver leur place naturelle au centre de l'univers parce qu'ils sont constitués d'une forte proportion de l'élément terre. Ils s'y rendent en ligne droite.

Les modèles dans lesquels la Terre est en mouvement autour du Soleil et sur elle-même n'étaient pas compatibles avec cette théorie du mouvement. Celle-ci permettait même de formuler des objections aux mouvements de la Terre.

Un philosophe de la nature qui acceptait la philosophie aristotélicienne adoptait le raisonnement suivant.

*Si la Terre bouge, quand le grave (corps lourd) tombe du sommet d'une tour, le sol sur lequel est érigée la tour est en mouvement. Cela signifie que, dans le temps nécessaire pour que le grave atteigne le sol, le sol lui-même s'est déplacé. Or, nous voyons que le grave frappe le sol au pied de la perpendiculaire tracée du sommet de la tour à la base de celle-ci. Il n'y a aucun dou-*

*te possible, le grave atteint le sol en un point différent de celui que nous devrions observer si la Terre était en mouvement. La Terre est donc immobile.*

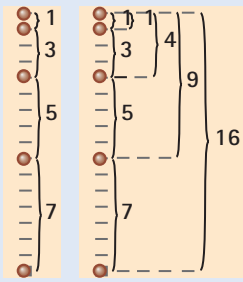
### L'étude du mouvement

Le mouvement d'un corps en chute libre est trop rapide pour qu'il soit facile d'en prendre des mesures. Pour procéder à une étude quantitative du mouvement, il faut pouvoir le ralentir. Galilée s'est servi du plan incliné pour établir un lien entre le temps et la distance parcourue. Laissons-le relater l'expérience :

*On utilise un plan incliné de 12 coudées environ (1 coudée ou brasse florentine valait 0,583 mètre), large d'une demi-coudée et épais de trois doigts, dans lequel a été creusé un canal parfaitement rectiligne d'une largeur à peine supérieure à un doigt, à l'intérieur duquel peut glisser une boule de bronze très dure, parfaitement arrondie et polie. Pour diminuer le frottement, on a garni le canal d'une feuille de parchemin bien lustrée.*

*Les différences et proportions entre les poids donnent les différences et proportions entre les temps. La précision était telle qu'aucune discordance n'apparut jamais entre ces opérations maintes fois répétées.*

## Intervalles de temps et distances



Temps de parcours	Déviations (chute)
1	1
2	4
3	9
4	16
5	25
6	36

Galilée mesure la distance que le corps parcourt dans un premier intervalle de temps et constate que durant le deuxième intervalle, il parcourt trois fois cette longueur. Durant le troisième intervalle, il parcourt cinq fois cette longueur. Durant le quatrième intervalle, il parcourt sept fois cette longueur et ainsi de suite.

Il considère alors les sommes partielles des distances parcourues. Après une unité de temps, une unité de distance.

Après deux unités de temps, quatre unités de distance. Après trois unités de temps, neuf unités de distance. Après quatre unités de temps, seize unités de distance.

Il constate alors que la distance parcourue par un corps en chute libre est proportionnelle au carré des temps<sup>1</sup>.

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{t_2^2}{t_1^2}$$

En écriture moderne,

$$d = ct^2$$

Ce qui signifie que la distance est proportionnelle au carré des temps. Il ne restait qu'à mesurer la valeur de cette constante.

## Composition des mouvements

Galilée a réalisé des expériences sur la composition des mouvements en installant un plan incliné sur une table. Ce plan incliné était muni d'un déflecteur, pour que le mouvement de la bille soit horizontal en quittant le bord de la table.

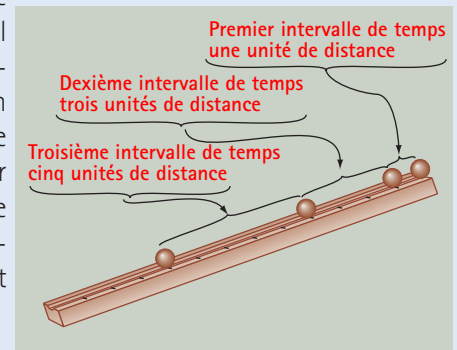
1. Le seul outil mathématique dont Galilée disposait est la théorie des proportions d'Eudoxe. Dans cette théorie, seules des grandeurs de même nature peuvent former une proportion. Or, une distance et une durée ne sont pas de même nature. C'est pourquoi il établit la proportion des distances et la proportion du carré des temps. La définition de vitesse (m/s) est venue plus tard.

Avec ce dispositif, en choisissant de quelle hauteur il laissait partir la bille, il contrôlait la vitesse horizontale de celle-ci lorsqu'elle quittait le déflecteur. En supposant que la trajectoire de la bille est une parabole, il pouvait alors prévoir le point d'impact et calculer la différence entre la valeur théorique et la valeur expérimentale. Voici la description qu'il fait d'une autre de ses expériences :

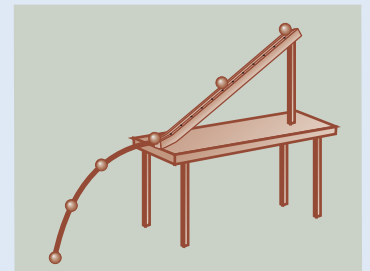
*Je prends une bille de bronze parfaitement ronde et pas plus grande qu'une noix, et je la lance sur un miroir de métal, tenu non pas perpendiculairement, mais un peu incliné, de telle façon que la bille puisse rouler sur sa surface et je la presse légèrement dans son mouvement : elle laisse alors la trace d'une ligne parabolique très précise et très nette, plus large ou plus étroite selon que l'angle de projection sera plus ou moins élevé. Ce qui d'ailleurs constitue une expérience évidente et sensible sur la forme parabolique du mouvement des projectiles.*

Grâce à ces expériences, Galilée fut en mesure d'affirmer qu'un projectile est en chute libre durant toute la durée du mouvement. La trajectoire du projectile est déviée de la ligne droite. Cependant, les distances entre la ligne droite et la trajectoire sont dans le rapport des carrés des temps.

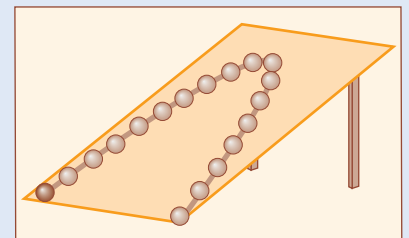
Par la notion de composition des mouvements, Galilée a montré que les objections à l'héliocentrisme qui se basaient sur la théorie du mouvement d'Aristote n'étaient pas recevables. Le corps qu'on laisse tomber du sommet d'une tour est animé du même mouvement latéral que la tour et il suit celle-ci dans ce mouvement. L'observateur étant animé du même mouvement, celui-ci lui est imperceptible.



Bille de bronze et plan incliné



Plan incliné avec déflecteur sur une table



Bille de bronze roulant sur un miroir de métal incliné

