

# Démarche de Newton & gravitation universelle

## Stage Système solaire

Y. Delhaye

FFAAB

3 juin 2015

- 1 Découverte de la loi
  - Question
  - Observations
  - Fin de la dualité Terre-Ciel
    - Expérience de pensée
  - Conséquences
- 2 Loi de la gravitation universelle
  - Formulation
  - Conséquences
  - Autres calculs possibles

# Dans les bottes de Newton

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

# Dans les bottes de Newton

## Suivre la démarche de Newton

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

### Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

# Dans les bottes de Newton

## Suivre la démarche de Newton



FIGURE : Les chaussures de Newton ?

# La Terre, le Soleil et ...

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

**Question**

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

# La Terre, le Soleil et ...

## La lune

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

**Question**

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

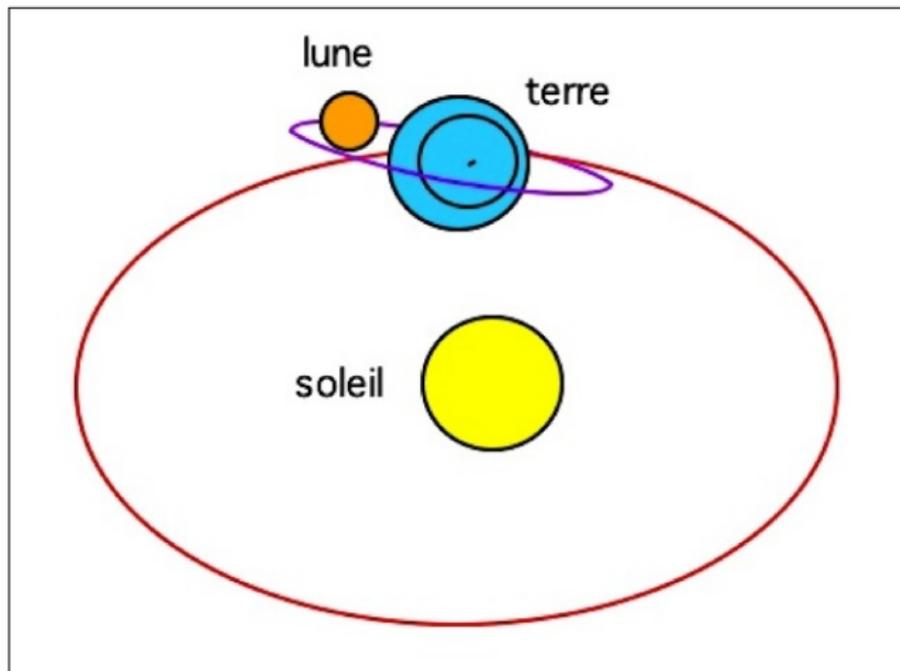
Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

# La Terre, le Soleil et ...

## La lune



Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

# Comment se fait-il que la Terre entraîne la Lune avec elle dans son mouvement annuel autour du Soleil ?"

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

**Question**

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

# Comment se fait-il que la Terre entraîne la Lune avec elle dans son mouvement annuel autour du Soleil ?"

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

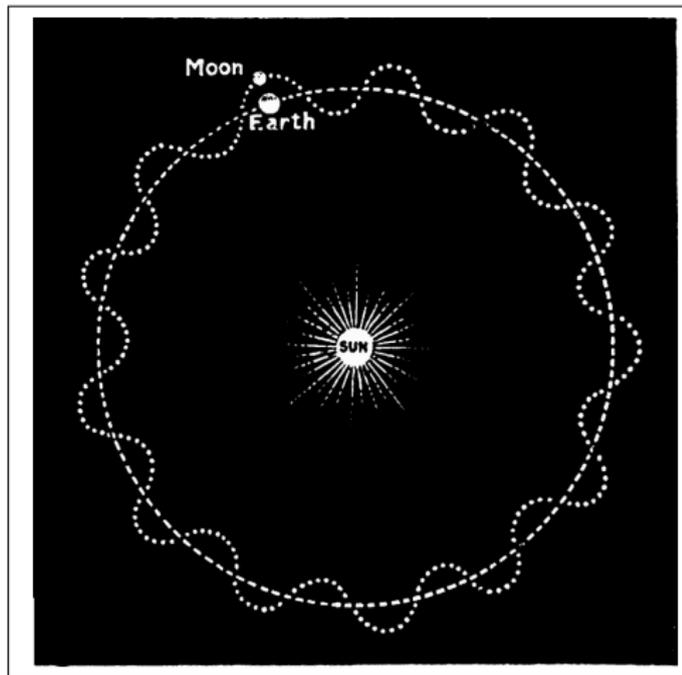
Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles



Phet

# La chute des corps

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

**Observations**

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

# La chute des corps

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

**Observations**

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

## Raisonnements sur observations

# La chute des corps

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

**Observations**

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Raisonnements sur observations  
"Les corps tombent."

# La chute des corps

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

**Observations**

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

## Raisonnements sur observations

### "Les corps tombent." (à proximité de la surface de la Terre)

# La chute des corps

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

**Observations**

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

## Raisonnements sur observations

### "Les corps tombent." (à proximité de la surface de la Terre)

### MRUA

# La chute des corps

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

**Observations**

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Raisonnements sur observations

"Les corps tombent." (à proximité de la surface de la Terre)

MRUA : Une chute libre !

# La chute des corps

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

**Observations**

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Raisonnements sur observations

"Les corps tombent." (à proximité de la surface de la Terre)

MRUA : Une chute libre !

Terre exerce une force d'attraction

# La chute des corps

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

**Observations**

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Raisonnements sur observations

"Les corps tombent." (à proximité de la surface de la Terre)

MRUA : Une chute libre !

Terre exerce une force d'attraction (pesanteur)

# La chute des corps

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

**Observations**

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Raisonnements sur observations

"Les corps tombent." (à proximité de la surface de la Terre)

MRUA : Une chute libre !

Terre exerce une force d'attraction (pesanteur)  
sur les objets à proximité de sa surface.

# La chute des corps

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

**Observations**

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Raisonnements sur observations

"Les corps tombent." (à proximité de la surface de la Terre)

MRUA : Une chute libre !

Terre exerce une force d'attraction (pesanteur)  
sur les objets à proximité de sa surface.

Cette force est dirigée vers le centre de la Terre

# La chute des corps

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Raisonnements sur observations

"Les corps tombent." (à proximité de la surface de la Terre)

MRUA : Une chute libre !

Terre exerce une force d'attraction (pesanteur)  
sur les objets à proximité de sa surface.

Cette force est dirigée vers le centre de la Terre et vaut

$$P = m \cdot g.$$

# La chute des corps

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Raisonnements sur observations

"Les corps tombent." (à proximité de la surface de la Terre)

MRUA : Une chute libre !

Terre exerce une force d'attraction (pesanteur)  
sur les objets à proximité de sa surface.

Cette force est dirigée vers le centre de la Terre et vaut

$$P = m \cdot g.$$

Intensité de F

# La chute des corps

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Raisonnements sur observations

"Les corps tombent." (à proximité de la surface de la Terre)

MRUA : Une chute libre !

Terre exerce une force d'attraction (pesanteur)  
sur les objets à proximité de sa surface.

Cette force est dirigée vers le centre de la Terre et vaut

$$P = m \cdot g.$$

Intensité de  $F$

est proportionnelle

# La chute des corps

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Raisonnements sur observations

"Les corps tombent." (à proximité de la surface de la Terre)

MRUA : Une chute libre !

Terre exerce une force d'attraction (pesanteur)  
sur les objets à proximité de sa surface.

Cette force est dirigée vers le centre de la Terre et vaut

$$P = m \cdot g.$$

Intensité de  $F$

est proportionnelle à la masse des objets attirés.

# Obey gravity ! It's the law !

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

**Fin de la dualité  
Terre-Ciel**

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

# Obey gravity ! It's the law !

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

**Fin de la dualité  
Terre-Ciel**

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

## Terre attire la Lune

# Obey gravity ! It's the law !

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

**Fin de la dualité  
Terre-Ciel**

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

## Terre attire la Lune & tous les corps matériels

# Obey gravity ! It's the law !

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

**Fin de la dualité  
Terre-Ciel**

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Terre attire la Lune & tous les corps matériels (situés à sa surface)

# Obey gravity ! It's the law !

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Terre attire la Lune & tous les corps matériels (situés à sa surface)  
Corps terrestres

# Obey gravity ! It's the law !

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Terre attire la Lune & tous les corps matériels (situés à sa surface)

Corps terrestres , corps célestes

# Obey gravity ! It's the law !

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Terre attire la Lune & tous les corps matériels (situés à sa surface)

Corps terrestres , corps célestes mêmes lois

# Obey gravity ! It's the law !

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Terre attire la Lune & tous les corps matériels (situés à sa surface)

Corps terrestres , corps célestes mêmes lois  
Lune

# Obey gravity ! It's the law !

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Terre attire la Lune & tous les corps matériels (situés à sa surface)

Corps terrestres , corps célestes mêmes lois

Lune corps matériel

# Obey gravity ! It's the law !

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Terre attire la Lune & tous les corps matériels (situés à sa surface)

Corps terrestres , corps célestes mêmes lois

Lune corps matériel même type corps terrestres.

# Obey gravity ! It's the law !

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Terre attire la Lune & tous les corps matériels (situés à sa surface)

Corps terrestres , corps célestes mêmes lois

Lune corps matériel même type corps terrestres.

Test hypothèse

# Obey gravity ! It's the law !

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Terre attire la Lune & tous les corps matériels (situés à sa surface)

Corps terrestres , corps célestes mêmes lois

Lune corps matériel même type corps terrestres.

Test hypothèse deux "exemples"

# Trajectoire d'un objet lancé obliquement à la surface de la Terre.

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

**Fin de la dualité  
Terre-Ciel**

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles



# Trajectoire d'un objet lancé obliquement à la surface de la Terre.

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

---

Normal :

# Trajectoire d'un objet lancé obliquement à la surface de la Terre.

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles



Normal : trajectoire 1.

# Trajectoire d'un objet lancé obliquement à la surface de la Terre.

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles



Normal : trajectoire 1.  
Si pas de pesanteur,

# Trajectoire d'un objet lancé obliquement à la surface de la Terre.

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles



Normal : trajectoire 1.

Si pas de pesanteur,  
mouvement de type **MRU**

# Trajectoire d'un objet lancé obliquement à la surface de la Terre.

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

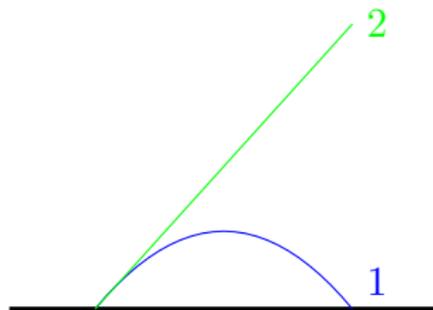
Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles



Normal : trajectoire 1.

Si pas de pesanteur,  
mouvement de type **MRU**  
trajectoire 2.

# La lune

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

**Fin de la dualité  
Terre-Ciel**

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Hypothèse :

# La lune

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

**Fin de la dualité  
Terre-Ciel**

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

## Hypothèse : Lune

# La lune

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

**Fin de la dualité  
Terre-Ciel**

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Hypothèse : Lune mvt. dans le vide.

# La lune

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

**Fin de la dualité  
Terre-Ciel**

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Hypothèse : Lune mvt. dans le vide.  
Si Lune pas attirée par la Terre,

# La lune

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

**Fin de la dualité  
Terre-Ciel**

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Hypothèse : Lune mvt. dans le vide.  
Si Lune pas attirée par la Terre, Alors

# La lune

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Hypothèse : Lune mvt. dans le vide.

Si Lune pas attirée par la Terre, Alors MRU éloignement  
continuel de la Terre,

# La lune

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Hypothèse : Lune mvt. dans le vide.

Si Lune pas attirée par la Terre, Alors MRU éloignement  
continuel de la Terre,  
Pas le cas !

# La lune

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Hypothèse : Lune mvt. dans le vide.

Si Lune pas attirée par la Terre, Alors MRU éloignement  
continuel de la Terre,

Pas le cas !

Donc

# La lune

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Hypothèse : Lune mvt. dans le vide.

Si Lune pas attirée par la Terre, Alors MRU éloignement  
continuel de la Terre,

Pas le cas !

Donc pesanteur entrave son MRU.

# La lune

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Hypothèse : Lune mvt. dans le vide.

Si Lune pas attirée par la Terre, Alors MRU éloignement  
continuel de la Terre,

Pas le cas !

Donc pesanteur entrave son MRU.

TEST :

# La lune

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Hypothèse : Lune mvt. dans le vide.

Si Lune pas attirée par la Terre, Alors MRU éloignement  
continuel de la Terre,

Pas le cas !

Donc pesanteur entrave son MRU.

TEST : expérience de pensée

# Trajectoire d'un corps lancé horizontalement à partir d'une grande hauteur au-dessus de la surface de la Terre avec des vitesses différentes

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

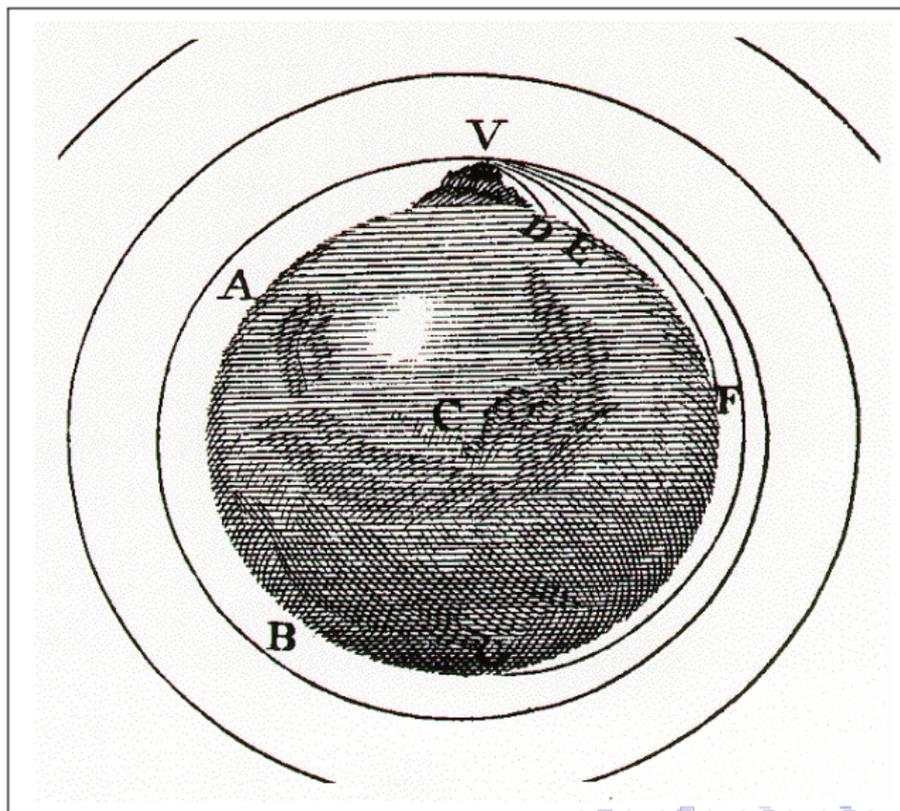
Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles



# Démarche de Newton & gravitation universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

**Expérience de  
pensée**

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

**Expérience de  
pensée**

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

# Planets

## Trajectoire Lune : ellipse

Trajectoire Lune : ellipse  
Équilibre dépend de 2 causes :

- Tendence naturelle à perpétuer mouvement initial :

Trajectoire Lune : ellipse  
Équilibre dépend de 2 causes :

- Tendance naturelle à perpétuer mouvement initial :  
Mais,

Trajectoire Lune : ellipse  
Équilibre dépend de 2 causes :

- Tendance naturelle à perpétuer mouvement initial :  
Mais, si seule cause

Trajectoire Lune : ellipse  
Équilibre dépend de 2 causes :

- Tendance naturelle à perpétuer mouvement initial :  
Mais, si seule cause  
Alors Lune s'éloignerait continuellement de la Terre.

Trajectoire Lune : ellipse  
Équilibre dépend de 2 causes :

- Tendance naturelle à perpétuer mouvement initial :  
Mais, si seule cause  
Alors Lune s'éloignerait continuellement de la Terre.
- Tendance à se rapprocher de la surface de la Terre sous  
l'effet de la pesanteur :

Trajectoire Lune : ellipse  
Équilibre dépend de 2 causes :

- Tendance naturelle à perpétuer mouvement initial :  
Mais, si seule cause  
Alors Lune s'éloignerait continuellement de la Terre.
- Tendance à se rapprocher de la surface de la Terre sous  
l'effet de la pesanteur :  
Si seule la force de gravité était en jeu.

Trajectoire Lune : ellipse  
Équilibre dépend de 2 causes :

- Tendance naturelle à perpétuer mouvement initial :  
Mais, si seule cause  
Alors Lune s'éloignerait continuellement de la Terre.
- Tendance à se rapprocher de la surface de la Terre sous  
l'effet de la pesanteur :  
Si seule la force de gravité était en jeu.  
Lune aurait tendance à s'écraser sur la Terre !

# La Terre attire la Lune

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

**Conséquences**

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

## Lune

# La Terre attire la Lune

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

**Conséquences**

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

## Lune "attachée" à la Terre

# La Terre attire la Lune

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

**Conséquences**

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

## Lune "attachée" à la Terre trajectoire quasi circulaire

# La Terre attire la Lune

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

**Conséquences**

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Lune "attachée" à la Terre  
trajectoire quasi circulaire  
Conclusion de Newton

# La Terre attire la Lune

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Lune "attachée" à la Terre  
trajectoire quasi circulaire  
Conclusion de Newton  
force attractive

# La Terre attire la Lune

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Lune "attachée" à la Terre  
trajectoire quasi circulaire  
Conclusion de Newton  
force attractive pas trop grande

# La Terre attire la Lune

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Lune "attachée" à la Terre  
trajectoire quasi circulaire  
Conclusion de Newton  
force attractive pas trop grande  
Sinon de son orbite vers la Terre

# La Terre attire la Lune

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhay

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Lune "attachée" à la Terre  
trajectoire quasi circulaire  
Conclusion de Newton  
force attractive pas trop grande  
Sinon de son orbite vers la Terre  
Ni trop petite

# La Terre attire la Lune

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhay

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Lune "attachée" à la Terre  
trajectoire quasi circulaire  
Conclusion de Newton  
force attractive pas trop grande  
Sinon de son orbite vers la Terre  
Ni trop petite  
Sinon trajet en ligne droite.

# Force Terre - Lune

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

**Conséquences**

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

La Terre exerce sur la Lune une force  $F_{T-L}$

# Force Terre - Lune

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

La Terre exerce sur la Lune une force  $F_{T-L}$

$$F_{T-L} = k \frac{m_L}{r_{T-L}^2} \text{ où } k = \text{une constante}$$

# Force Soleil - Planète

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

$$F_{S-P} = K \frac{M_P}{R_{S-P}^2} \text{ où } K = \text{une autre constante}$$

# Kepler, loi en $1/d$ , loi en $1/d^2$

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Kepler avait imaginé force en " $1/d$ ".

# Kepler, loi en $1/d$ , loi en $1/d^2$

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Kepler avait imaginé force en " $1/d$ ". Non !

# Kepler, loi en $1/d$ , loi en $1/d^2$

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

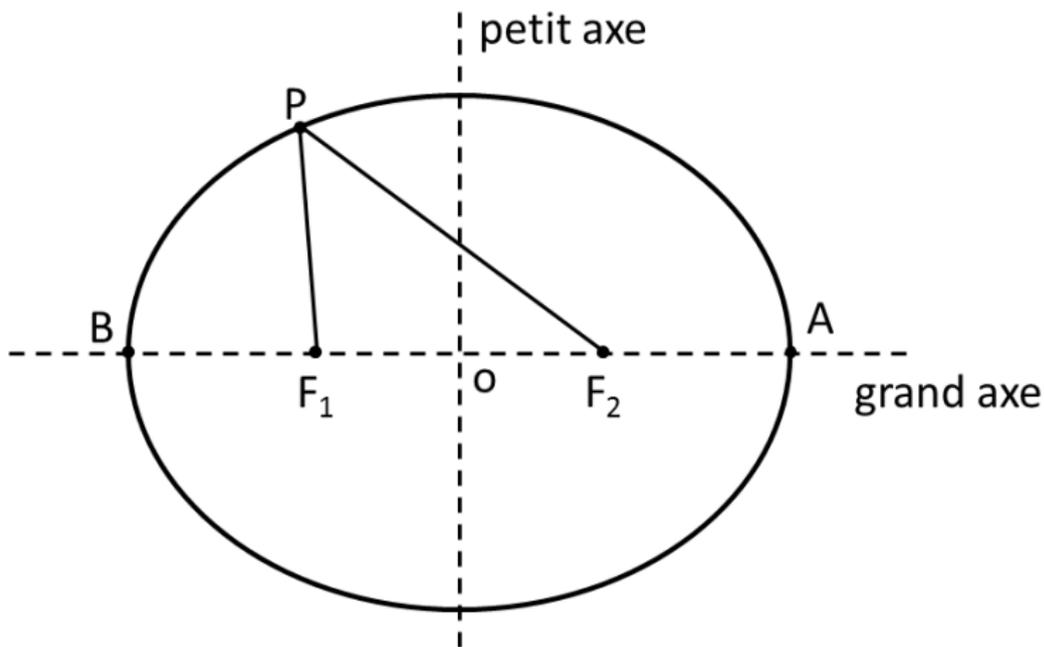
Conséquences

Autres calculs  
possibles

Kepler avait imaginé force en " $1/d$ ". Non !  
Mais Newton connaît la première loi de Kepler.

# Première loi de Kepler

## Rappel



# Centre et foyer

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhay

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

**Conséquences**

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Si loi d'attraction en  $1/d$

# Centre et foyer

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

**Conséquences**

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Si loi d'attraction en  $1/d$   
Alors centre de masse

# Centre et foyer

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Si loi d'attraction en  $1/d$   
Alors centre de masse au centre de l'ellipse.

# Centre et foyer

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Si loi d'attraction en  $1/d$   
Alors centre de masse au centre de l'ellipse.  
Si,

# Centre et foyer

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Si loi d'attraction en  $1/d$   
Alors centre de masse au centre de l'ellipse.  
Si, par contre,

# Centre et foyer

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Si loi d'attraction en  $1/d$

Alors centre de masse au centre de l'ellipse.

Si, par contre, force en  $1/d^2$

# Centre et foyer

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Si loi d'attraction en  $1/d$

Alors centre de masse au centre de l'ellipse.

Si, par contre, force en  $1/d^2$

Alors centre de masse

# Centre et foyer

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Si loi d'attraction en  $1/d$

Alors centre de masse au centre de l'ellipse.

Si, par contre, force en  $1/d^2$

Alors centre de masse = un des foyers

# La loi

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

$$F = G \frac{m \cdot m'}{r^2}$$

$G = C^{\text{ste}}$  universelle valant  $6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$

# La constante de Kepler

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

**Conséquences**

Autres calculs  
possibles

$$T^2/R^3 \sim 1/\text{masse du Soleil}$$

# Masses

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

## Même démarche

# Masses

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Même démarche  
Déterminer masses

# Masses

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhayé

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

Même démarche  
Déterminer masses

# Masses

Démarche de  
Newton &  
gravitation  
universelle

Y. Delhaye

Introduction

Découverte de  
la loi

Question

Observations

Fin de la dualité  
Terre-Ciel

Expérience de  
pensée

Conséquences

Loi de la  
gravitation  
universelle

Formulation

Conséquences

Autres calculs  
possibles

## Même démarche Déterminer masses

- planètes possédant une lune

## Même démarche Déterminer masses

- planètes possédant une lune
- étoiles doubles

## Même démarche

### Déterminer masses

- planètes possédant une lune
- étoiles doubles
- trou noir au centre de notre galaxie

## Exemple 1

# Exemple 1

# Exemple 2