



## La leçon perdue de Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

# La leçon perdue de Feynman

## IRPHY-Astro

Y. Delhayé

Irphy

25-26-27 mars 2022



## La leçon perdue de Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

# 1 1<sup>re</sup> démarche

- Enveloppe
- Avec des points
- Variante
- Machines



## La leçon perdue de Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- 1 1<sup>re</sup> démarche
  - Enveloppe
  - Avec des points
  - Variante
  - Machines
- 2 2<sup>e</sup> démarche
  - Géométrie
  - Physique



## La leçon perdue de Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

### 1 1<sup>re</sup> démarche

- Enveloppe
- Avec des points
- Variante
- Machines

### 2 2<sup>e</sup> démarche

- Géométrie
- Physique

### 3 FGU & trajectoire

- 2<sup>e</sup> loi de Kepler
- Hodographe
- FGU et ellipse
- Grandeur de la vitesse et hodographe



## La leçon perdue de Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

### 1 1<sup>re</sup> démarche

- Enveloppe
- Avec des points
- Variante
- Machines

### 2 2<sup>e</sup> démarche

- Géométrie
- Physique

### 3 FGU & trajectoire

- 2<sup>e</sup> loi de Kepler
- Hodographe
- FGU et ellipse
- Grandeur de la vitesse et hodographe

### 4 Bibliographie

- Livres



# Introduction

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

## Introduction

### 1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

### 2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

## FGU & trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

## Bibliographie

Livres

■ origine une capsule vidéo



# Introduction

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

## Introduction

### 1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

### 2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

## FGU & trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

## Bibliographie

Livres

- origine une capsule vidéo
- de la chaîne youtube "minutephysics"



# Introduction

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

## Introduction

### 1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

### 2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

## FGU & trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

## Bibliographie

Livres

- origine une capsule vidéo
- de la chaîne youtube "minutephysics"
- avec Grant Sanderson comme présentateur invité.



# Introduction

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

## Introduction

### 1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

### 2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

### FGU & trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

### Bibliographie

Livres

- origine une capsule vidéo
- de la chaîne youtube "minutephysics"
- avec Grant Sanderson comme présentateur invité.
- La chaîne youtube "3blue1brown" de Grant Sanderson : remarquable



# Introduction

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

## Introduction

### 1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

### 2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

### FGU & trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

## Bibliographie

Livres

- origine une capsule vidéo
- de la chaîne youtube "minutephysics"
- avec Grant Sanderson comme présentateur invité.
- La chaîne youtube "3blue1brown" de Grant Sanderson : remarquable
- mathématiques mais conseil : la consulter



# Introduction

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- capsule : elle-même pour origine livre <sup>1</sup>

---

1. GOODSTEIN, *Feynman's lost lecture : the motion of planets around the sun.*



# Introduction

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- capsule : elle-même pour origine livre <sup>1</sup>
- "Feynman's lost lecture"

---

1. GOODSTEIN, *Feynman's lost lecture : the motion of planets around the sun.*



# Introduction

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- capsule : elle-même pour origine livre <sup>1</sup>
- "Feynman's lost lecture"
- de David L. & Judith R. Goodstein.

---

1. GOODSTEIN, *Feynman's lost lecture : the motion of planets around the sun.*



# Introduction

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- capsule : elle-même pour origine livre <sup>1</sup>
- "Feynman's lost lecture"
- de David L. & Judith R. Goodstein.
- "leçon perdue" de Feynman est à son tour basée sur

---

1. GOODSTEIN, *Feynman's lost lecture : the motion of planets around the sun.*



# Introduction

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- capsule : elle-même pour origine livre <sup>1</sup>
- "Feynman's lost lecture"
- de David L. & Judith R. Goodstein.
- "leçon perdue" de Feynman est à son tour basée sur
- "Philosophiae naturalis principia mathematica" d'Isaac Newton :

---

1. GOODSTEIN, *Feynman's lost lecture : the motion of planets around the sun.*



# Introduction

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- capsule : elle-même pour origine livre<sup>1</sup>
- "Feynman's lost lecture"
- de David L. & Judith R. Goodstein.
- "leçon perdue" de Feynman est à son tour basée sur
- "Philosophiae naturalis principia mathematica" d'Isaac Newton :
- le mouvement orbital des planètes autour du Soleil.

---

1. GOODSTEIN, *Feynman's lost lecture : the motion of planets around the sun.*



# Introduction

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

## Introduction

### 1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

### 2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

## FGU & trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

## Bibliographie

Livres

- lois de Képler justifiées par les lois de Newton



# Introduction

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

## Introduction

### 1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

### 2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

## FGU & trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

## Bibliographie

Livres

- lois de Képler justifiées par les lois de Newton
- démonstration se voulant purement géométrique



# Introduction

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

## Introduction

### 1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

### 2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

## FGU & trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

## Bibliographie

Livres

- lois de Képler justifiées par les lois de Newton
- démonstration se voulant purement géométrique
- s'abstenir d'utiliser l'analyse



# Introduction

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

## Introduction

### 1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

### 2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

### FGU & trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

### Bibliographie

Livres

- lois de Képler justifiées par les lois de Newton
- démonstration se voulant purement géométrique
- s'abstenir d'utiliser l'analyse
- pas d'équation différentielle



# Confiance

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

■ à chaque étape



# Confiance

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- à chaque étape
- "aha-erlebnis"



# Pas vraiment une démonstration

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

**Enveloppe**

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- réaliser une première figure



# Pas vraiment une démonstration

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- réaliser une première figure
- différentes déductions



# Pas vraiment une démonstration

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- réaliser une première figure
- différentes déductions
- variante



# 1<sup>re</sup> figure

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

**Enveloppe**

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

## ■ feuille A4



# 1<sup>re</sup> figure

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- feuille A4
- format "paysage"



# 1<sup>re</sup> figure

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- feuille A4
- format "paysage"
- tracez un cercle



# 1<sup>re</sup> figure

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- feuille A4
- format "paysage"
- tracez un cercle
  - centre approximativement au milieu de la feuille



# 1<sup>re</sup> figure

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- feuille A4
- format "paysage"
- tracez un cercle
  - centre approximativement au milieu de la feuille
  - diamètre un peu inférieur à la largeur de la feuille.



# 1<sup>re</sup> figure

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- feuille A4
- format "paysage"
- tracez un cercle
  - centre approximativement au milieu de la feuille
  - diamètre un peu inférieur à la largeur de la feuille.
- feuille format "paysage"



# 1<sup>re</sup> figure

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- feuille A4
- format "paysage"
- tracez un cercle
  - centre approximativement au milieu de la feuille
  - diamètre un peu inférieur à la largeur de la feuille.
- feuille format "paysage"
- point à l'intérieur du cercle



# 1<sup>re</sup> figure

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- feuille A4
- format "paysage"
- tracez un cercle
  - centre approximativement au milieu de la feuille
  - diamètre un peu inférieur à la largeur de la feuille.
- feuille format "paysage"
- point à l'intérieur du cercle
  - sur droite horizontale passant par centre "O"



# 1<sup>re</sup> figure

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- feuille A4
- format "paysage"
- tracez un cercle
  - centre approximativement au milieu de la feuille
  - diamètre un peu inférieur à la largeur de la feuille.
- feuille format "paysage"
- point à l'intérieur du cercle
  - sur droite horizontale passant par centre "O"
  - approximativement quatre cinquième ( $\frac{4}{5}$ ) du rayon



# 1<sup>re</sup> figure

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Nommer ce point " $F_1$ " (ou  $S$ )



# 1<sup>re</sup> figure

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Nommer ce point " $F_1$ " (ou  $S$ )
- Tracez segment de ce point jusqu'à circonférence du cercle



# 1<sup>re</sup> figure

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Nommer ce point " $F_1$ " (ou  $S$ )
- Tracez segment de ce point jusqu'à circonférence du cercle
- Nommer intersection du segment avec circonférence " $Q_1$ ".



# 1<sup>re</sup> figure

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Nommer ce point " $F_1$ " (ou  $S$ )
- Tracez segment de ce point jusqu'à circonférence du cercle
- Nommer intersection du segment avec circonférence " $Q_1$ ".
- Tracez bissectrice du segment



# 1<sup>re</sup> figure

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Nommer ce point " $F_1$ " (ou  $S$ )
- Tracez segment de ce point jusqu'à circonférence du cercle
- Nommer intersection du segment avec circonférence " $Q_1$ ".
- Tracez bissectrice du segment
  - inutile de tracer bissectrice à l'extérieur du cercle.



# 1<sup>re</sup> figure

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Nommer ce point " $F_1$ " (ou  $S$ )
- Tracez segment de ce point jusqu'à circonférence du cercle
- Nommer intersection du segment avec circonférence " $Q_1$ ".
- Tracez bissectrice du segment
  - inutile de tracer bissectrice à l'extérieur du cercle.
  - Nommer intersection de bissectrice-segment " $M_1$ "



# Premières étapes de la 1<sup>re</sup> figure

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

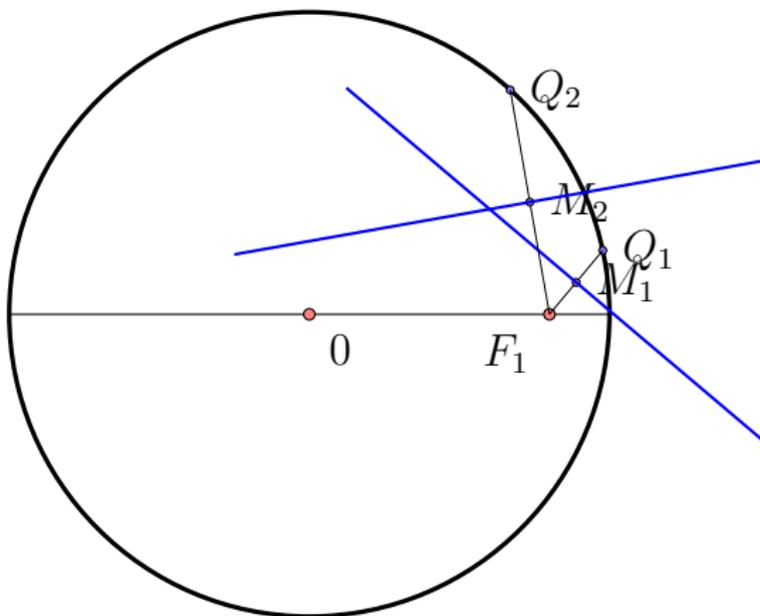
Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres





# Répétez

## La leçon perdue de Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

### Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres



# Répétez

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

**Enveloppe**

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

une vingtaine ou une trentaine de fois

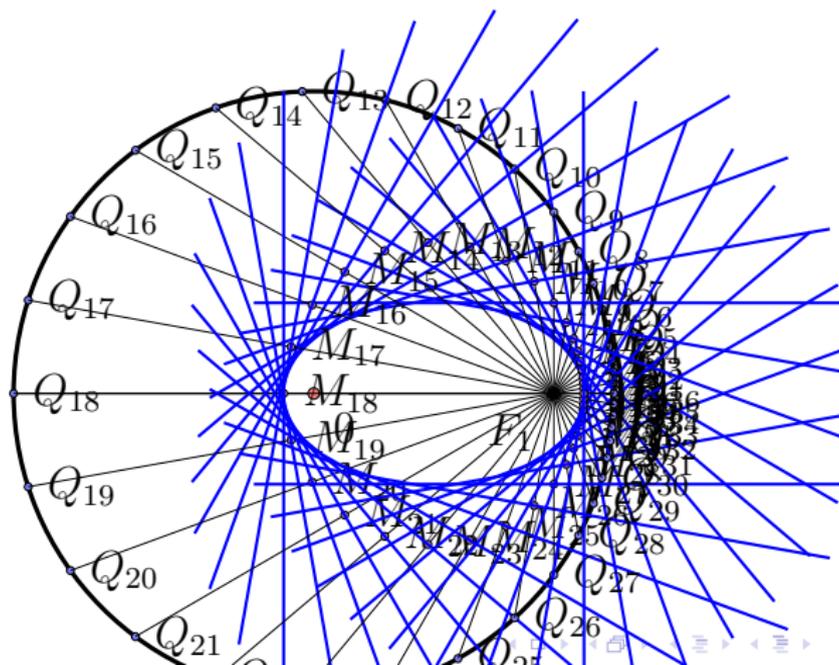


# Répétez

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

une vingtaine ou une trentaine de fois



Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres



# Ellipse ?

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Comment prouver que c'est une ellipse ?



# Ellipse ?

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Comment prouver que c'est une ellipse ?
  - tracer des points sur la circonférence



# Ellipse ?

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Comment prouver que c'est une ellipse ?
  - tracer des points sur la circonférence
  - pour la clarté des opérations



# Ellipse ?

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Comment prouver que c'est une ellipse ?
  - tracer des points sur la circonférence
  - pour la clarté des opérations
  - moins de points



# Ellipse ?

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Comment prouver que c'est une ellipse ?
  - tracer des points sur la circonférence
  - pour la clarté des opérations
  - moins de points
- relier les points " $Q_i$ " au centre " $O$ " du cercle.



# Ellipse ?

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Comment prouver que c'est une ellipse ?
  - tracer des points sur la circonférence
  - pour la clarté des opérations
  - moins de points
- relier les points " $Q_i$ " au centre " $O$ " du cercle.
- $P_i =$  intersection bissectrice-segment " $OQ_i$ "





# Ellipse

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

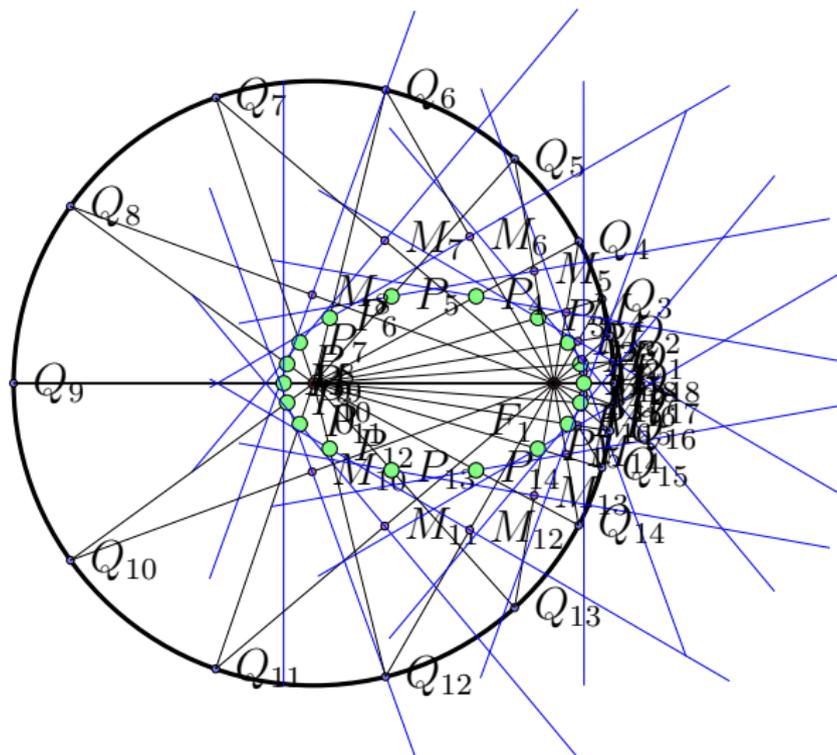
Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres





# Ellipse

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

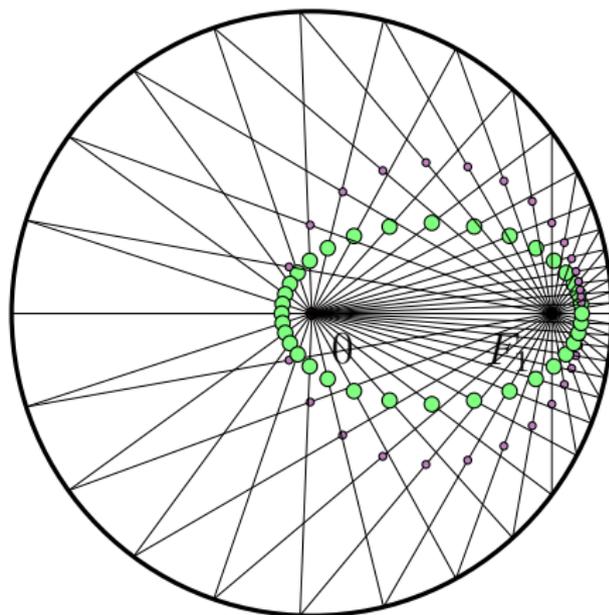


FIGURE – Ellipse : juste les points " $P_i$ ".



# Ellipse : démonstration

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Démontrer que figure des points est bien une ellipse



# Ellipse : démonstration

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Démontrer que figure des points est bien une ellipse
  - Triangle  $F_1PQ$



# Ellipse : démonstration

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Démontrer que figure des points est bien une ellipse
  - Triangle  $F_1PQ$
- généralisable à tous les triangles sur le même principe



# Ellipse : démonstration

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

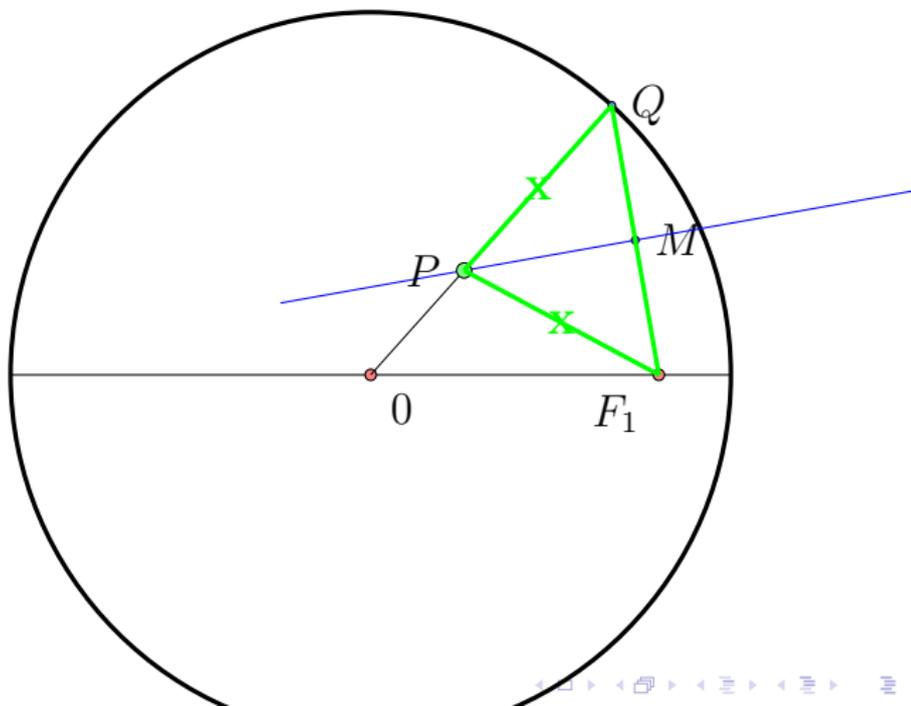
Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres





# Ellipse : démonstration

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

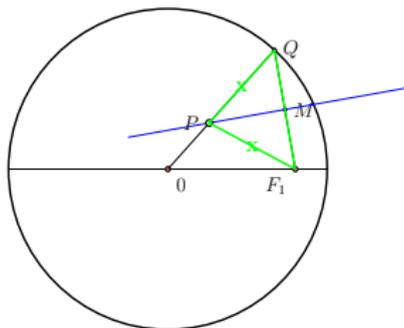
Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres



- sommet  $P$  se trouve sur la médiatrice du segment  $F_1Q$



# Ellipse : démonstration

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

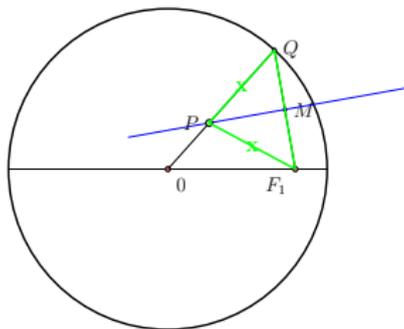
Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres



- sommet  $P$  se trouve sur la médiatrice du segment  $F_1Q$
- triangle  $F_1PQ$  est isocèle



# Ellipse : démonstration

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

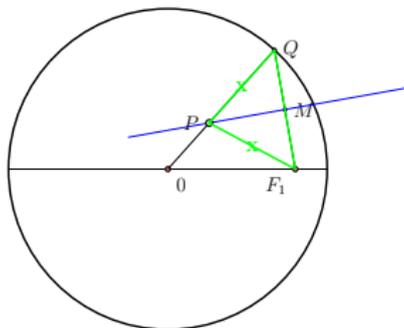
Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres



- sommet  $P$  se trouve sur la médiatrice du segment  $F_1Q$ 
  - triangle  $F_1PQ$  est isocèle
- segment  $OQ$  est un rayon du cercle



# Ellipse : démonstration

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

**Avec des points**

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

$$\|PQ\| = \|PF_1\|$$



# Ellipse : démonstration

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

**Avec des points**

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

$$\|PQ\| = \|PF_1\|$$

$$\|OQ\| = R$$



# Ellipse : démonstration

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

$$\|PQ\| = \|PF_1\|$$

$$\|OQ\| = R$$

$$\|OP\| + \|PQ\| = R$$



# Ellipse : démonstration

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

$$\|PQ\| = \|PF_1\|$$

$$\|OQ\| = R$$

$$\|OP\| + \|PQ\| = R$$

$$\|OP\| + \|PF_1\| = R$$



# Ellipse : démonstration

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

$$\|PQ\| = \|PF_1\|$$

$$\|OQ\| = R$$

$$\|OP\| + \|PQ\| = R$$

$$\|OP\| + \|PF_1\| = R$$

- somme des distances de  $P$  aux points  $O$  et  $F_1$  est constante



# Ellipse : démonstration

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

$$\|PQ\| = \|PF_1\|$$

$$\|OQ\| = R$$

$$\|OP\| + \|PQ\| = R$$

$$\|OP\| + \|PF_1\| = R$$

- somme des distances de  $P$  aux points  $O$  et  $F_1$  est constante
  - définition "du jardinier" de l'ellipse



# Ellipse : démonstration

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

$$\|PQ\| = \|PF_1\|$$

$$\|OQ\| = R$$

$$\|OP\| + \|PQ\| = R$$

$$\|OP\| + \|PF_1\| = R$$

- somme des distances de  $P$  aux points  $O$  et  $F_1$  est constante
  - définition "du jardinier" de l'ellipse
- points  $P_i$  forment bien une ellipse



# Ellipse : démonstration

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

$$\|PQ\| = \|PF_1\|$$

$$\|OQ\| = R$$

$$\|OP\| + \|PQ\| = R$$

$$\|OP\| + \|PF_1\| = R$$

- somme des distances de  $P$  aux points  $O$  et  $F_1$  est constante
  - définition "du jardinier" de l'ellipse
- points  $P_i$  forment bien une ellipse
- CQDDD



# Ellipse : tangente

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

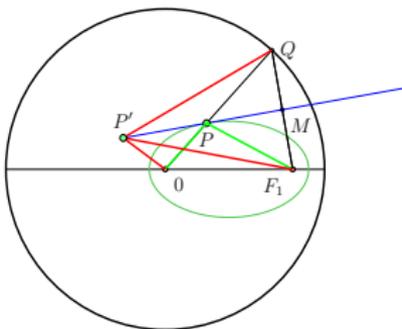
FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Point  $P'$  distinct de  $P$  sur la droite  $PM$





# Ellipse : tangente

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

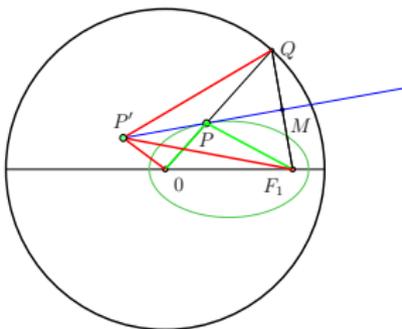
FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Point  $P'$  distinct de  $P$  sur la droite  $PM$
- $P$  sur le rayon du cercle





# Ellipse : tangente

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

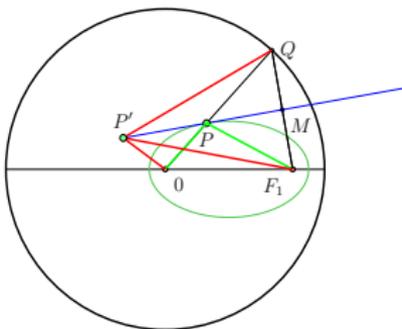
Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Point  $P'$  distinct de  $P$  sur la droite  $PM$
- $P$  sur le rayon du cercle

$$\|OP'\| + \|P'Q\| > R$$





# Ellipse : tangente

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

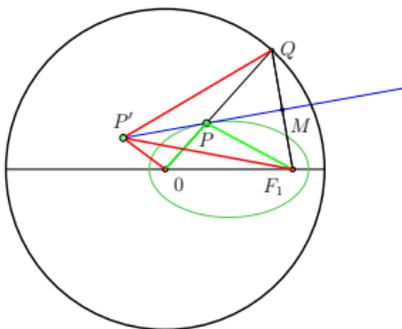
Bibliographie

Livres

- Point  $P'$  distinct de  $P$  sur la droite  $PM$
- $P$  sur le rayon du cercle

$$\|OP'\| + \|P'Q\| > R$$

$$\|OP'\| + \|P'F_1\| > R$$





# Ellipse : tangente

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

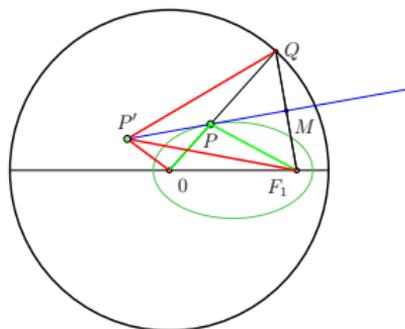
Livres

- Point  $P'$  distinct de  $P$  sur la droite  $PM$
- $P$  sur le rayon du cercle

$$\|OP'\| + \|P'Q\| > R$$

$$\|OP'\| + \|P'F_1\| > R$$

Donc tout point  $P' (\neq P)$  extérieur à l'ellipse





# Ellipse : tangente

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- $P$  seul point de droite  $PM$  en contact avec l'ellipse



# Ellipse : tangente

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- $P$  seul point de droite  $PM$  en contact avec l'ellipse
- droite  $PM$  est tangente à l'ellipse en  $P$



# Et si ?

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

**Variante**

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- point " $F_1$ " à l'extérieur du cercle



# Et si ?

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

**Variante**

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- point " $F_1$ " à l'extérieur du cercle
- Que se passe-t-il ?





# Machines à dessiner des coniques

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

**Machines**

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- "machines" à tracer ces courbes



# Machines à dessiner des coniques

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

**Machines**

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- "machines" à tracer ces courbes
- courant à l'époque de Kepler et Newton



# Machines à dessiner des coniques

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

**Machines**

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- "machines" à tracer ces courbes
- courant à l'époque de Kepler et Newton
- tailler lentilles et miroirs



# Machines à dessiner des coniques

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

**Machines**

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- "machines" à tracer ces courbes
- courant à l'époque de Kepler et Newton
- tailler lentilles et miroirs
- méthode décrite ici : "l'ellipsographe à cercle directeur"







# "Machine" à hyperbole

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

**Machines**

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

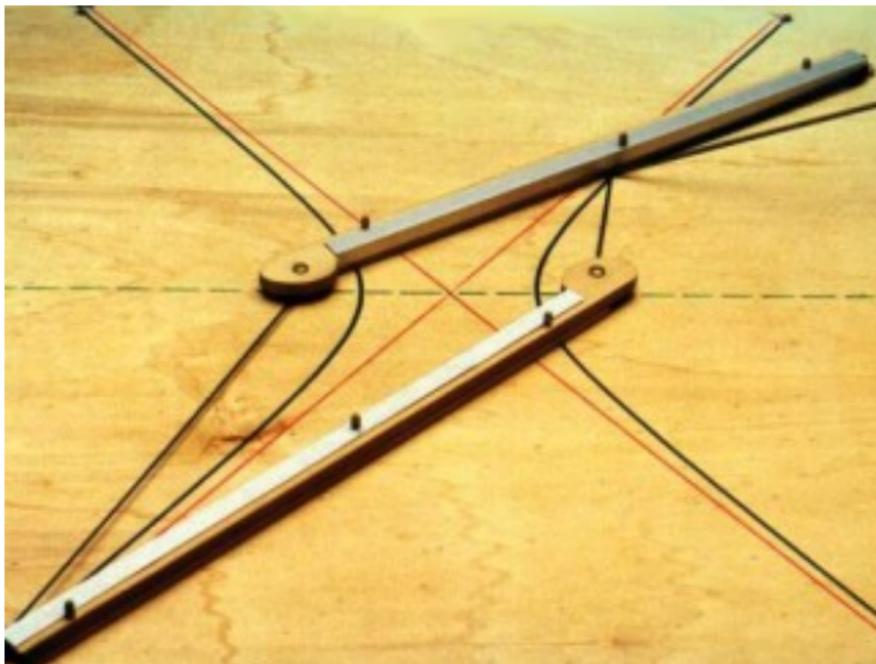
Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres





# Et la physique ?

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

■ "que" des maths !



# Et la physique ?

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- "que" des maths !
- Et la physique là-dedans ?



# Newton et la géométrie

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

**Géométrie**

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Newton (1665) : "analyse" basée sur manipulation de séries infinies



# Newton et la géométrie

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

**Géométrie**

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Newton (1665) : "analyse" basée sur manipulation de séries infinies
- méthode plus "moderne" de Leibniz connue de Newton



# Newton et la géométrie

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Newton (1665) : "analyse" basée sur manipulation de séries infinies
- méthode plus "moderne" de Leibniz connue de Newton
- Mais, dans édition de 1687 des "Philosophiae naturalis principia mathematica"



# Newton et la géométrie

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Newton (1665) : "analyse" basée sur manipulation de séries infinies
- méthode plus "moderne" de Leibniz connue de Newton
- Mais, dans édition de 1687 des "Philosophiae naturalis principia mathematica"
- Newton adopte troisième démarche



# Newton et la géométrie

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Newton (1665) : "analyse" basée sur manipulation de séries infinies
- méthode plus "moderne" de Leibniz connue de Newton
- Mais, dans édition de 1687 des "Philosophiae naturalis principia mathematica"
- Newton adopte troisième démarche
- plus satisfaisante



# Newton et la géométrie

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Newton (1665) : "analyse" basée sur manipulation de séries infinies
- méthode plus "moderne" de Leibniz connue de Newton
- Mais, dans édition de 1687 des "Philosophiae naturalis principia mathematica"
- Newton adopte troisième démarche
- plus satisfaisante
- "analyse géométrique"



# Encore un peu de math

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

**Géométrie**

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

## ■ dérivée de la fonction tangente



# Encore un peu de math

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

**Géométrie**

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- dérivée de la fonction tangente
- pas la démonstration avec définition "classique" de dérivée



# Encore un peu de math

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- dérivée de la fonction tangente
- pas la démonstration avec définition "classique" de dérivée
- comme limite du quotient  $\frac{\Delta f}{\Delta x}$



# Encore un peu de math

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- dérivée de la fonction tangente
- pas la démonstration avec définition "classique" de dérivée
- comme limite du quotient  $\frac{\Delta f}{\Delta x}$
- démarche pas facile quand on la découvre



# Encore un peu de math

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- dérivée de la fonction tangente
- pas la démonstration avec définition "classique" de dérivée
- comme limite du quotient  $\frac{\Delta f}{\Delta x}$
- démarche pas facile quand on la découvre
- si résultat connu



# Encore un peu de math

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- dérivée de la fonction tangente
- pas la démonstration avec définition "classique" de dérivée
- comme limite du quotient  $\frac{\Delta f}{\Delta x}$
- démarche pas facile quand on la découvre
- si résultat connu

$$T = \tan \theta$$



# Encore un peu de math

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- dérivée de la fonction tangente
- pas la démonstration avec définition "classique" de dérivée
- comme limite du quotient  $\frac{\Delta f}{\Delta x}$
- démarche pas facile quand on la découvre
- si résultat connu

$$T = \tan \theta$$
$$\frac{dT}{d\theta} = \frac{1}{\cos^2 \theta}$$



# Encore un peu de math

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- dérivée de la fonction tangente
- pas la démonstration avec définition "classique" de dérivée
- comme limite du quotient  $\frac{\Delta f}{\Delta x}$
- démarche pas facile quand on la découvre
- si résultat connu

$$\begin{aligned} T &= \tan \theta \\ \frac{dT}{d\theta} &= \frac{1}{\cos^2 \theta} \\ &= \frac{\cos^2 \theta + \sin^2 \theta}{\cos^2 \theta} \end{aligned}$$



# Encore un peu de math

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- dérivée de la fonction tangente
- pas la démonstration avec définition "classique" de dérivée
- comme limite du quotient  $\frac{\Delta f}{\Delta x}$
- démarche pas facile quand on la découvre
- si résultat connu

$$\begin{aligned}T &= \tan \theta \\ \frac{dT}{d\theta} &= \frac{1}{\cos^2 \theta} \\ &= \frac{\cos^2 \theta + \sin^2 \theta}{\cos^2 \theta} \\ &= 1 + \frac{\sin^2 \theta}{\cos^2 \theta} \\ &= 1 + T^2\end{aligned}$$



# Encore un peu de math : géométrie

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

**Géométrie**

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

## ■ triangle $ABC$



# Encore un peu de math : géométrie

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

**Géométrie**

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- triangle  $ABC$
- rectangle en  $B$



# Encore un peu de math : géométrie

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- triangle  $ABC$
- rectangle en  $B$
- $\|AB\| = 1$



# Encore un peu de math : géométrie

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

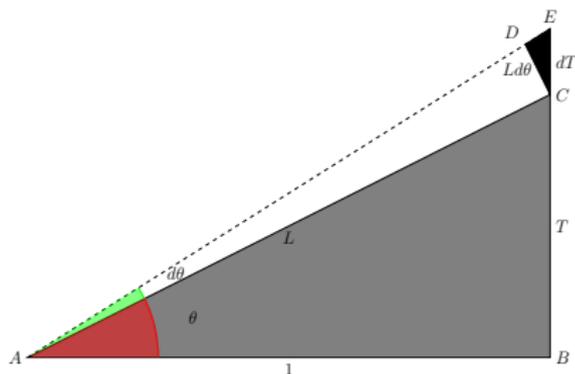
FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- triangle  $ABC$
- rectangle en  $B$
- $\|AB\| = 1$





# Encore un peu de math : géométrie

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

**Géométrie**

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

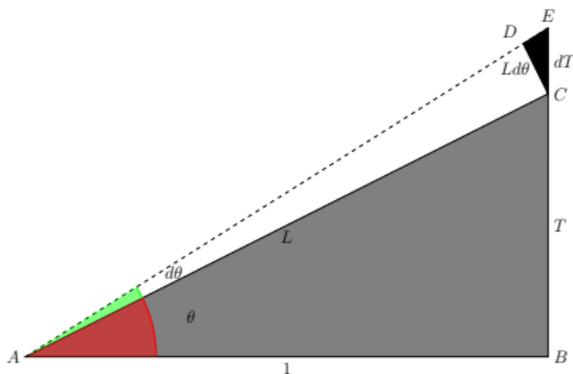
Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres





# Encore un peu de math : géométrie

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

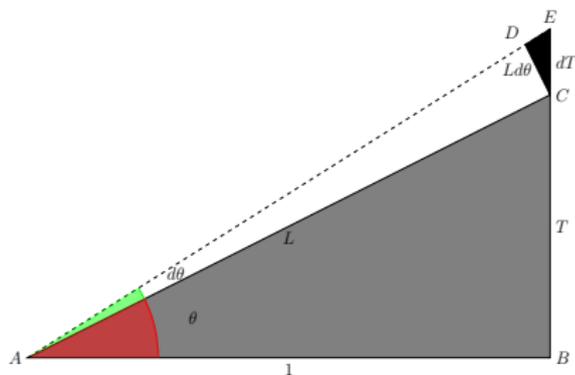
Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres



■ longueur  $T = \|BC\| = \tan \theta$



# Encore un peu de math : géométrie

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

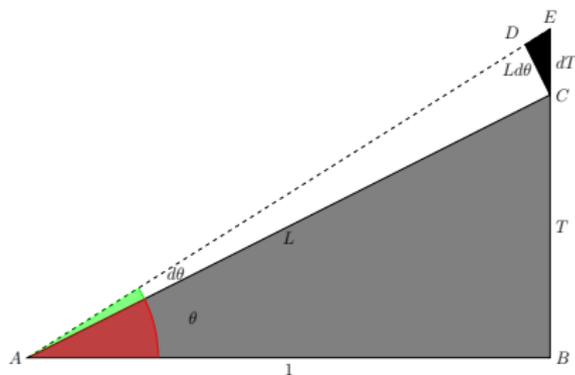
Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres



- longueur  $T = \|BC\| = \tan \theta$
- si accroissement  $dT$  infinitésimal



# Encore un peu de math : géométrie

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

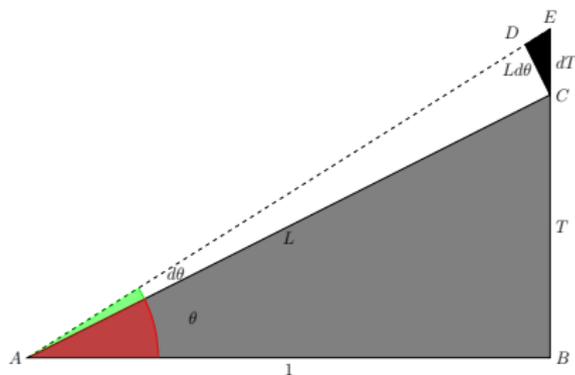
Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres



- longueur  $T = \|BC\| = \tan \theta$
- si accroissement  $dT$  infinitésimal
- alors triangles  $ABC$  et  $CDE$  semblables



# Encore un peu de math : géométrie

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

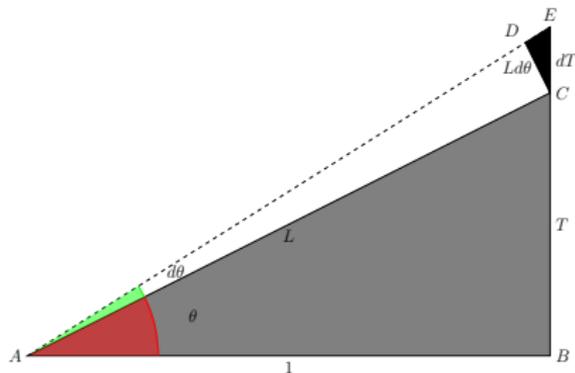
Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres





# Encore un peu de math : géométrie

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

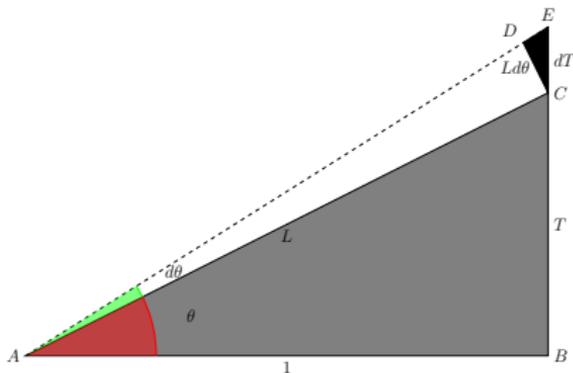
Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres



$$\frac{dT}{Ld\theta} = \frac{L}{1}$$



# Encore un peu de math : géométrie

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

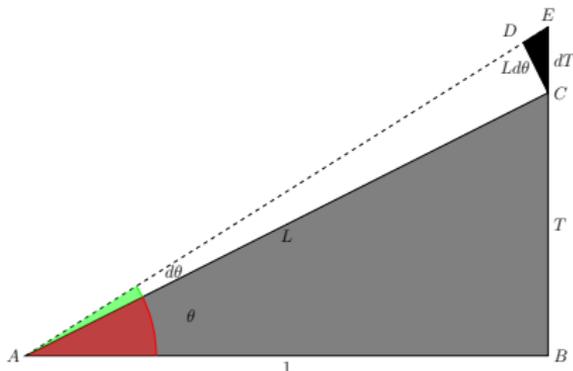
Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres



$$\frac{dT}{Ld\theta} = \frac{L}{1}$$
$$\frac{dT}{d\theta} = L^2$$



# Encore un peu de math : géométrie

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

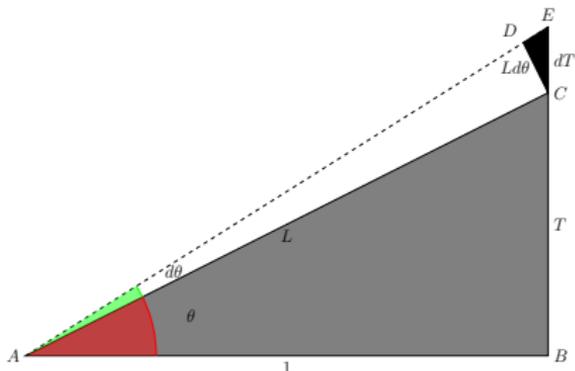
Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres



$$\begin{aligned}\frac{dT}{Ld\theta} &= \frac{L}{1} \\ \frac{dT}{d\theta} &= L^2 \\ &= 1 + T^2\end{aligned}$$



# Encore un peu de math : déduction

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

**Géométrie**

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

■ on retrouve  $\frac{dT}{d\theta} = 1 + T^2$



# Encore un peu de math : déduction

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

**Géométrie**

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- on retrouve  $\frac{dT}{d\theta} = 1 + T^2$
- mais avec triangles semblables



# Encore un peu de math : déduction

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- on retrouve  $\frac{dT}{d\theta} = 1 + T^2$
- mais avec triangles semblables
- pas de calcul de limite !



# Encore un peu de math : déduction

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- on retrouve  $\frac{dT}{d\theta} = 1 + T^2$
- mais avec triangles semblables
- pas de calcul de limite !

$$\frac{dT}{d\theta} = \frac{1}{\cos^2 \theta}$$



# Finalement de la physique

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

**Physique**

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- conservation du moment angulaire



# Finale de la physique

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- conservation du moment angulaire
- petit  $\Delta t$



# Finale de la physique

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- conservation du moment angulaire
- petit  $\Delta t$
- Soleil qui se trouve au foyer  $F_1 : F_1 \rightarrow S$



# Finale de la physique

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- conservation du moment angulaire
- petit  $\Delta t$
- Soleil qui se trouve au foyer  $F_1 : F_1 \rightarrow S$
- $P =$  planète



# Finale de la physique

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- conservation du moment angulaire
- petit  $\Delta t$
- Soleil qui se trouve au foyer  $F_1 : F_1 \rightarrow S$
- $P =$  planète
- Vitesse  $\vec{v}$  pour un petit  $\Delta t$



# Finalement de la physique

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

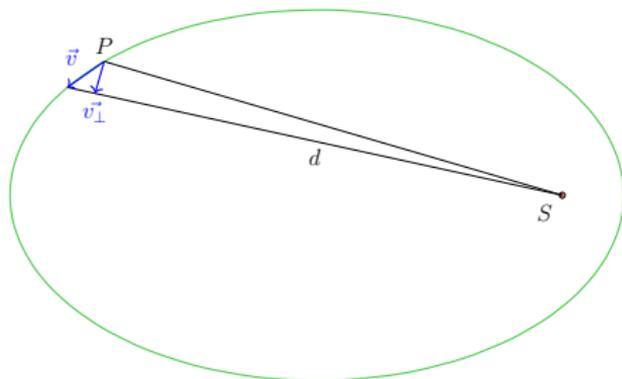
FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- conservation du moment angulaire
- petit  $\Delta t$
- Soleil qui se trouve au foyer  $F_1$  :  $F_1 \rightarrow S$
- $P =$  planète
- Vitesse  $\vec{v}$  pour un petit  $\Delta t$





# Finalement de la physique

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

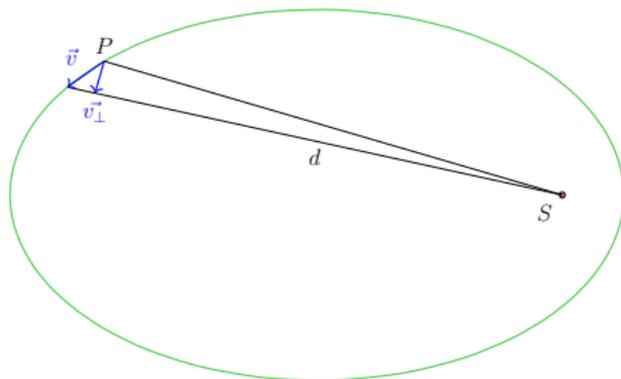
Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres





# Finalement de la physique

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

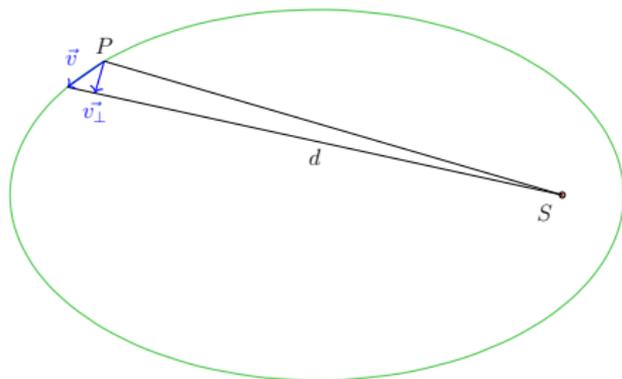
Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres



- Si  $\Delta t$  est petit



# Finalement de la physique

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

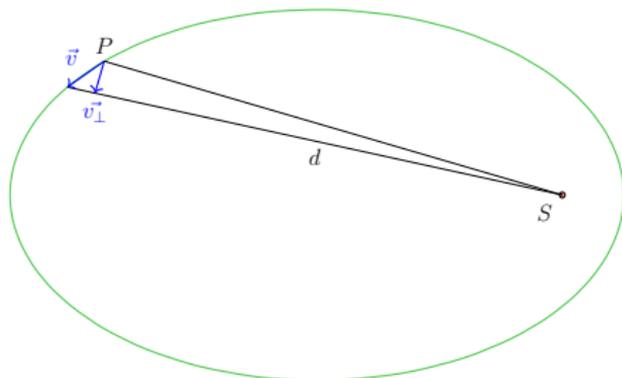
Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres



- Si  $\Delta t$  est petit
- alors distance  $\|SP\| \approx$  distance  $d$



# Finalement de la physique

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

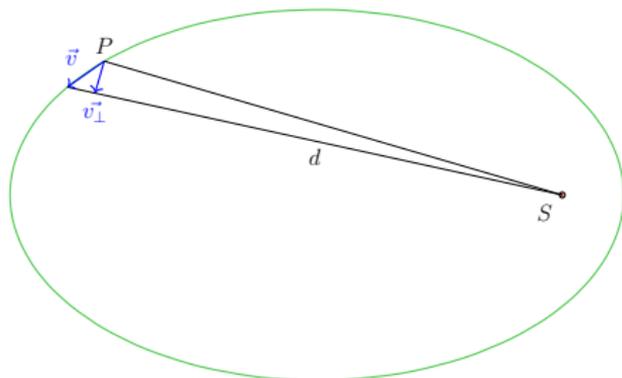
Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres



- Si  $\Delta t$  est petit
- alors distance  $\|SP\| \approx$  distance  $d$
- arc balayé par  $P \approx$  triangle



# Finalement de la physique

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

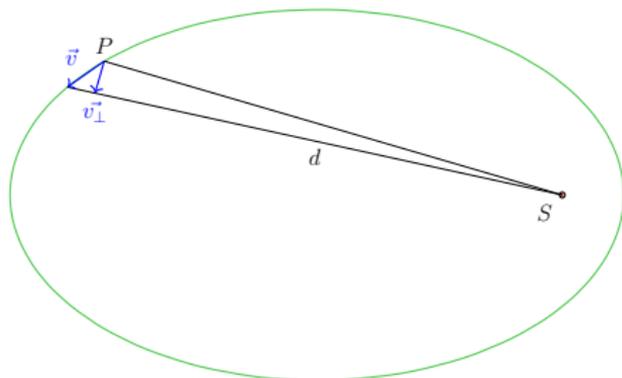
Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres



- Si  $\Delta t$  est petit
- alors distance  $\|SP\| \approx$  distance  $d$
- arc balayé par  $P \approx$  triangle
- surface de l'arc balayé  $\approx$  surface du triangle.



# Finalement de la physique

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

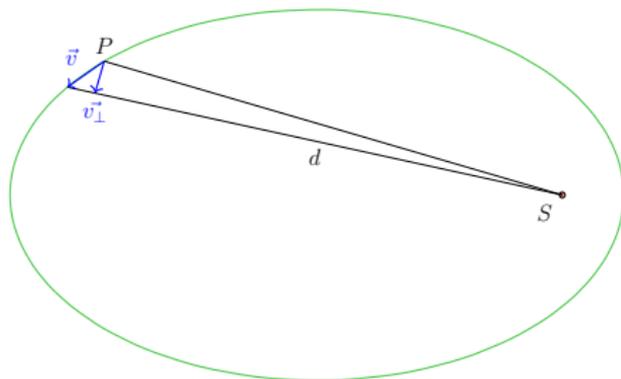
Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres





# Finalement de la physique

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

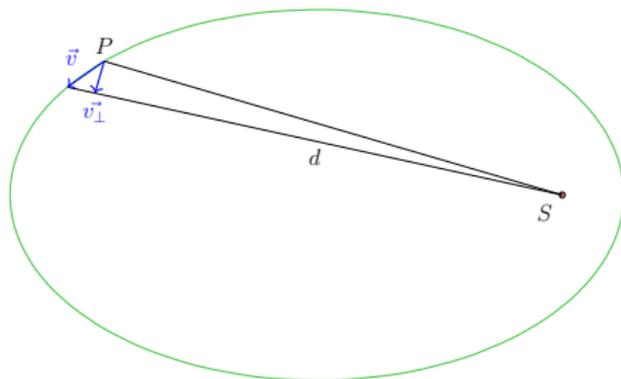
Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres



Base =  $d$



# Finalement de la physique

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

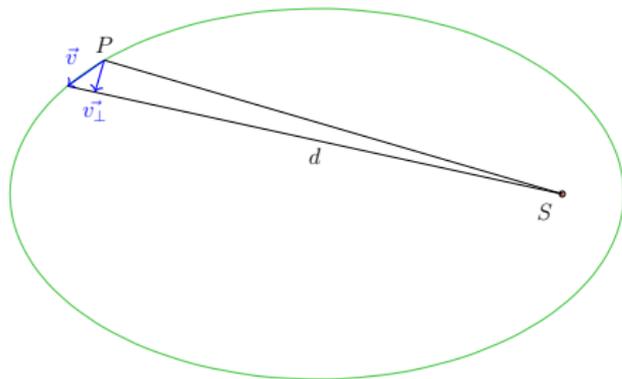
Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres



$$\text{Base} = d$$

$$h = v_{\perp} \cdot \Delta t$$



# Finalement de la physique

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

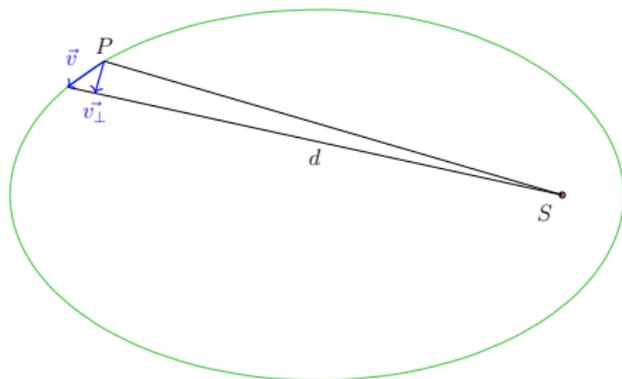
Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres



$$\text{Base} = d$$

$$h = v_{\perp} \cdot \Delta t$$

$$S = \frac{1}{2} d \cdot v_{\perp} \cdot \Delta t$$



# Finalement de la physique

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

## ■ conservation du moment angulaire



# Finalement de la physique

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- conservation du moment angulaire
- si force selon  $SP$



# Finalement de la physique

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- conservation du moment angulaire
- si force selon  $SP$

$$d \cdot v_{\perp} \cdot m = \text{cste}$$



# Finalement de la physique

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- conservation du moment angulaire
- si force selon  $SP$

$$d \cdot v_{\perp} \cdot m = \text{cste}$$

et si  $m$  est constante



# Finalement de la physique

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- conservation du moment angulaire
- si force selon  $SP$

$$d \cdot v_{\perp} \cdot m = \text{cste}$$

et si  $m$  est constante

alors pour mêmes  $\Delta t$



# Finale de la physique

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- conservation du moment angulaire
- si force selon  $SP$

$$d \cdot v_{\perp} \cdot m = \text{cste}$$

et si  $m$  est constante

alors pour mêmes  $\Delta t$

$$S = \frac{1}{2} d \cdot v_{\perp} \cdot \Delta t$$



# Finale de la physique

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- conservation du moment angulaire
- si force selon  $SP$

$$d \cdot v_{\perp} \cdot m = \text{cste}$$

et si  $m$  est constante

alors pour mêmes  $\Delta t$

$$\begin{aligned} S &= \frac{1}{2} d \cdot v_{\perp} \cdot \Delta t \\ &= \text{cste}' \end{aligned}$$



# Finale de la physique

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- conservation du moment angulaire
- si force selon  $SP$

$$d \cdot v_{\perp} \cdot m = \text{cste}$$

et si  $m$  est constante

alors pour mêmes  $\Delta t$

$$\begin{aligned} S &= \frac{1}{2} d \cdot v_{\perp} \cdot \Delta t \\ &= \text{cste}' \end{aligned}$$

Deuxième loi de Kepler



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

**FGU &  
trajectoire**

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- force de gravitation universelle (FGU) et troisième loi de Kepler liées



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

**FGU &  
trajectoire**

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- force de gravitation universelle (FGU) et troisième loi de Kepler liées
- masse du Soleil  $\sim \frac{R^3}{T^2}$



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

**FGU &  
trajectoire**

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- force de gravitation universelle (FGU) et troisième loi de Kepler liées
- masse du Soleil  $\sim \frac{R^3}{T^2}$
- Kepler et force attirant les planètes



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

**FGU &  
trajectoire**

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- force de gravitation universelle (FGU) et troisième loi de Kepler liées
- masse du Soleil  $\sim \frac{R^3}{T^2}$
- Kepler et force attirant les planètes
  - en  $\frac{1}{r}$



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

**FGU &  
trajectoire**

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- force de gravitation universelle (FGU) et troisième loi de Kepler liées
- masse du Soleil  $\sim \frac{R^3}{T^2}$
- Kepler et force attirant les planètes
  - en  $\frac{1}{r}$
  - problème :



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- force de gravitation universelle (FGU) et troisième loi de Kepler liées
- masse du Soleil  $\sim \frac{R^3}{T^2}$
- Kepler et force attirant les planètes
  - en  $\frac{1}{r}$
  - problème :
  - alors Soleil au centre de l'ellipse



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- force de gravitation universelle (FGU) et troisième loi de Kepler liées
- masse du Soleil  $\sim \frac{R^3}{T^2}$
- Kepler et force attirant les planètes
  - en  $\frac{1}{r}$
  - problème :
  - alors Soleil au centre de l'ellipse
- Newton



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- force de gravitation universelle (FGU) et troisième loi de Kepler liées
- masse du Soleil  $\sim \frac{R^3}{T^2}$
- Kepler et force attirant les planètes
  - en  $\frac{1}{r}$
  - problème :
  - alors Soleil au centre de l'ellipse
- Newton
  - force en  $\frac{1}{r^2}$



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- force de gravitation universelle (FGU) et troisième loi de Kepler liées
- masse du Soleil  $\sim \frac{R^3}{T^2}$
- Kepler et force attirant les planètes
  - en  $\frac{1}{r}$
  - problème :
  - alors Soleil au centre de l'ellipse
- Newton
  - force en  $\frac{1}{r^2}$
  - explique Soleil en un des foyers de l'ellipse



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- force de gravitation universelle (FGU) et troisième loi de Kepler liées
- masse du Soleil  $\sim \frac{R^3}{T^2}$
- Kepler et force attirant les planètes
  - en  $\frac{1}{r}$
  - problème :
  - alors Soleil au centre de l'ellipse
- Newton
  - force en  $\frac{1}{r^2}$
  - explique Soleil en un des foyers de l'ellipse
- Newton "à la sauce" de Feynman



# FGU et trajectoire : à démontrer

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

**FGU &  
trajectoire**

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

permet d'expliquer la place du Soleil



# FGU & 2<sup>e</sup> loi de Kepler

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- retour sur deuxième loi de Kepler



# FGU & 2<sup>e</sup> loi de Kepler

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- retour sur deuxième loi de Kepler
  - plus astre éloigné du Soleil, plus vitesse petite



# FGU & 2<sup>e</sup> loi de Kepler

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- retour sur deuxième loi de Kepler
  - plus astre éloigné du Soleil, plus vitesse petite
  - et inversement



# FGU & 2<sup>e</sup> loi de Kepler

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- retour sur deuxième loi de Kepler
  - plus astre éloigné du Soleil, plus vitesse petite
  - et inversement
  - $\iff$  vitesse diminue avec distance " $r$ " entre  $P_i$  et  $S$



# FGU & 2<sup>e</sup> loi de Kepler

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- retour sur deuxième loi de Kepler
  - plus astre éloigné du Soleil, plus vitesse petite
  - et inversement
  - $\iff$  vitesse diminue avec distance " $r$ " entre  $P_i$  et  $S$
- rappel : vecteur vitesse tangent à trajectoire



# FGU & 2<sup>e</sup> loi de Kepler

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- retour sur deuxième loi de Kepler
  - plus astre éloigné du Soleil, plus vitesse petite
  - et inversement
  - $\iff$  vitesse diminue avec distance " $r$ " entre  $P_i$  et  $S$
- rappel : vecteur vitesse tangent à trajectoire
- fourni par construction de l'ellipse



# FGU & 2<sup>e</sup> loi de Kepler

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

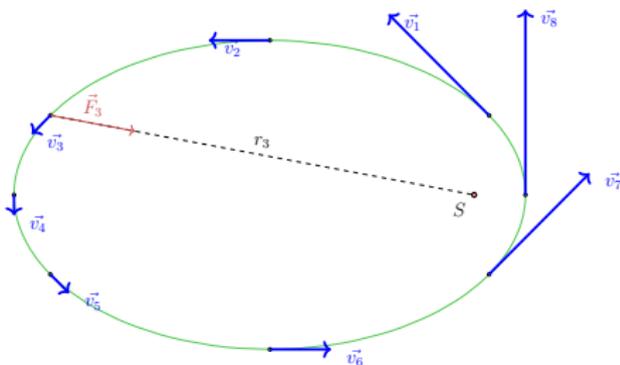
FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- retour sur deuxième loi de Kepler
  - plus astre éloigné du Soleil, plus vitesse petite
  - et inversement
  - $\iff$  vitesse diminue avec distance " $r$ " entre  $P_i$  et  $S$
- rappel : vecteur vitesse tangent à trajectoire
- fourni par construction de l'ellipse





# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- assumer NE PAS savoir que orbite elliptique



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- assumer NE PAS savoir que orbite elliptique
- conservation du moment angulaire



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- assumer NE PAS savoir que orbite elliptique
- conservation du moment angulaire
  - suppose uniquement force "centrale"



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- assumer NE PAS savoir que orbite elliptique
- conservation du moment angulaire
  - suppose uniquement force "centrale"
  - càd selon la direction  $P_i S$



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

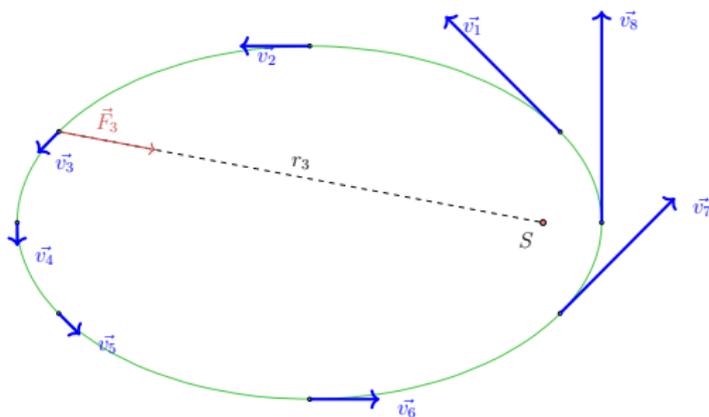
FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- assumer NE PAS savoir que orbite elliptique
- conservation du moment angulaire
  - suppose uniquement force "centrale"
  - càd selon la direction  $P_i S$





# FGU et vitesses : hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- établir lien entre  $F$  et ellipse



# FGU et vitesses : hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- établir lien entre  $F$  et ellipse
- tous les vecteurs vitesses



# FGU et vitesses : hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- établir lien entre  $F$  et ellipse
- tous les vecteurs vitesses
  - avec origines en un même point



# FGU et vitesses : hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- établir lien entre  $F$  et ellipse
- tous les vecteurs vitesses
  - avec origines en un même point
  - hodographe



# FGU et vitesses : hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- établir lien entre  $F$  et ellipse
- tous les vecteurs vitesses
  - avec origines en un même point
  - hodographe
  - hodographe des vitesses



# Hodographe : secteurs de même angle

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- diviser l'orbite en secteurs



# Hodographe : secteurs de même angle

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- diviser l'orbite en secteurs
- formant tous même angle  $\theta$  par rapport au Soleil



# Hodographe : secteurs de même angle

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- diviser l'orbite en secteurs
- formant tous même angle  $\theta$  par rapport au Soleil
- tracer vecteurs "hauteurs" perpendiculaires



# Hodographe : secteurs de même angle

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- diviser l'orbite en secteurs
- formant tous même angle  $\theta$  par rapport au Soleil
- tracer vecteurs "hauteurs" perpendiculaires
  - partant des points  $P_i$



# Hodographe : secteurs de même angle

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- diviser l'orbite en secteurs
- formant tous même angle  $\theta$  par rapport au Soleil
- tracer vecteurs "hauteurs" perpendiculaires
  - partant des points  $P_i$
  - perpendiculaires aux segments " $P_i F_1$ "



# Hodographe : secteurs de même angle

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- diviser l'orbite en secteurs
- formant tous même angle  $\theta$  par rapport au Soleil
- tracer vecteurs "hauteurs" perpendiculaires
  - partant des points  $P_i$
  - perpendiculaires aux segments " $P_i F_1$ "
  - reliant chaque  $P_i$



# Hodographe : secteurs de même angle

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- diviser l'orbite en secteurs
- formant tous même angle  $\theta$  par rapport au Soleil
- tracer vecteurs "hauteurs" perpendiculaires
  - partant des points  $P_i$
  - perpendiculaires aux segments " $P_i F_1$ "
  - reliant chaque  $P_i$
  - commodité,  $h_{\perp i}$  = longueurs de ces vecteurs



# Hodographe : secteurs de même angle

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

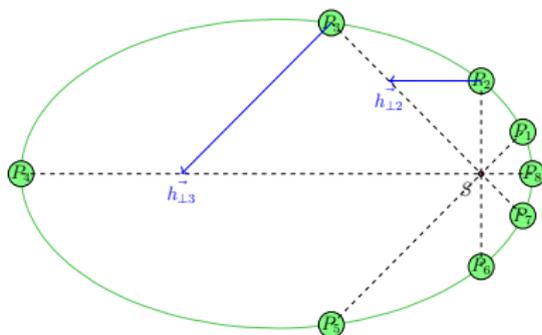
FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- diviser l'orbite en secteurs
- formant tous même angle  $\theta$  par rapport au Soleil
- tracer vecteurs "hauteurs" perpendiculaires
  - partant des points  $P_i$
  - perpendiculaires aux segments " $P_i F_1$ "
  - reliant chaque  $P_i$
  - commodité,  $h_{\perp i}$  = longueurs de ces vecteurs





# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

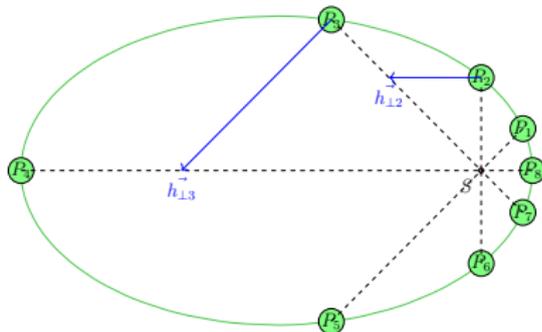
FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- vecteurs  $\vec{h}_{\perp i}$  ne respectent PAS deuxième loi de Kepler





# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

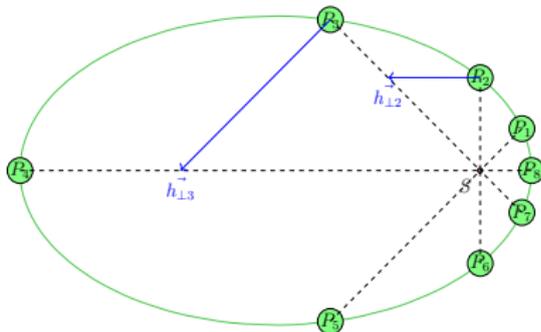
FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- vecteurs  $\vec{h}_{\perp i}$  ne respectent PAS deuxième loi de Kepler
- car  $\Delta t_i$  pas égaux entre eux





# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

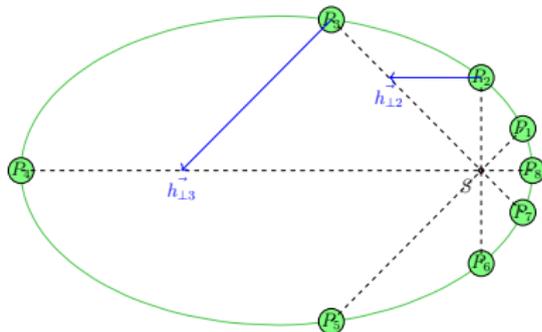
FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- vecteurs  $\vec{h}_{\perp i}$  ne respectent PAS deuxième loi de Kepler
- car  $\Delta t_i$  pas égaux entre eux
- vecteurs  $\vec{h}_{\perp i}$  sont cependant dans la bonne direction





# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

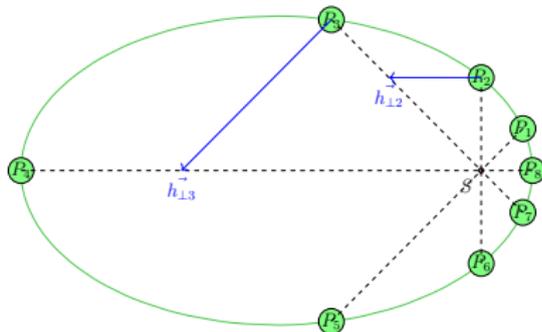
FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- vecteurs  $\vec{h}_{\perp i}$  ne respectent PAS deuxième loi de Kepler
- car  $\Delta t_i$  pas égaux entre eux
- vecteurs  $\vec{h}_{\perp i}$  sont cependant dans la bonne direction
- important : triangles  $F_1 P_i h_{\perp i}$  sont tous semblables





# Temps pour balayer un secteur

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- temps  $\Delta t_i$  nécessaire pour balayer un secteur ?



# Temps pour balayer un secteur

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- temps  $\Delta t_i$  nécessaire pour balayer un secteur ?
- deuxième loi  $\Rightarrow \Delta t_i$  proportionnel à surface  $S_i$  du secteur



# Temps pour balayer un secteur

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- temps  $\Delta t_i$  nécessaire pour balayer un secteur ?
- deuxième loi  $\Rightarrow \Delta t_i$  proportionnel à surface  $S_i$  du secteur

$$\Delta t_i \sim S_i$$



# Temps pour balayer un secteur

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- temps  $\Delta t_i$  nécessaire pour balayer un secteur ?
- deuxième loi  $\Rightarrow \Delta t_i$  proportionnel à surface  $S_i$  du secteur

$$\Delta t_i \sim S_i$$

- plus loin du Soleil



# Temps pour balayer un secteur

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- temps  $\Delta t_i$  nécessaire pour balayer un secteur ?
- deuxième loi  $\Rightarrow \Delta t_i$  proportionnel à surface  $S_i$  du secteur

$$\Delta t_i \sim S_i$$

- plus loin du Soleil
- plus la distance  $r_i = \|P_i F_1\|$  augmente



# Temps pour balayer un secteur

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- temps  $\Delta t_i$  nécessaire pour balayer un secteur ?
- deuxième loi  $\Rightarrow \Delta t_i$  proportionnel à surface  $S_i$  du secteur

$$\Delta t_i \sim S_i$$

- plus loin du Soleil
- plus la distance  $r_i = \|P_i F_1\|$  augmente
- et longueur  $h_{\perp i}^{\rightarrow}$  augmente aussi



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Comme précédemment, pour des  $\theta$  petits



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Comme précédemment, pour des  $\theta$  petits
- triangles  $F_1 P_i h_{\perp i} =$  secteurs balayés



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Comme précédemment, pour des  $\theta$  petits
- triangles  $F_1 P_i h_{\perp i} =$  secteurs balayés

$$S_i = \frac{r_i h_{\perp i}}{2}$$



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

## ■ Mais triangles semblables



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

## ■ Mais triangles semblables

$$h_{\perp i} \sim r_i$$



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Mais triangles semblables

$$h_{\perp i} \sim r_i$$

$$\Delta t_i \sim S_i$$



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Mais triangles semblables

$$\begin{aligned}h_{\perp i} &\sim r_i \\ \Delta t_i &\sim S_i \\ &\sim r_i h_{\perp i}\end{aligned}$$



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Mais triangles semblables

$$\begin{aligned}h_{\perp i} &\sim r_i \\ \Delta t_i &\sim S_i \\ &\sim r_i h_{\perp i} \\ &\sim r_i r_i\end{aligned}$$



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

## ■ Mais triangles semblables

$$\begin{aligned}h_{\perp i} &\sim r_i \\ \Delta t_i &\sim S_i \\ &\sim r_i h_{\perp i} \\ &\sim r_i r_i \\ &\sim r_i^2\end{aligned}$$



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Mais triangles semblables

$$\begin{aligned}h_{\perp i} &\sim r_i \\ \Delta t_i &\sim S_i \\ &\sim r_i h_{\perp i} \\ &\sim r_i r_i \\ &\sim r_i^2\end{aligned}$$

- temps nécessaire pour balayer un secteur



- Mais triangles semblables

$$\begin{aligned}h_{\perp i} &\sim r_i \\ \Delta t_i &\sim S_i \\ &\sim r_i h_{\perp i} \\ &\sim r_i r_i \\ &\sim r_i^2\end{aligned}$$

- temps nécessaire pour balayer un secteur
- proportionnel au carré de la distance entre planète et Soleil



# Principe fondamental de la dynamique à la rescousse

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- $\Delta t$  petits et donc des  $\theta$  petits



# Principe fondamental de la dynamique à la rescousse

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- $\Delta t$  petits et donc des  $\theta$  petits
- alléger l'écriture, oublier indices  $i$



# Principe fondamental de la dynamique à la rescousse

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- $\Delta t$  petits et donc des  $\theta$  petits
- alléger l'écriture, oublier indices  $i$
- supposition :



# Principe fondamental de la dynamique à la rescousse

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- $\Delta t$  petits et donc des  $\theta$  petits
- alléger l'écriture, oublier indices  $i$
- supposition :

$$F \sim \frac{1}{r^2}$$



# Principe fondamental de la dynamique à la rescousse

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- $\Delta t$  petits et donc des  $\theta$  petits
- alléger l'écriture, oublier indices  $i$
- supposition :

$$F \sim \frac{1}{r^2}$$

- pas argument circulaire



# Principe fondamental de la dynamique à la rescousse

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- $\Delta t$  petits et donc des  $\theta$  petits
- alléger l'écriture, oublier indices  $i$
- supposition :

$$F \sim \frac{1}{r^2}$$

- pas argument circulaire
- si la force pas  $\sim \frac{1}{r^2}$



# Principe fondamental de la dynamique à la rescousse

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- $\Delta t$  petits et donc des  $\theta$  petits
- alléger l'écriture, oublier indices  $i$
- supposition :

$$F \sim \frac{1}{r^2}$$

- pas argument circulaire
- si la force pas  $\sim \frac{1}{r^2}$
- contradictions



# Principe fondamental de la dynamique à la rescousse

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

$$F = ma$$



# Principe fondamental de la dynamique à la rescousse

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

$$F = ma$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$



# Principe fondamental de la dynamique à la rescousse

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

alors,

$$F = ma$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$



# Principe fondamental de la dynamique à la rescousse

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

alors,

$$F = ma$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\sim \frac{1}{r^2}$$



# Principe fondamental de la dynamique à la rescousse

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

alors,

$$F = ma$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\sim \frac{1}{r^2}$$

et

$$\Delta v = a \Delta t$$



# Principe fondamental de la dynamique à la rescousse

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

alors,

$$F = ma$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\sim \frac{1}{r^2}$$

et

$$\Delta v = a \Delta t$$

$$\sim \frac{\Delta t}{r^2}$$



# Principe fondamental de la dynamique à la rescousse

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

alors,

$$F = ma$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\sim \frac{1}{r^2}$$

et

$$\Delta v = a \Delta t$$

$$\sim \frac{\Delta t}{r^2}$$

$$\sim \frac{\Delta t}{\Delta t}$$



# Principe fondamental de la dynamique à la rescousse

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

alors,

$$F = ma$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\sim \frac{1}{r^2}$$

et

$$\Delta v = a \Delta t$$

$$\sim \frac{\Delta t}{r^2}$$

$$\sim \frac{\Delta t}{\Delta t}$$

$$= \text{cste}$$



# Principe fondamental de la dynamique à la rescousse

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

$$\Delta v = \text{cste}$$

$\Delta v$  constant pour chaque angle  $\theta$  successif



# Variation de vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Si  $\Delta v$  constant pour chaque angle  $\theta$  successif



# Variation de vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Si  $\Delta v$  constant pour chaque angle  $\theta$  successif
- alors  $\vec{v}_i - v_{i-1}$  même longueur pour chaque  $\theta$  successif



# Variation de vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Si  $\Delta v$  constant pour chaque angle  $\theta$  successif
- alors  $\vec{v}_i - v_{i-1}$  même longueur pour chaque  $\theta$  successif
- mais cette fois en prenant des angles égaux



# Variation de vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- $\Delta \mathbf{v}_i = \vec{v}_i - \vec{v}_{i-1}$  de longueurs égales



# Variation de vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- $\Delta v_i = \vec{v}_i - \vec{v}_{i-1}$  de longueurs égales
- et force centrale



# Variation de vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- $\Delta \vec{v}_i = \vec{v}_i - \vec{v}_{i-1}$  de longueurs égales
- et force centrale
- donc angle entre les  $\Delta \vec{v}_i$  successifs



# Variation de vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- $\Delta \vec{v}_i = \vec{v}_i - \vec{v}_{i-1}$  de longueurs égales
- et force centrale
- donc angle entre les  $\Delta \vec{v}_i$  successifs
- toujours  $\theta$



# Variation de vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- $\Delta \vec{v}_i = \vec{v}_i - \vec{v}_{i-1}$  de longueurs égales
- et force centrale
- donc angle entre les  $\Delta \vec{v}_i$  successifs
- toujours  $\theta$
- en effet



# Variation de vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- $\Delta \vec{v}_i = \vec{v}_i - \vec{v}_{i-1}$  de longueurs égales
- et force centrale
- donc angle entre les  $\Delta \vec{v}_i$  successifs
- toujours  $\theta$
- en effet

$$\Delta \vec{v}_i \sim \vec{a}_i$$



# Variation de vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- $\Delta \vec{v}_i = \vec{v}_i - \vec{v}_{i-1}$  de longueurs égales
- et force centrale
- donc angle entre les  $\Delta \vec{v}_i$  successifs
- toujours  $\theta$
- en effet

$$\begin{aligned}\Delta \vec{v}_i &\sim \vec{a}_i \\ &\sim \vec{F}_i\end{aligned}$$



# Variation de vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

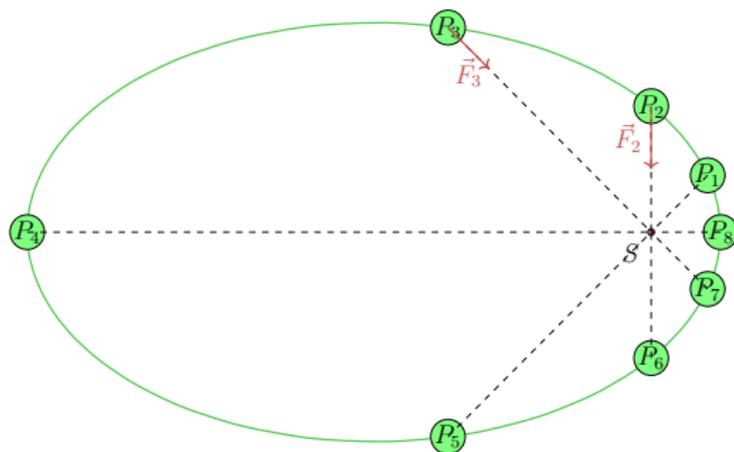
FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

$\vec{F}_i$  successifs, par construction, angle  $\theta$  entre eux





# Variation de vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Si angles entre  $\Delta \vec{v}_i$  successifs =  $\theta$



# Variation de vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Si angles entre  $\Delta\vec{v}_i$  successifs =  $\theta$
- et si  $\Delta\vec{v}_i$  de même longueur



# Variation de vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Si angles entre  $\Delta\vec{v}_i$  successifs =  $\theta$
- et si  $\Delta\vec{v}_i$  de même longueur
- alors ils forment un polygone régulier



# Variation de vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

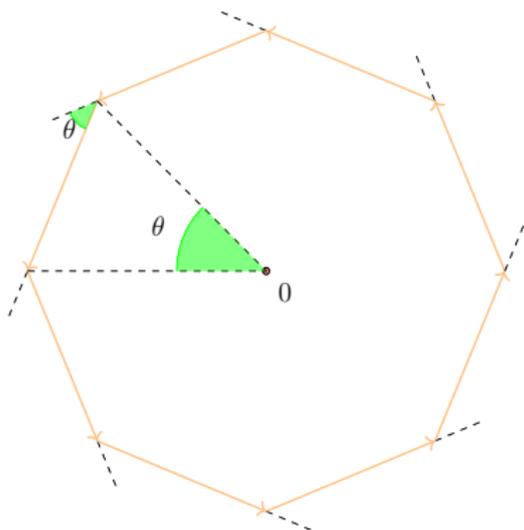
FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Si angles entre  $\Delta\vec{v}_i$  successifs =  $\theta$
- et si  $\Delta\vec{v}_i$  de même longueur
- alors ils forment un polygone régulier





# Variation de vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Si angle  $\theta$  diminue



# Variation de vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Si angle  $\theta$  diminue
- nombre de côtés du polygone augmente



# Variation de vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

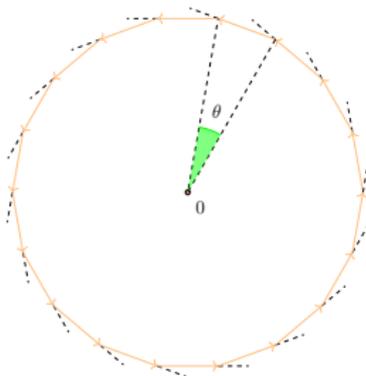
FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Si angle  $\theta$  diminue
- nombre de côtés du polygone augmente





# Variation de vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

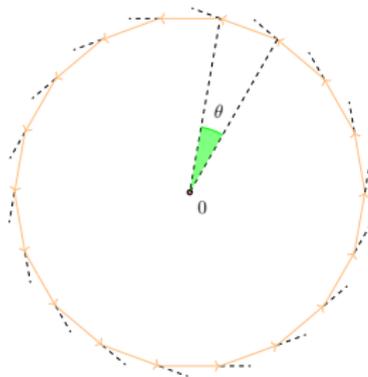
FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Si angle  $\theta$  diminue
- nombre de côtés du polygone augmente



- Si angle devient très petit



# Variation de vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

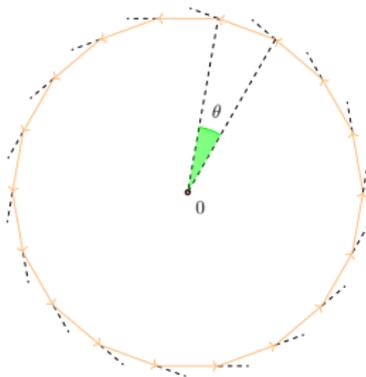
FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Si angle  $\theta$  diminue
- nombre de côtés du polygone augmente



- Si angle devient très petit
- polygone va se rapprocher d'un cercle



# Variation de vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

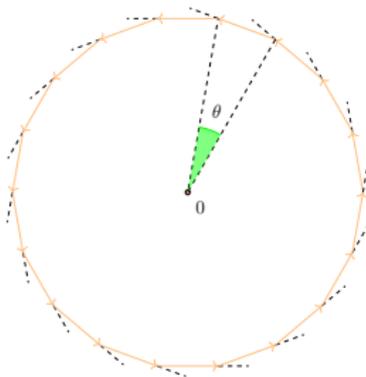
FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Si angle  $\theta$  diminue
- nombre de côtés du polygone augmente



- Si angle devient très petit
- polygone va se rapprocher d'un cercle
- extrémités des vecteurs vitesses ds. hodographe forme un cercle !



# Hodographe et ellipse par cercle directeur

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Si hodographe des vitesses forme un cercle



# Hodographe et ellipse par cercle directeur

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Si hodographe des vitesses forme un cercle
- alors vrai même si pas des secteurs "d'angles égaux"



# Hodographe et ellipse par cercle directeur

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

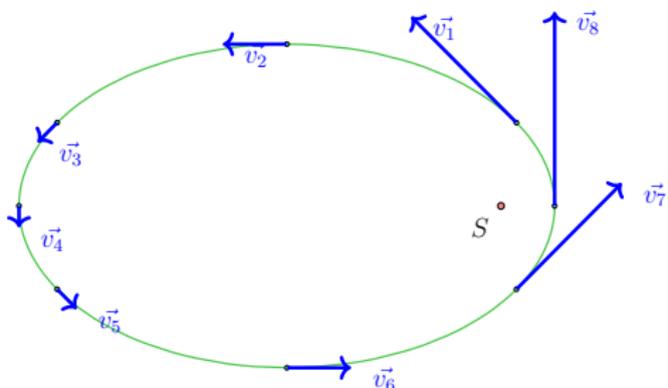
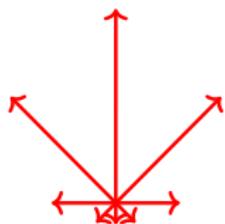
FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- Si hodographe des vitesses forme un cercle
- alors vrai même si pas des secteurs "d'angles égaux"





# Hodographe et ellipse par cercle directeur

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

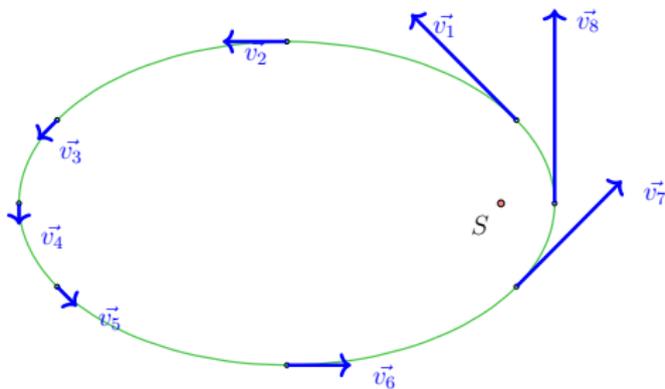
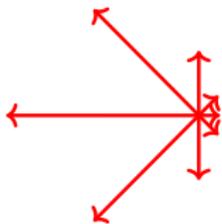
**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres





# Hodographe et ellipse par cercle directeur

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

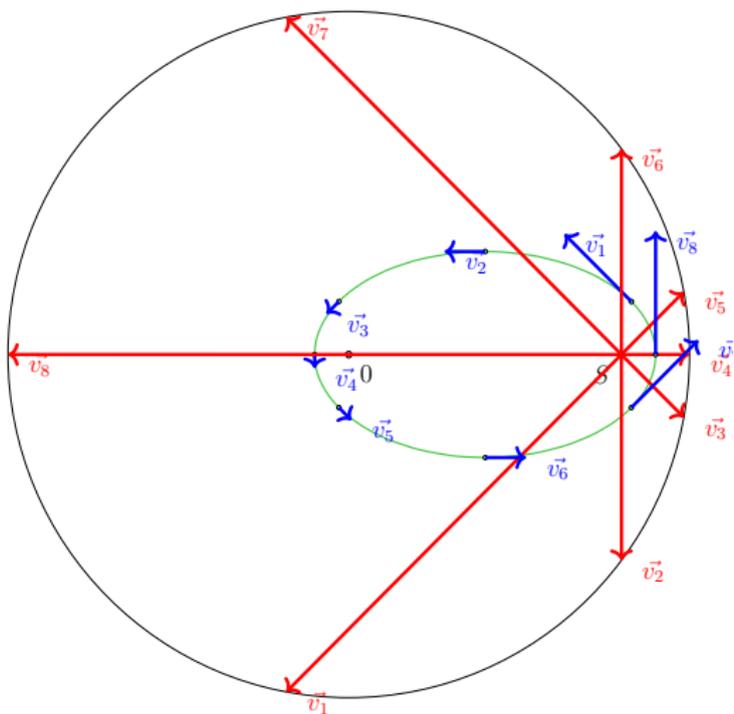
**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres





# Angle sur le cercle directeur et sur l'ellipse

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- liens entre hodographe et ellipse ?



# Angle sur le cercle directeur et sur l'ellipse

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- liens entre hodographe et ellipse ?
- angle formé par deux points et foyer "Soleil"



# Angle sur le cercle directeur et sur l'ellipse

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- liens entre hodographe et ellipse ?
- angle formé par deux points et foyer "Soleil"
- extrémités deux vecteurs vitesses et centre du cercle



# Angle sur le cercle directeur et sur l'ellipse

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

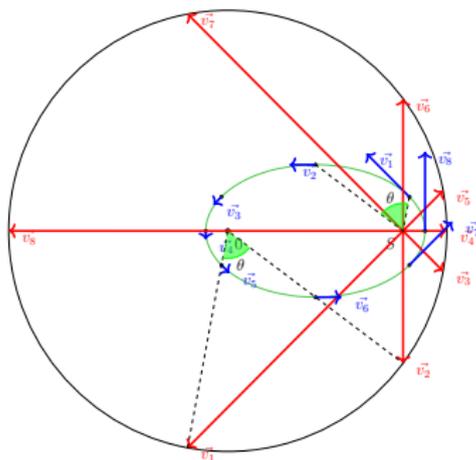
FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- liens entre hodographe et ellipse ?
- angle formé par deux points et foyer "Soleil"
- extrémités deux vecteurs vitesses et centre du cercle





# Angle sur le cercle directeur et sur l'ellipse

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

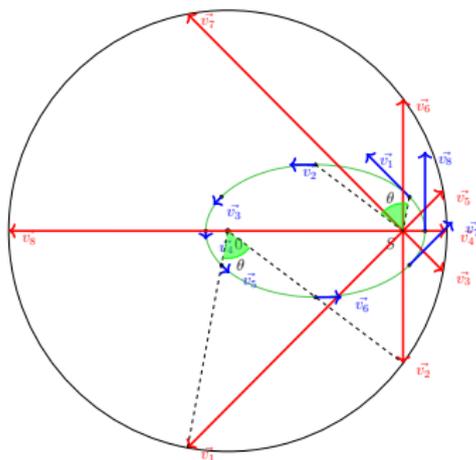
FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- liens entre hodographe et ellipse ?
- angle formé par deux points et foyer "Soleil"
- extrémités deux vecteurs vitesses et centre du cercle



- angles égaux



# Angle sur le cercle directeur et sur l'ellipse

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

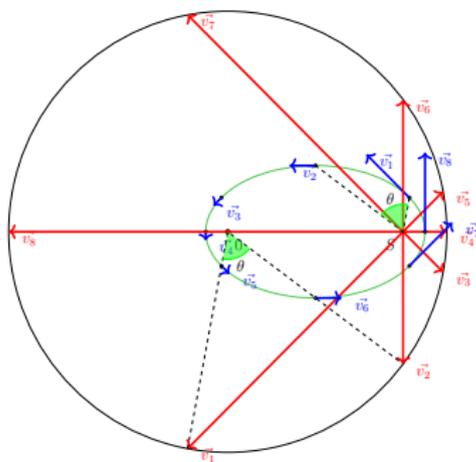
FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- angle balayé par "planète" en un temps donné





# Angle sur le cercle directeur et sur l'ellipse

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

**Hodographe**

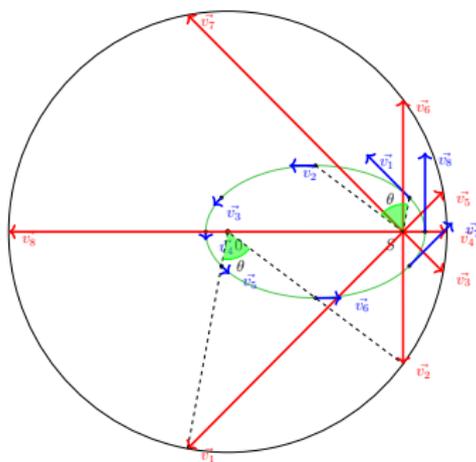
FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- angle balayé par "planète" en un temps donné
- aussi celui balayé par vecteurs vitesses sur hodographe





# Angle sur le cercle directeur et sur l'ellipse

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

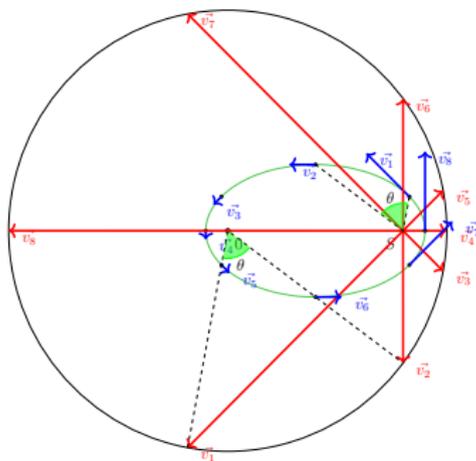
FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- angle balayé par "planète" en un temps donné
- aussi celui balayé par vecteurs vitesses sur hodographe



- possibilité de construire trajectoire depuis hodographe



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

**FGU et ellipse**

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

■ construction repose sur



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

**FGU et ellipse**

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

■ construction repose sur

$$F \sim \frac{1}{r^2}$$



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

**FGU et ellipse**

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- construction repose sur

$$F \sim \frac{1}{r^2}$$

- autre relation entre force et distance



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

**FGU et ellipse**

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- construction repose sur

$$F \sim \frac{1}{r^2}$$

- autre relation entre force et distance
- pas d'ellipse



# FGU et trajectoire

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

**FGU et ellipse**

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- construction repose sur

$$F \sim \frac{1}{r^2}$$

- autre relation entre force et distance
- pas d'ellipse
- avec le Soleil = un des foyers



# Grandeur de la vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

**Grandeur de la  
vitesse et hodographe**

Bibliographie

Livres

- rapport distance  $\|OS\|$  / rayon du cercle directeur =  
excentricité  $e$



# Grandeur de la vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

**Grandeur de la  
vitesse et hodographe**

Bibliographie

Livres

- rapport distance  $\|OS\|$  / rayon du cercle directeur = excentricité  $e$
- résolution équations différentielles :



# Grandeur de la vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

**Grandeur de la  
vitesse et hodographe**

Bibliographie

Livres

- rapport distance  $\|OS\|$  / rayon du cercle directeur = excentricité  $e$
- résolution équations différentielles :

$$v_x = -\frac{na}{\sqrt{1-e^2}} \sin \alpha$$



# Grandeur de la vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- rapport distance  $\|OS\|$  / rayon du cercle directeur = excentricité  $e$
- résolution équations différentielles :

$$v_x = -\frac{na}{\sqrt{1-e^2}} \sin \alpha$$

$$v_y = +\frac{na}{\sqrt{1-e^2}} (e + \cos \alpha)$$



# Grandeur de la vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- rapport distance  $\|OS\|$  / rayon du cercle directeur = excentricité  $e$
- résolution équations différentielles :

$$v_x = -\frac{na}{\sqrt{1-e^2}} \sin \alpha$$

$$v_y = +\frac{na}{\sqrt{1-e^2}} (e + \cos \alpha)$$

où



# Grandeur de la vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- rapport distance  $\|OS\|$  / rayon du cercle directeur = excentricité  $e$
- résolution équations différentielles :

$$v_x = -\frac{na}{\sqrt{1-e^2}} \sin \alpha$$

$$v_y = +\frac{na}{\sqrt{1-e^2}} (e + \cos \alpha)$$

où

- $n = \frac{2\pi}{T}$  vitesse angulaire moyenne,



# Grandeur de la vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- rapport distance  $\|OS\|$  / rayon du cercle directeur = excentricité  $e$
- résolution équations différentielles :

$$v_x = -\frac{na}{\sqrt{1-e^2}} \sin \alpha$$

$$v_y = +\frac{na}{\sqrt{1-e^2}} (e + \cos \alpha)$$

où

- $n = \frac{2\pi}{T}$  vitesse angulaire moyenne,
- $a =$  longueur du demi-grand axe



# Grandeur de la vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhayé

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

- rapport distance  $\|OS\|$  / rayon du cercle directeur = excentricité  $e$
- résolution équations différentielles :

$$v_x = -\frac{na}{\sqrt{1-e^2}} \sin \alpha$$

$$v_y = +\frac{na}{\sqrt{1-e^2}} (e + \cos \alpha)$$

où

- $n = \frac{2\pi}{T}$  vitesse angulaire moyenne,
- $a$  = longueur du demi-grand axe
- $\alpha$  = (angle centré sur Soleil) position de la planète avec le demi-grand axe



# Grandeur de la vitesse et hodographe

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

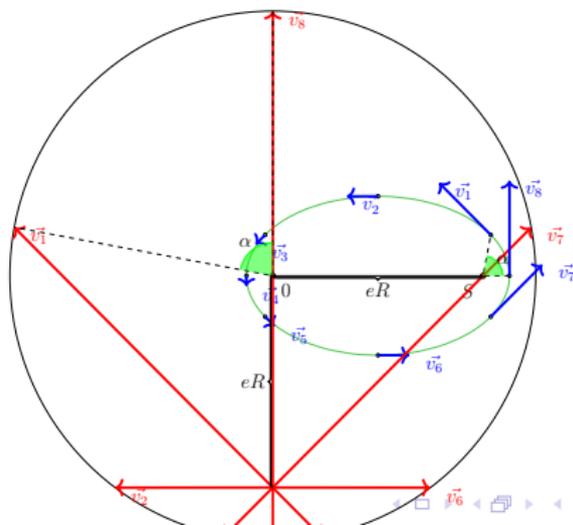
Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

$$v_x = -k \sin \alpha$$

$$v_y = +k (e + \cos \alpha)$$





# Bibliographie I

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye



Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines



2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire



2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe



Bibliographie

Livres

- FERGUSON, Kitty. *Tycho & Kepler : the unlikely partnership that forever changed our understanding of the heavens*. New York : Walker & Company, 2002. ISBN : 9780802713902.
- GOODSTEIN, David & Judith. *Feynman's lost lecture : the motion of planets around the sun*. London : Vintage, 1997. ISBN : 9780099736219.
- KOESTLER, Arthur. *The sleepwalkers : a history of man's changing vision of the Universe*. London New York : Arkana, 1989. ISBN : 9780140192469.
- MURRAY, Carl. *Solar system dynamics*. Cambridge New York : Cambridge University Press, 1999. ISBN : 9780521575973.
- NEEDHAM, Tristan. *Visual complex analysis*. Oxford New York : Clarendon Press Oxford University Press, 1997. ISBN : 9780198534464.



# Bibliographie II

La leçon  
perdue de  
Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines



2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

NEWTON, Isaac. *Principia : principes mathématiques de la philosophie naturelle*. Paris : Dunod, 2011. ISBN : 9782100566273.



## La leçon perdue de Feynman

Y. Delhaye

Introduction

1<sup>re</sup> démarche

Enveloppe

Avec des points

Variante

Machines

2<sup>e</sup> démarche

Géométrie

Physique

FGU &  
trajectoire

2<sup>e</sup> loi de Kepler

Hodographe

FGU et ellipse

Grandeur de la  
vitesse et hodographe

Bibliographie

Livres

# Questions ?