

# LECON : Gravitation et poids

**Biblio:** Nathan (sirius) Tspé très bien

Hachette Tspé

Hachette Pspé

Hachette seconde

**Niveau:** secondaire (fin de lycée)

**Prérequis:**

**Physique :**

Système, Référentiel (S)

Principe des actions réciproques, Principe d'inertie (S)

Chute libre (définition) 1 dim vitesse (cinématique), mouvement d'un point matériel (S)

Force de gravitation/poids et champs associés : expressions vectoriel, unités (Pspé)

Réf terrestre, Géocentrique, Héliocentrique (Galiléen) mouvement des planètes (elliptique) (P enseignement généré)

Vecteur accélération expression, 2<sup>ème</sup> loi de Newton réf galiléen (Tspé)

**Math :**

Intégration : (T)

Vecteur : (S)

**Objectifs:**

- ➔ Être capable de déterminer les équations horaires et trajectoire dans le cas d'une chute libre
- ➔ Comprendre le lien entre le poids et la gravitation
- ➔ Etablir la vitesse et l'accélération pour les objets en orbite avec la deuxième loi de Newton dans un repère de Frenet

**Partie pris:** Ce cours tranche avec ce qui est vu dans les deux premières années du lycée, il se propose de développer la dynamique des mouvement et donne ainsi aux élèves des outils théoriques pour comprendre davantage les mouvements préalablement étudié, cela leur permettra de mieux les comprendre et de les aider à davantage mettre en défaut les **raisonnements spontanée** (terme au programme) qu'il pourrait avoir en mécanique, une science qui est très ancré dans le réel.

**Séquence pédagogique:** Ce cours s'inscrit dans une séquence pédagogique en terminale de mécanique, il sera précédé par un cours où l'on introduira la deuxième loi de Newton et le vecteur accélération. Il sera suivi par des aspects de conservation de l'énergie, puis l'étude du mouvement dans un champ électrostatique, car c'est moins instantané pour l'élève. On veillera à bien contextualiser le cours par des exemples concrets.

On introduira notamment le cas d'une vitesse avec un angle  $\alpha$  par rapport au sol en TD ou les élèves seront amenés à raisonner sur l'angle de lancer pour lancer l'objet le plus loin (lancer de poids). On donnera des exercices variés, comme réussir à atteindre le but tout en tirant au-dessus des défenseurs et d'autres conditions initiales avec d'autres équations avec pour finalité que les élèves comprennent le sens des équations qu'ils manipulent et leurs intérêts. L'étude de l'orbite géostationnaire sera aussi effectuée. Ou orbite de transfert.

En TP on fera étudier diverses conditions de chute libre avec un pointage caméra, ensuite les élèves seront amenés à comparer la courbe obtenue avec les courbes théoriques en rentrant dans un programme python les conditions initiales puis en traçant les courbes.

Également on pourra tracer avec python les orbites des différentes planètes, on leur proposera de rentrer divers excentricité pour un même demi-grand axe et le tracé montrera bien que les périodes sont identiques. On leur fera également remarquer que le tracé est le résultat des équations du mouvement vus en cours.

### **Difficultés:**

->La mise en équation est d'un bon niveau de difficulté en terminale.

->Lien entre le poids et la force gravitationnel qui sont à priori sur des échelles différentes et qui ont été présenté séparément avec des vecteurs différents.

-> repère de Frenet (vecteur fonction de  $t$ )

### **Comment résoudre les difficultés :**

->On prendra un cas simple sans angle pour ne pas rajouter de problème de trigonométrie.

->On montrera qu'il s'agit d'une même force, on leur fera comprendre qu'il se cache des choses derrière  $g$  (poids) due à un changement d'échelle.

-> On entrera pas trop dans les détails mathématiques, simplement on montrera qu'ils sont pratique d'utilisation car la force de grav se projette selon un axe.

### **Plan :**

#### **I-Application de la deuxième loi de Newton au mouvements de chute libre**

#### **II-Du poids à la gravitation**

#### **III- Dynamique du mouvement des planètes**

## Intro leçon :

Avant : Cinématique (connu) : étude du mouvement-> observation -> relativement simple

Dynamique : le mouvement et les causes -> attention au préjugé

Mouvement simple-> observé à l'œil -> cause moins évident -> multiple ?

->Aristote : causalité entre la masse d'un corps et sa vitesse de chute : plus c'est lourd plus ça va vite.

Observation : nature donne la vérité **SLIDE**

->Galilée montre que ça ne marche pas : raisonnement logique

Homme sans parachute moins lourd qu'homme avec mais tombe, moins vite quand le parachute est ouvert. Galilée a fait quelques expériences quantitative, détermination de vitesse (bille)

->Loi de la chute des corps **SLIDE**

->Newton lois générales qui permettent de tout retrouver. -> cours précédent

**Objectif :** -Caractériser par des expressions mathématique les mouvements :

-> dans un champ de pesanteur

-> dans un champ gravitationnel.

Ce qui nous amènera à comprendre le lien en la gravitation et le poids.

## **I-Deuxième loi de Newton appliquée aux mouvements de chute libre**

On s'intéresse aux mouvements de chute libre sur la surface de la terre

### **A. Application : lanceur automatique (SLIDE)**

Système {balle de masse  $m$ } -> centre de masse

Référentiel terrestre galiléen (par rapport au sol) -> le sol est immobile

Système de coordonnées cartésiennes

Bilan des forces :  $P$  rappel une force différent de la masse dont l'unité est en  $\text{kg.m.s}^{-2}$

Frottement fluide négligé (marche bien, pour une voiture qui roule moins bien si on passe la main par le fenètre on sens la force exercé par l'air)

Schéma à faire TABLEAU

Remarque : CET SITUATION EST BIEN UNE CHUTE LIBRE-> CHUTE LIBRE SEULE FORCE LE POIDS

Conditions initiales :  $v_0, z_0$   $\alpha$  égal 0 plus simple

Remarque  $a=0$  pas d'accélération mais un mouvement décéléré au sens que vous connaissez en physique c'est de l'accélération. -> attention aux confusions-> méca bien car décrit le réel MAIS préjugé parfois fâcheux.

## EXPERIENCE SMARTPHONE QUALITATIVE.

On intègre comme en math, mais nous la constante on la détermine grâce au conditions initiale-> unicité de la fonction qui satisfait les conds ini.

Equation horaire du mouvement -> t hors nous on veut  $y(x)$  c'est ça qu'on voit à l'œil quand on lance un objet.

Avant de faire  $y(x)$  -> Montrer que le mouvement est plan. -> faire parler les équations pas des maths

Quand le solide touche le sol les équations marche plus car une nouvelle force entre en jeu la réaction du support.

Analyse de l'équation :  $v_0$  grand implique qu'il va plus loin. Ce qu'il sera intéressant de regarder en TD c'est quand le téléphone touche le sol.

### **B. Validité du modèle théorique : chute de bille**

Le mouvement vous le connaissez -> influence des conds initiales mais sinon cette résolution vous serez amené à la refaire en exo. Le mobile est soumis à la même force. -> mêmes lois physique (modèle capable de décrire une multitude de mouvement).

**SLIDE** : système d'équation et solution.

Mettre en avant que l'on a bien l'équation d'un modèle théorique en  $-g/2 t^2 + v_0 t$

->TOUT CA POUR VOUS MONTRER QUE LE MODELE MARCHE BIEN.

## **II-Du poids à la gravitation**

On a fait beaucoup de calcul maintenant on va essayer de décrire les mouvements des planètes. Mais pour bien comprendre on va partir du problème actuel afin de retrouver la bonne force.

### **A . Valeur de g dans le système solaire**

-> Champ sur la lune moins fort que sur terre donc il y a dépendance du champ selon certains paramètres ce n'est pas une constante de l'univers.

-> Dépendance logique de g pour la masse (assez logique) MAIS  $g_{\text{terre}} = g_{\text{saturne}}$  donc ça dépend d'un autre paramètre (**SLIDE**) -> le rayon au carré (**SLIDE**). (TABLEAU)

-> cette force vous la connaissez Force de gravitation-> avec champ grav.

-> forme générale mais on approxime->  $\Delta z$  petit -> g constant (TABLEAU)

LE MODELE THEORIQUE EST EN ACCORD AVEC L'EXPERIENCE.

### **B . Changement d'échelle**

-> problème le poids est dirigé selon l'axe z alors que la force grav selon l'axe des deux objets massiques. (**SLIDE**)

Horizon prouve que la terre n'est pas plate -> sinon on devrait voir à l'infini surtout en mer, car après tout on voit la lune située bien plus loin de nous.

**SLIDE** Poids diriger vers le centre de la terre, qui localement apparaît perpendiculaire à la surface de celle-ci -> comme la force gravitationnelle. (TABLEAU)

Conclusion : la force grav est bien le cas général du poids. Le problème se rapproche du cas précédent.

### III- Dynamique du mouvement des planètes

#### A . Repère de Frenet

Un vecteur s'exprime dans le repère de Frenet (TABLEAU) -> car on veut que le vecteur ne dépende que d'une direction (aspect pratique (faire de la physique))-> comme pour le poids en faite

->Difficulté : REPERE TOURNANT

→ Expression de F grav dans ce repère.

On donne les expressions de l'accélération : (TABLEAU)

$$\vec{a} = \begin{cases} a_T(t) = \frac{dv}{dt} \\ a_N(t) = \frac{v^2}{R} \end{cases}$$

→ 2<sup>ème</sup> loi de Newton :  $dv/dt = 0$  mouvement uniforme

Expression de la vitesse-> dépend pas de la masse de l'objet-> seulement de l'astre attracteur, plus c'est lourd, plus ça va vite.

Dessin de v et a

#### B. Lois de Kepler

Démonstration de la deuxième :  $v=d/t$  car uniforme  $v = 2 \pi R/T$  On trouve bien  $T^2/R^3 = cte$

Cas circulaire, mais dans le cas générale vous savez que mouvement elliptique, donc on remplace R par le demi-grand axe (peut se démontrer) 3<sup>ème</sup> loi.

Application numérique (**SLIDE**)  $T=365,2$  année (29 février)

De ce mouvement découle deux autres lois non démontrées ici :

Lois énoncées par Johannes Kepler entre 1609 et 1619.

1<sup>er</sup> : loi des orbites : Dans le référentiel héliocentrique, la trajectoire du centre d'une planète est une ellipse dont le centre du soleil est l'un des foyers.

2<sup>ème</sup> loi des aires : Le segment [SP] qui relie le centre du soleil au centre de la planète balaie des aires égales durant des périodes égales.

## **Conclusion : (SLIDE)**

Dans cette leçon on a vu comment mettre en équation la chute libre et les mouvements type planète, satellite. La deuxième loi de Newton peut sembler compliquée mais exercices d'application avec différentes conditions-> comprendre le sens physique des équations.

On a vu que poids et gravitation étaient identiques à ceci près que ce n'est pas la même échelle et qu'on fait une approximation pour le poids.

Limite de nos modèles sur terre mais qu'on a pas pour les satellites en orbite c'est les frottements, du coup on pouvait pas démontrer ce que Galilée prétendait, il faut du vide-> c'est pour ça qu'il a eu du mal à faire admettre ses idées. La plume ne tombe pas aussi vite que le plomb sur terre-> En 1971 Apollo 15 a pu le montrer expérimentalement. **SLIDE**

<http://sciences-physiques.ac-besancon.fr/2019/05/19/1ere-pc-etudier-le-mouvement-dun-systeme-avec-python/>

Capacité numérique : Représenter, à l'aide d'un langage de programmation, des vecteurs accélération d'un point lors d'un mouvement. -> repère de Frenet.

Point historique Galilée loi de la chute des corps. Pour le poids mouvement toujours soumis à la même force quelque soit la trajectoire, alors vous verrez plus tard que certaines traj nécessitent la prise en compte des frottements fluide comme par exemple les effets au foot...

Distinguer la phys des maths.

**D'après le programme notion d'accélération importante et à priori à casser car préjugé du langage courant.**

Sirius

<https://biblio.nathan.fr/adistance/9782091317502/?openBook=9782091317502%3fdXNlck5hbWU9eDhGR3U2bmZ4SkJxejlvOEKzOXlZQT09JnVzZXJQYXNzd29yZD1XalB3YkZzdmZ2RmNDSHNXUmgymt3PT0mZGVtbz10cnVlJndhdGVybWFyaz0=>

Hatier :

<https://mesmanuels.fr/acces-libre/9782401073371>

hachette :

<https://mesmanuels.fr/acces-libre/9782016290040>

question :

Réf gal : principe d'inertie vérifié.

ligne d'horizon : une dizaine de km (plat) mais avec le mont blanc on peut le voir à 150km

Démonstration loi de Kepler :

1<sup>ère</sup> loi : avec le PFD

2<sup>ème</sup> loi : avec le théorème des moments : car moment cinétique constant =  $m r^2 d\theta/dt = \text{cte}$

Vaerolaire =  $dA/dt = (r \times r d\theta / 2) / dt$  (demi-rectangle) =  $r^2 \theta \text{ point } / 2$

3<sup>ème</sup> loi : à partir de la loi des aires, ou comme on a fait.

Raisonnement spontanée des élèves :

-Que la vitesse d'un individu dans la voiture par rapport au réf voiture c'est la vitesse de la voiture.

-qu'un mouvement décéléré dans la vraie vie est accéléré d'un point de vue physique.

-Principe d'inertie (l'objet peut avoir un mouvement rectiligne uniforme)

-que les objets lourds tombent plus vite

-le poids et la masse (pas clair dans le langage courant)

Expérience :

Force de stockes -6PI eta R V bille m = 2,2g , R=4mm P =0,021N Ffrot= 0,00004N donc négligeable

Nombre de Reynolds :  $Re = vL/\nu = 1538$  c'est entre turbulent et stationnaire pas ouf, on voit que à 1m c'est pas ouf.

Capteur de l'appareillage: 1 diode émettrice et un phototransistor récepteur.

Téléphone : capteur MEMS (petite tige mobile l'une par rapport à une deuxième immobile)

Les gros bateaux sont stabilisés par des gyroscopes géants.

Marée (eau vive morte (dépend de si la lune et le soleil font aller le terme de marée dans le même sens ou non.

Terme de marée, bourrelet des deux côtés, le deuxième s'explique en gros par la force axifuge.

Accéléromètre à ressort : masse au bout d'un ressort en appui sur un piézo la contrainte crée un champ/tension