

Quatrième: Cours de Physique

Y. Delhaye

19 septembre 2006

Copyright (c) 2004 Yves Delhay

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.2 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts. A copy of the license is included in the section entitled "GNU Free Documentation License".

Première partie

Cinématique

Temps prévu :

- périodes

Objectifs :

- .

Savoirs :

- repos, mouvement et trajectoire
- vecteurs position et déplacement
- vitesse, vitesse moyenne et vitesse instantanée
- MRU, MRUA
- accélération, loi des vitesses, loi des distances

0.1 Introduction

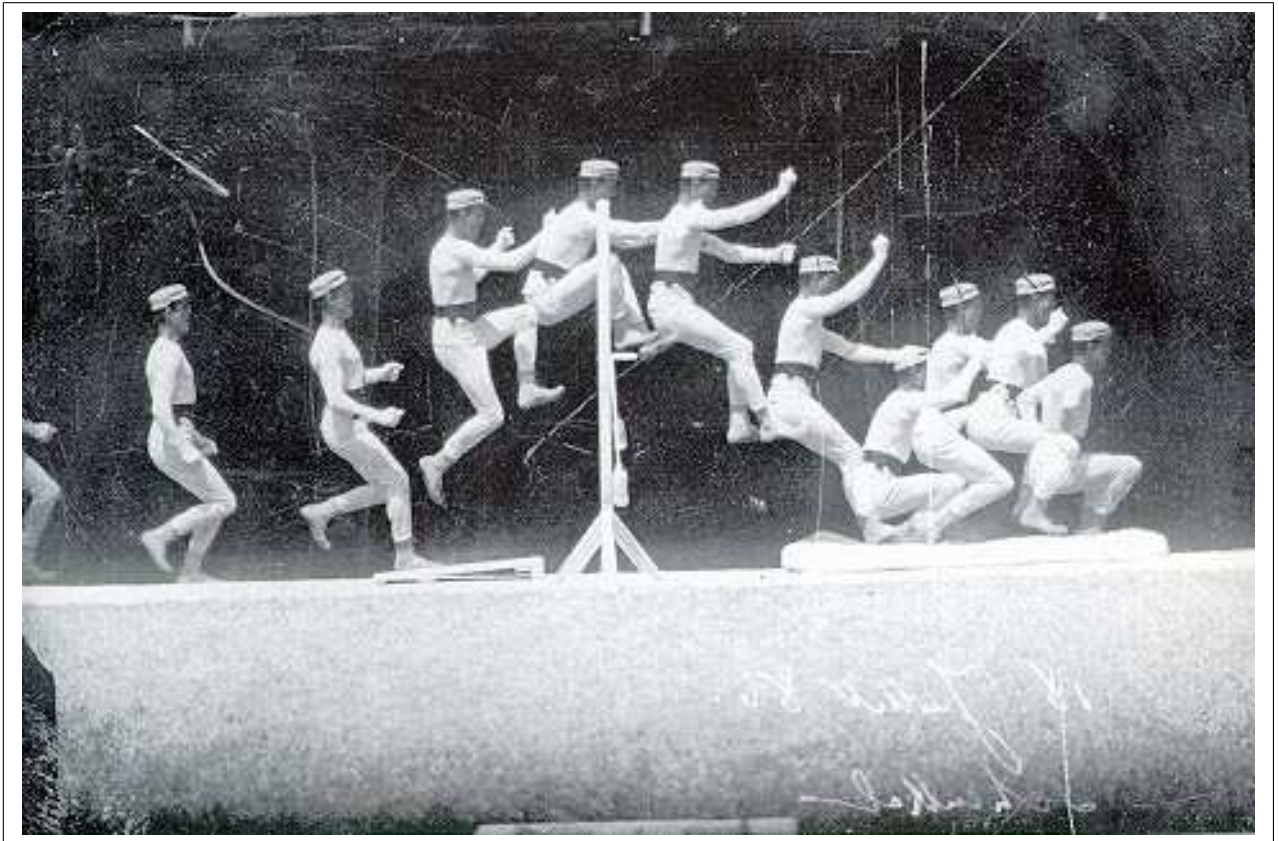
La cinématique se préoccupe de la description des mouvements. Nous ne poserons pas de question ici sur les causes des mouvements. Ces problèmes seront abordés dans une la partie du cours intitulée "la dynamique".

Chapitre 1

Positions, déplacements, vitesses

1.1 Introduction

Tous les jours nous sommes en mouvement. Nous marchons, courrons, nageons, sautons, grimpons descendons, tournons... Ces mouvements si naturels, nous allons les analyser au "filtre" de la physique. Les mots de tous les jours vont prendre un sens plus précis, parfois en contradiction avec le sens courant.



Ces concepts sont ceux qui sont utilisés pour analyser les mouvements des sportifs, pour expliquer le comportement d'une machine, mais aussi dans les jeux vidéos. Si le graphisme des jeux vidéos n'obéit pas à ces lois, les mouvements n'ont pas l'air naturels. De nombreux physiciens travaillent d'ailleurs dans le monde de l'informatique et du jeu vidéo.

Nous allons suivre aussi une logique de simplification.

1.2. CONCEPTS DE BASE : POSITIONS, REPOS ET MOUVEMENT. 7



Plutôt que d'étudier tout un corps en mouvement, nous allons nous concentrer sur les mouvements des points de ce corps.



1.2 Concepts de base : positions, repos et mouvement.

Nous allons ici étudier les concepts de base pour décrire les mouvements.

Le cadre dans le quel nous allons nous placer porte un nom aux consonances barbares : l'espace temps. Nous allons donc étudier des rapports entre

l'espace et le temps.

Pour simplifier encore les choses, nous allons tout d'abord travailler dans un plan et pas dans l'espace à 3 dimensions.

(En fait, nous n'étudierons même pas en profondeur les mouvements à deux dimensions. Nous nous limiterons à des déplacements à une dimension : en ligne droite. Nous ne passerons aux mouvements à deux dimensions que quand nous posséderons bien les mouvements à une dimension.)

1.2.1 Définitions et vocabulaire

L'endroit où se trouve un objet à un moment donné est appelé sa

.

Nous la noterons $\vec{e}$. L'unité utilisée pour la mesurer est le mètre.

Le repos, c'est

.....
.....

.

Par contre un objet en mouvement qui se déplace dans le plan, y occupera différentes positions aux différents instants.

La ligne reliant ces différentes positions sera appelée

.

Le mouvement est

.....

Un corps pouvant être mis en mouvement sera appelé

.....

.

1.2.2 La position : un vecteur

La position est donnée à un moment donné. L'information qu'elle nous apporte est sur le rapport à l'espace du mobile.

Que nous l'avons dit, nous convenons de noter la position $\vec{e}$.

1.2.3 Le déplacement

Le déplacement, c'est le vecteur qui relie la position à un instant et la position à un autre instant. Il s'agit donc d'une différence de vecteurs. Grâce au cours de mathématique, vous savez que la différence de deux vecteurs est aussi un vecteur. Nous le noterons $\vec{\Delta e}$. L'unité utilisée pour le mesurer est aussi le mètre.

Ecrivons cela proprement :

$$\vec{\Delta e} = \vec{e}(t_2) - \vec{e}(t_1)$$

où

t_1 est l'instant de départ (s),

t_2 est l'instant d'arrivée (s),

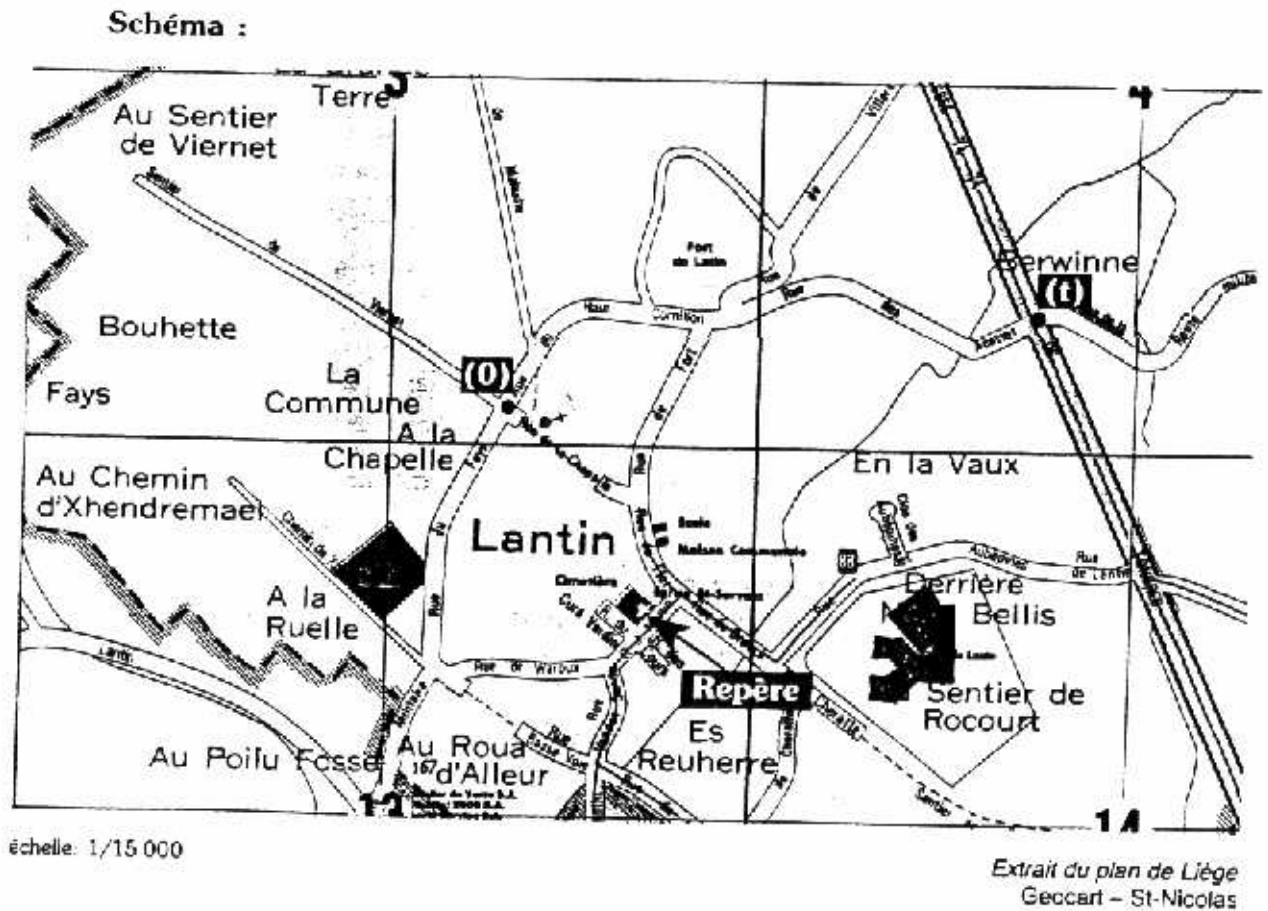
$\vec{e}(t_1)$ est la position de départ (m),

$\vec{e}(t_2)$ est la position d'arrivée (m)

et $\vec{\Delta e}$ est le déplacement (m).

1.2.4 Un exemple : sur une carte géographique

Monsieur M va de à en passant par
Tracez sa trajectoire sur la carte.



Imaginez maintenant que l'on déclenche un chronomètre au moment du départ de monsieur M. *** Nous allons convenir de noter entre parenthèse L'instant 0 correspond au déclenchement du chronomètre. La position de départ va se noter $\vec{e}(0)$. La position à un instant t quelconque va se noter $\vec{e}(t)$.

Pour déterminer la position de notre mobile (monsieur M), nous allons avoir besoin d'un repère. Il s'agit d'un choix arbitraire (comme l'était le fait de décider que le moment où l'on déclenche le chronomètre est l'instant zéro) mais qui est guidé par des considérations pratiques.

Plaçons un point "origine" au point de départ de monsieur M. Pour repérer son trajet, choisissons un système d'axe. La position de monsieur M à un instant donné sera donnée par un partant de l'origine. Vous savez qu'un vecteur a quatre propriétés :,, et Vérifiez que le vecteur position de monsieur M possède bien ces propriétés.

1.2.5 Mouvement Rectiligne

Nous allons encore simplifier le problème. Le trajet (la trajectoire) suivi par monsieur M, déplaçons le ! Mettons le sur une ligne. Nous n'avons plus à travailler dans le plan mais sur une droite.

position

Dans ce cas, nous pouvons ne plus traiter la position comme un vecteur mais comme un nombre. nous ne noterons plus la position $\vec{e}(t)$ (Il faut quand même garder le temps.), mais $e(t)$.

déplacement

Le déplacement, c'est le vecteur qui relie la position à un instant et la position à un autre instant. Il s'agit donc d'une différence de vecteurs. Nous le noterons $\vec{\Delta e}$. L'unité utilisée pour le mesurer est aussi le mètre. A nouveau, comme nous allons travailler à une dimension, nous ne devons pas traiter le déplacement comme un vecteur mais comme un nombre. Nous le noterons donc Δe .

Ecrivons cela proprement :

$$\Delta e = e(t_2) - e(t_1) \text{ (m)}$$

où

t_1 est l'instant de départ (s),
 t_2 est l'instant d'arrivée (s),
 $e(t_1)$ est la position de départ (m),
 $e(t_2)$ est la position d'arrivée (m)
 et Δe est le déplacement (m).

1.3 vitesses

1.3.1 vitesse moyenne

La vitesse moyenne sera égale à la distance parcourue entre le point de départ et le point d'arrivée (sur la trajectoire considérée) divisée par le

temps mis pour parcourir cette distance. Ce temps sera calculé en faisant la différence entre l'instant de départ et l'instant d'arrivée.

Plusieurs écritures sont possibles :

$$v_m = (Pos_{arrivee} - Pos_{depart}) / (t_{arrivee} - t_{depart})$$

ou encore

$$v_m = (e_f - e_i) / (t_f - t_i)$$

Nous retiendrons celle-ci :

$$v_m = \Delta e / \Delta t \text{ (m/s)}$$

qui est équivalente mais plus compacte,
et où

t_i est l'instant initial (s),

t_f est l'instant final (s),

$e(t_i)$ est la position initiale (m),

$e(t_f)$ est la position finale (m),

Δt est le temps écoulé entre l'instant initial et l'instant final (on l'appelle aussi la durée) (s)

et Δe est le déplacement (m).

Unités :

1.3.2 vitesse instantanée

La vitesse instantanée, c'est un peu une illusion. On veut mesurer une vitesse pendant un temps aussi petit que possible. $v_{inst} = \Delta e / \Delta t$ (m/s)
où

t_i est l'instant initial (s),

t_f est l'instant final (s),

Δt est la différence $t_f - t_i$ et est aussi petit que possible (s),

$e(t_i)$ est la position initiale (m),

$e(t_f)$ est la position finale (m),

Δt est le temps écoulé entre l'instant initial et l'instant final (on l'appelle aussi la durée) (s)

et Δe est le déplacement (m).

Unités :

Unités :

Application :

1.4 exercices

1. (a)

Chapitre 2

MRU

Mouvement Rectiligne Uniforme

2.1 Introduction

Dans le chapitre précédent (Positions, déplacements vitesses), nous avons étudié la manière dont la distance change avec le temps qui passe. Nous avons discuté de la vitesse. La relation (la loi) qui liait l'évolution de la distance au temps qui passait avait été définie comme la vitesse : $v = \Delta e / \Delta t$ (m/s)

2.1.1 Définitions et vocabulaire

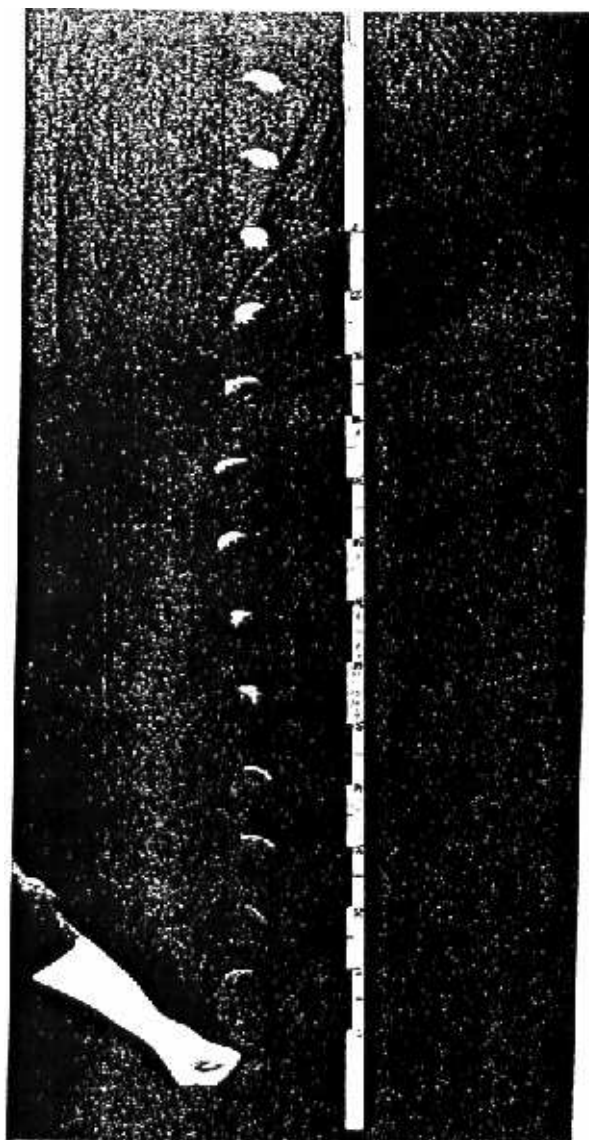
2.2 Loi des vitesses

Étudions maintenant l'évolution de la vitesse en fonction du temps.

2.2.1 La chute d'une plume

Utilisons la photographie. (plus exactement la chronophotographie)

L'appareil est resté "en pose" (L'objectif est resté ouvert.). La plume a été éclairée par un stroboscope réglé pour émettre un éclair tous les 10^{eme} de seconde.



2.2.2 Tableau de résultats

Étudions tout d'abord la manière dont la position change avec le temps qui passe pendant que le mobile (ici une plume) est éclairé par le stroboscope.

Comme la position de départ est indiquée par 0 cm, les positions successives nous donnent donc la distance e parcourue.

Comment calculer la vitesse à partir des données précédentes ?

Appliquons la définition de la vitesse.

Pour gagner du temps (et parce que la photo n'est pas très bonne!), je

vous donne les résultats de mes mesures de distance.

Le tableau est assez grand car nous allons y revenir plusieurs fois au cours de la leçon.

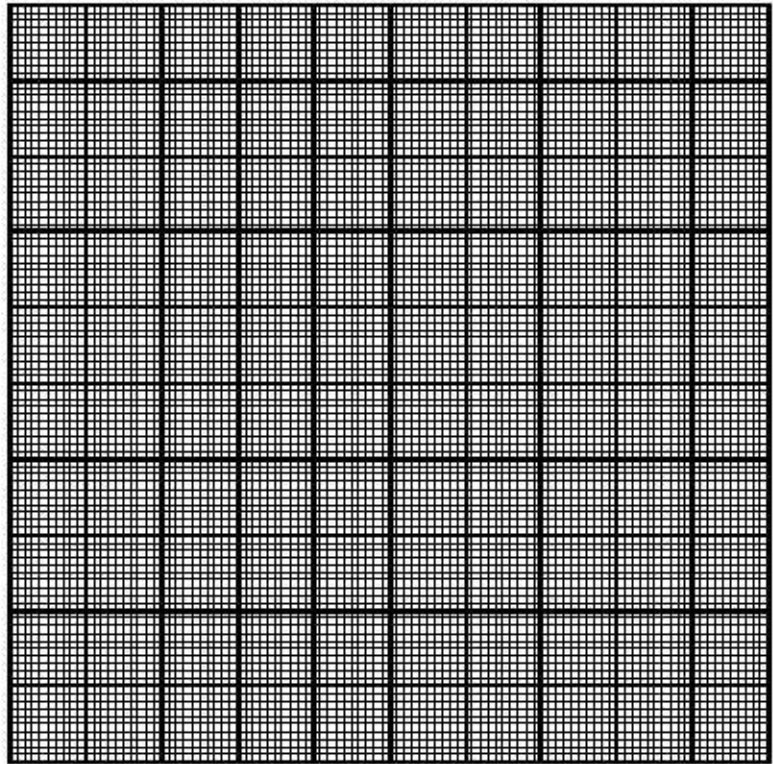
t (s)	...	e (m)	.....	.....	.....
0	...	0	.....	.....	.....
0,1	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...

Rappel : $v = \Delta e / \Delta t$ (m/s)

Étudions les différences de position en fonction du temps. Ici, $\Delta t = 1/10$ de s, mais qu'en est-il de Δe ?

2.2.3 Exploitation des résultats : Graphiques

Échelle : (valeur max en t : => 1cm en x = , valeur max en v : => 1cm en y =)



2.2.4 Exploitation des résultats : Une première loi

Nous pouvons donc déduire : $\Delta e / \Delta t = \dots$

Nous définissons ainsi

$\Delta e / \Delta t = \dots$

Unités :

Application :

2.2.5 formules pour les positions

Si nous nous intéressons à la position à un instant t quelconque, celle-ci peut être déterminée grâce à la loi des vitesses. Etudions cette loi.

$$\Delta e = v.\Delta t$$

Developpons cette formule :

$$e(t) - e_0(t_0) = v.(t - t_0)$$

En partant de la position 0, en fixant l'instant du départ comme zéro.

$$\Delta e = v.\Delta t$$

devient

$$e(t) = v.t$$

En partant de la position e_0 , en fixant l'instant du départ comme zéro.

$$\Delta e(\Delta t) = v.\Delta t$$

devient

$$e(t) = e_0 + v.t$$

En partant de la position e_0 , l'instant du départ est t_0 .

$$\Delta e(\Delta t) = v.\Delta t$$

devient

$$e(\Delta t) = e_0 + v.\Delta t$$

Si nous faisons un graphique avec Δt en x et e en y, nous avons une équation de droite. La vitesse correspond à de la droite et e_0 à

Si nous faisons un graphique avec t en x et e en y, nous avons une équation de droite. La vitesse correspond à de la droite et e_0 à
.

2.3 exercices

1. (a)

Chapitre 3

MRUA

Mouvement Rectiligne Uniformément Accéléré

3.1 Introduction

Dans le chapitre précédent (MRU), nous avons étudié la manière dont la distance change avec le temps qui passe dans le cas d'un objet se mouvant à une vitesse constante. La relation (la loi) qui liait l'évolution de la distance au temps qui passait avait la même forme que l'équation d'une droite : $e(t) = e_0 + v.t$

Mais les objets se déplacent rarement à une vitesse uniforme. Je suis immobile, puis je me mets en route. Je suis passé d'une vitesse nulle à une vitesse (plus ou moins) constante, mais que s'est il passé entre ces deux moments ? De même le démarrage d'une voiture : la voiture est à l'arrêt ; quelques secondes plus tard, elle roule à $60km/h$. Les objets s'arrêtent aussi. Je cesse de marcher. la voiture s'arrête. La craie que je laisse tomber s'arrête au sol. Les vitesses changent. La voiture au cours de son trajet, change de vitesse. Il faut démarrer, freiner, accélérer.

Dans ce chapitre, nous étudierons ces changements de vitesse. Nous allons arriver à des lois qui lient la distance parcourue, le temps écoulé, la vitesse et la manière dont la vitesse change.

Comme dans le cas du MRU, nous nous limiterons (pour l'instant) à des mouvements rectilignes.

Une précision, nous ne nous préoccupons pas encore des raisons du mouvement. En ceci, nous imitons la démarche de Galilée. (Voir document joint)

3.1.1 Définitions et vocabulaire

Quand l'intensité de la vitesse augmente, nous parlerons de mouvement

Quand l'intensité de la vitesse diminue, nous parlerons de mouvement

Nous parlerons d'..... dans les deux cas pour exprimer comment la vitesse change. Parfois le mot est aussi utilisé pour parler d'une diminution de vitesse et le mot accélération ne décrit qu'une augmentation de vitesse.

(P.D.S.) : Nous commencerons par des mouvements où la vitesse varie régulièrement. Nous parlerons donc de mouvements rectilignes
.

3.1.2 Cas sans vitesse initiale

Pour simplifier les choses, nous allons étudier des mouvements de “mise en route”. Nous parlerons de mouvements rectilignes uniformément accélérés
.....

Q : S'agit il ici d'un mouvement accéléré ou décéléré ?

R. :

P.Q. ? :

Un exemple :

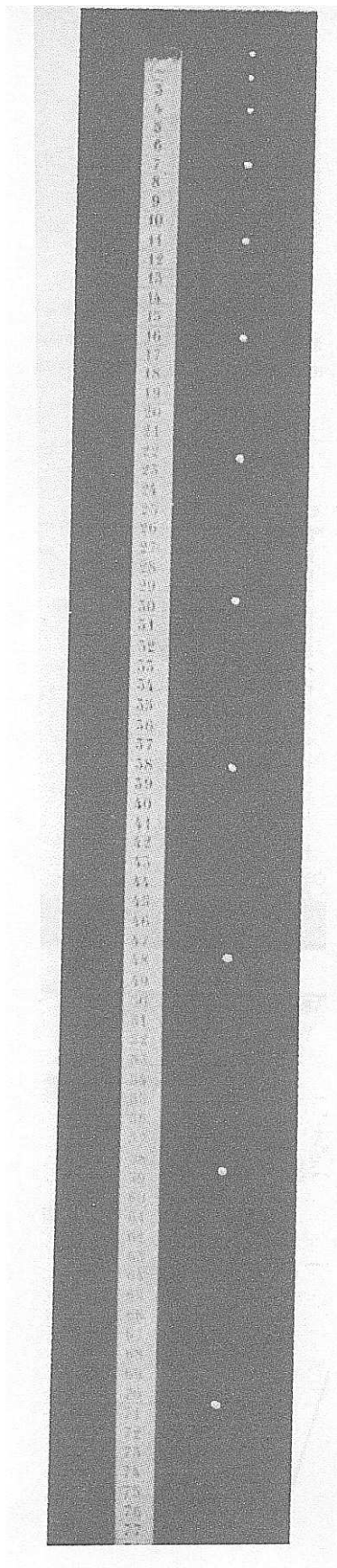
3.2 Loi des vitesses

Étudions maintenant l'évolution de la vitesse en fonction du temps.

3.2.1 La chute d'une bille

Comme dans le cas du MRU, utilisons la photographie.

L'appareil est resté “en pose” (L'objectif est resté ouvert.). La bille a été éclairée par un stroboscope réglé pour émettre un éclair tous les 30^{ème} de seconde.



Étudions tout d'abord la manière dont la position change avec le temps qui passe pendant que le mobile (ici une bille) est éclairé par le stroboscope.

Comment calculer la vitesse à partir des données précédentes ?

Q. : Comment avions nous fait ?

Q. : Ici la vitesse change à chaque “flash”. Pouvons nous faire comme dans le cas du MRU ?

Pour gagner du temps (et parce que la photo n'est pas très bonne!), je vous donne les résultats de mes mesures de distance. Après tout, nous avons déjà fait cela lors de la leçon sur le MRU.

[illegible]

Rappel : $v = \Delta e / \Delta t$ (m/s)

Étudions les différences de position en fonction du temps. Ici, $\Delta t = 1/30$ de s, mais qu'en est-il de Δe ?

Q. : Dois je faire la différence entre la position actuelle et la position précédente ou entre la prochaine position et la position actuelle ?

R. :

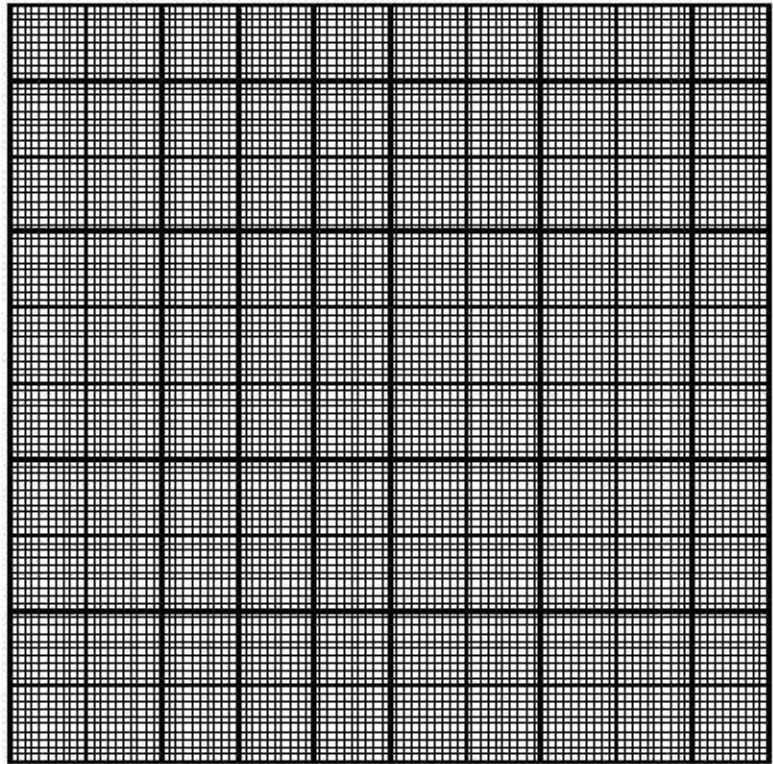
Pq. :

.....

.....

3.2.3 Exploitation des résultats : Graphiques

Échelle : (valeur max en t : => 1cm en x = , valeur max en v : => 1cm en y =)



3.2.4 Exploitation des résultats : Une première loi

Nous pouvons donc déduire : $v(t)/t = \dots$

Nous définissons ainsi l'

$$\boxed{v(t)/t = \dots}$$

où

$v(t)$ est la vitesse à l'instant t (m/s),

t est l'instant où nous mesurons la vitesse mais aussi (dans ce cas ci!)
le temps écoulé depuis le départ (s)

a est l'accélération (m/s^2).

Cette relation s'appelle la loi des vitesses.

Unités : m/s^2

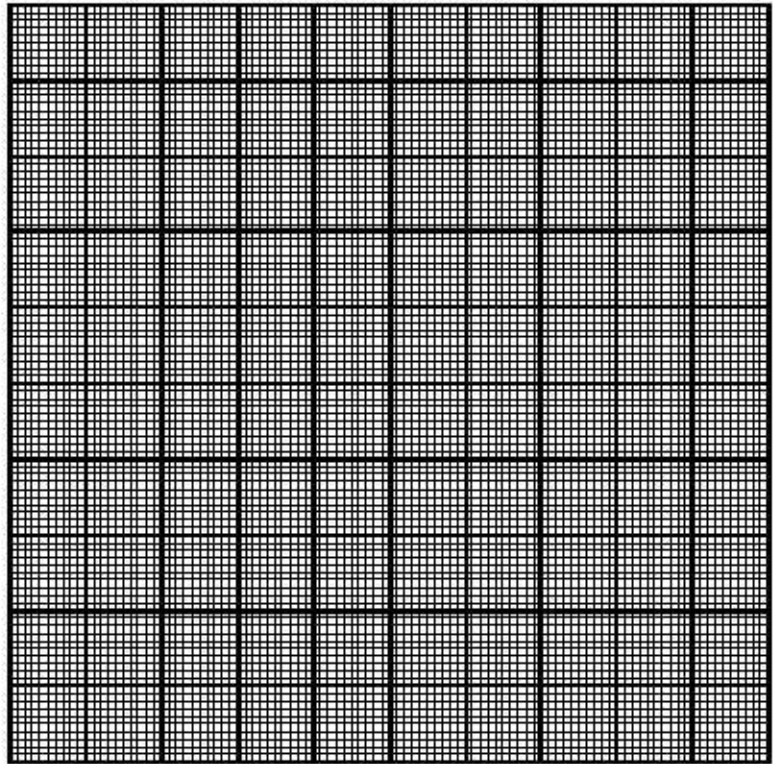
Application :

3.3 Loi des espaces

Étudions tout d'abord la manière dont la position change avec le temps qui passe.

3.3.1 Exploitation des résultats : Un deuxième graphique : e comme fonction du temps

Échelle : (valeur max en t : $\Rightarrow$ 1cm en $x = \dots$, valeur max en e : $\Rightarrow$ 1cm en $y = \dots$)



Si nous relierons les points du graphique, nous obtenons le graphe de la fonction $e(t)$. Cette ressemble à la courbe d'une fonction que vous avez étudié en mathématique. Cette courbe est celle d'une fonction
 Ces fonctions sont déterminées par l'équation

Essayons de "mettre en forme" les temps et les distances du tableau précédent pour retrouver cette équation mais adaptée à nos grandeurs distance e et temps t .

$e = \dots\dots\dots$

3.3.2 Exploitation des résultats : Une deuxième loi

Retournons encore à notre tableau. Effectuons l'opération suivante : e/t^2 et indiquons les valeurs dans le tableau.

Nous pouvons donc déduire : $e/t^2 = \dots\dots$

Et cette constante est égale à

DONC :

$$2.\Delta e(t)/t^2 = \dots\dots$$

où

$\Delta(t)$ est le déplacement à l'instant t (m/s),

t est l'instant où nous mesurons la déplacement mais aussi (dans ce cas ci!) le temps écoulé depuis le départ (s)

a est l'accélération (m/s^2).

Nous redéfinissons ainsi l'

Cette relation s'appelle la loi des espaces.

Elle peut se réécrire comme suit :

$$\Delta e(t) = \frac{1}{2}.a.t^2$$

.

où

Unités : m/s^2

Application :

3.3.3 Encore des définitions et des unités

L'accélération

3.3.4 vitesse initiale non nulle

3.3.5 La démarche de Galilée

Reproduisons ici la démarche de Galilée. Galilée faisait glisser des billes le long d'une étroite gouttière inclinée. Il mesurait les distances et les temps mis pour parcourir ces distances. Il en a déduit une relation.

Galilée a rencontré beaucoup de problème avec ses billes et sa rigole. Les mesures de temps étaient faites avec le "nec plus ultra" de l'époque : un sablier.

Utilisons un matériel un peu plus moderne, le rail à coussin d'air.



Schéma du rail :

t_1 (pour distance totale e) = s

t_2 (pour distance $e/4$) = s

t_3 (pour distance $e/9$) = s

Quelles conclusions pouvons nous tirer de ceci ?

3.3.6 Quelques mesures avec le rail à coussin d'air.

Allons nous retrouver les mêmes lois ?

t (1/.. de s.)	t (s)	.....	e (cm)	e (m) .....	.....	.....	
0	0	...	0	0	.....	.....	.....
1	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...

3.3.7 vitesse initiale non nulle

Nous avons travaillé jusqu'à présent avec une vitesse de départ (on dit vitesse initiale) nulle. Que se passe-t-il si la vitesse initiale n'est pas nulle ? Il suffit de l'ajouter. Rappelez-vous ce que vous avez fait quand la position de départ n'était pas nulle, ceci y ressemble.

Nos formules deviennent alors :

position de départ non nulle

$$\Delta e(t) = \frac{1}{2}.a.t^2$$

vitesse initiale non nulle

$$v(t) = v_0 + a.t \quad \Delta e(t) = v_0.t + \frac{1}{2}.a.t^2 \quad e(t) = e_0 + v_0.t + \frac{1}{2}.a.t^2 .$$

où

$v(t)$ est la vitesse à l'instant t (m/s),

t est l'instant où nous mesurons la vitesse mais aussi (dans ce cas-ci !) le temps écoulé depuis le départ (s),

a est l'accélération (m^2/s),

v_0 est la vitesse initiale (m/s),

$\Delta e(t)$ est le déplacement à l'instant t (m),

$e(t)$ est la position à l'instant t (m)

et e_0 st la position initiale (m).

3.4 exercices

1. (a)

Deuxième partie

Dynamique

Troisième partie

Dynamique

Temps prévu :

- périodes

Objectifs :

- .

Savoirs :

- vecteurs force et accélération
- Principe d'inertie
- Principe fondamental de la dynamique : $F = ma$
- Principe d'action et réaction
- masse, poids

3.5 Introduction

La cinématique se préoccupait uniquement de la description des mouvements. Nous poserons ici de question sur les causes des mouvements. La différence entre masse et poids est introduite. La notion de force est formalisée, approfondie.

Chapitre 4

Les forces

4.1 Introduction

Nous avons déjà fait connaissance avec les forces. Nous savons qu'elles peuvent s'équilibrer ou que si elles s'exercent sur une surface, il faut parler de pression.

4.2 Définitions et caractéristiques

Une force est toute cause capable de provoquer une déformation ou de modifier la trajectoire ou la vitesse d'un objet.

Elle caractérisée par :

- Une direction :
- Un sens :
- Un point d'application :
- une intensité :

Unité : l'unité d'intensité pour la force est le, qui correspond à l'intensité avec laquelle la terre attire un corps de masse d'environ 101,9 g.

L'**instrument de mesure** des forces est le, basé sur la déformation d'un ressort.

Une force est une grandeur physique orientée, on la **représente** par
....., le vecteur

- Son origine est de la force.
- La direction est indiquée par
- Le sens est indiqué par
- L'intensité de la force est indiquée par

Remarque : On notera une force sous forme vectorielle ou scalaire selon les besoins.

4.3 La force de pesanteur

On appelle le **poids** d'un corps, la force qui attire le corps vers le centre de la terre

4.3.1 Les caractéristiques de la force de pesanteur

Les caractéristiques de la force de pesanteur sont :

- direction :
- sens :
- point d'application :
- intensité :

Remarque :
.....

4.3.2 Différences entre masse et poids

Masse Poids

.

Un corps de masse 1 kg pèse

- 274 N sur le Soleil
- 1,6 N sur la Lune
- 11 N sur Saturne
- 9,81 sur Terre
- 3,5 N sur Mercure

Le **poids** d'un corps dépend de sa **masse** et de l'**astre** (planète, lune, étoile) où il se trouve. La terre attire un corps d'**1 kg de masse** avec une force de **9,81 N**.

Tableau à compléter :

4.4 Autres forces

Toutes les forces que nous connaissons dérivent de la gravité, de la force électromagnétique, de la force faible et de la force forte. Ces deux dernières agissent au niveau subatomique (noyau, particules élémentaires ...) et nous n'en parlerons pas ici.

4.4.1 La force électromagnétique

Les forces électriques et magnétiques sont une seule et même chose : la force électromagnétique.

Retenons que les charges électriques peuvent être positives ou négatives.

Si les charges sont de même signe, elles se repoussent. Si les charges sont de signes opposés, elles s'attirent.

Application :

4.5 exercices

1. (a)

Chapitre 5

Les lois fondamentales de la dynamique

5.1 Introduction

Les lois fondamentales de la dynamique sont aussi appelées les 3 lois de Newton :

1. Le principe d'inertie
2. La relation $F = ma$
3. Le principe d'action et de réaction

5.2 Le principe d'inertie

5.2.1 Principe

5.2.2 Importance du système de référence

5.2.3 Recherche de la relation qui lie F , m et a

5.3 La relation $F = ma$

5.3.1 Principe

5.3.2 Recherche de la relation qui lie F , m et a

5.4 Le principe d'action et de réaction

5.4.1 Principe

Unités :

Application :

5.5 exercices

1. (a)

Quatrième partie

Energie, travail, puissance

Cinquième partie
Energie, Travail, Puissance

Temps prévu :

- périodes

Objectifs :

- .

Savoirs :

- Energie, Travail, Puissance
- Energie mécanique, chimique, électrique
- Energie potentielle et cinétique
- Conservation de l'énergie
- Travail moteur et résistant
- Joule, calorie, watt

5.6 Introduction

La notion familière d'énergie prend un nouveau sens.

Chapitre 6

Energie

6.1 Introduction

6.2 Définition

6.3 Les formes d'énergie

6.3.1 Energie mécanique

Exemples :

- éoliennes
 - source :
 - nature :
- barrages hydrauliques
 - source :
 - nature :

6.3.2 Energie chimique

...

6.3.3 Energie thermique**6.3.4 Energie rayonnante****6.3.5 Energie électrique****6.3.6 Energie nucléaire****6.4 Formes et transformations de l'énergie****6.4.1 Tableau des transformations d'énergie****6.5 Energie mécanique****6.5.1 Energie potentielle****6.5.2 Energie cinétique****6.6 Conservation de l'énergie****6.7 Rendement**

Unités :

Application :

6.8 exercices

1. (a)

Chapitre 7

Travail

7.1 Introduction

Nous étudierons ici le concept de travail mécanique.

Si certaines transformations peuvent avoir lieu sans qu'aucune force visible n'en soit la cause (Ex. : une réaction chimique qui dégage de la chaleur), dans d'autres cas, la transformation de l'énergie est réalisée grâce à l'action d'une force.

7.2 Définitions, formules

7.2.1 Une première définition

7.2.2 Formule

7.2.3 Une deuxième définition

7.3 Travail moteur ou résistant

Unités :

Application :

7.4 exercices

1. (a)

Chapitre 8

Puissance

8.1 Introduction

8.2 Définition

8.3 Exemples

Unités :

Application :

8.4 exercices

1. (a)

Sixième partie

**GNU Free Documentation
License**

Version 1.2, November 2002
Copyright ©2000,2001,2002 Free Software Foundation, Inc.

59 Temple Place, Suite 330, Boston, MA 02111-1307 USA

Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies of this license document, but changing it is not allowed.

Preamble

The purpose of this License is to make a manual, textbook, or other functional and useful document "free" in the sense of freedom : to assure everyone the effective freedom to copy and redistribute it, with or without modifying it, either commercially or noncommercially. Secondly, this License preserves for the author and publisher a way to get credit for their work, while not being considered responsible for modifications made by others.

This License is a kind of "copyleft", which means that derivative works of the document must themselves be free in the same sense. It complements the GNU General Public License, which is a copyleft license designed for free software.

We have designed this License in order to use it for manuals for free software, because free software needs free documentation : a free program should come with manuals providing the same freedoms that the software does. But this License is not limited to software manuals; it can be used for any textual work, regardless of subject matter or whether it is published as a printed book. We recommend this License principally for works whose purpose is instruction or reference.

1. APPLICABILITY AND DEFINITIONS

This License applies to any manual or other work, in any medium, that contains a notice placed by the copyright holder saying it can be distributed under the terms of this License. Such a notice grants a world-wide, royalty-free license, unlimited in duration, to use that work under the conditions stated herein. The "**Document**", below, refers to any such manual or work. Any member of the public is a licensee, and is addressed as "**you**". You accept the license if you copy, modify or distribute the work in a way requiring permission under copyright law.

A "**Modified Version**" of the Document means any work containing the Document or a portion of it, either copied verbatim, or with modifications and/or translated into another language.

A **"Secondary Section"** is a named appendix or a front-matter section of the Document that deals exclusively with the relationship of the publishers or authors of the Document to the Document's overall subject (or to related matters) and contains nothing that could fall directly within that overall subject. (Thus, if the Document is in part a textbook of mathematics, a Secondary Section may not explain any mathematics.) The relationship could be a matter of historical connection with the subject or with related matters, or of legal, commercial, philosophical, ethical or political position regarding them.

The **"Invariant Sections"** are certain Secondary Sections whose titles are designated, as being those of Invariant Sections, in the notice that says that the Document is released under this License. If a section does not fit the above definition of Secondary then it is not allowed to be designated as Invariant. The Document may contain zero Invariant Sections. If the Document does not identify any Invariant Sections then there are none.

The **"Cover Texts"** are certain short passages of text that are listed, as Front-Cover Texts or Back-Cover Texts, in the notice that says that the Document is released under this License. A Front-Cover Text may be at most 5 words, and a Back-Cover Text may be at most 25 words.

A **"Transparent"** copy of the Document means a machine-readable copy, represented in a format whose specification is available to the general public, that is suitable for revising the document straightforwardly with generic text editors or (for images composed of pixels) generic paint programs or (for drawings) some widely available drawing editor, and that is suitable for input to text formatters or for automatic translation to a variety of formats suitable for input to text formatters. A copy made in an otherwise Transparent file format whose markup, or absence of markup, has been arranged to thwart or discourage subsequent modification by readers is not Transparent. An image format is not Transparent if used for any substantial amount of text. A copy that is not "Transparent" is called **"Opaque"**.

Examples of suitable formats for Transparent copies include plain ASCII without markup, Texinfo input format, LaTeX input format, SGML or XML using a publicly available DTD, and standard-conforming simple HTML, PostScript or PDF designed for human modification. Examples of transparent image formats include PNG, XCF and JPG. Opaque formats include proprietary formats that can be read and edited only by proprietary word processors, SGML or XML for which the DTD and/or processing tools are not generally available, and the machine-generated HTML, PostScript or PDF produced by some word processors for output purposes only.

The **"Title Page"** means, for a printed book, the title page itself, plus such following pages as are needed to hold, legibly, the material this License

requires to appear in the title page. For works in formats which do not have any title page as such, "Title Page" means the text near the most prominent appearance of the work's title, preceding the beginning of the body of the text.

A section "**Entitled XYZ**" means a named subunit of the Document whose title either is precisely XYZ or contains XYZ in parentheses following text that translates XYZ in another language. (Here XYZ stands for a specific section name mentioned below, such as "**Acknowledgements**", "**Dedications**", "**Endorsements**", or "**History**".) To "**Preserve the Title**" of such a section when you modify the Document means that it remains a section "Entitled XYZ" according to this definition.

The Document may include Warranty Disclaimers next to the notice which states that this License applies to the Document. These Warranty Disclaimers are considered to be included by reference in this License, but only as regards disclaiming warranties : any other implication that these Warranty Disclaimers may have is void and has no effect on the meaning of this License.

2. VERBATIM COPYING

You may copy and distribute the Document in any medium, either commercially or noncommercially, provided that this License, the copyright notices, and the license notice saying this License applies to the Document are reproduced in all copies, and that you add no other conditions whatsoever to those of this License. You may not use technical measures to obstruct or control the reading or further copying of the copies you make or distribute. However, you may accept compensation in exchange for copies. If you distribute a large enough number of copies you must also follow the conditions in section 3.

You may also lend copies, under the same conditions stated above, and you may publicly display copies.

3. COPYING IN QUANTITY

If you publish printed copies (or copies in media that commonly have printed covers) of the Document, numbering more than 100, and the Document's license notice requires Cover Texts, you must enclose the copies in covers that carry, clearly and legibly, all these Cover Texts : Front-Cover Texts on the front cover, and Back-Cover Texts on the back cover. Both covers must also clearly and legibly identify you as the publisher of these copies. The front cover must present the full title with all words of the title equally prominent

and visible. You may add other material on the covers in addition. Copying with changes limited to the covers, as long as they preserve the title of the Document and satisfy these conditions, can be treated as verbatim copying in other respects.

If the required texts for either cover are too voluminous to fit legibly, you should put the first ones listed (as many as fit reasonably) on the actual cover, and continue the rest onto adjacent pages.

If you publish or distribute Opaque copies of the Document numbering more than 100, you must either include a machine-readable Transparent copy along with each Opaque copy, or state in or with each Opaque copy a computer-network location from which the general network-using public has access to download using public-standard network protocols a complete Transparent copy of the Document, free of added material. If you use the latter option, you must take reasonably prudent steps, when you begin distribution of Opaque copies in quantity, to ensure that this Transparent copy will remain thus accessible at the stated location until at least one year after the last time you distribute an Opaque copy (directly or through your agents or retailers) of that edition to the public.

It is requested, but not required, that you contact the authors of the Document well before redistributing any large number of copies, to give them a chance to provide you with an updated version of the Document.

4. MODIFICATIONS

You may copy and distribute a Modified Version of the Document under the conditions of sections 2 and 3 above, provided that you release the Modified Version under precisely this License, with the Modified Version filling the role of the Document, thus licensing distribution and modification of the Modified Version to whoever possesses a copy of it. In addition, you must do these things in the Modified Version :

- A. Use in the Title Page (and on the covers, if any) a title distinct from that of the Document, and from those of previous versions (which should, if there were any, be listed in the History section of the Document). You may use the same title as a previous version if the original publisher of that version gives permission.
- B. List on the Title Page, as authors, one or more persons or entities responsible for authorship of the modifications in the Modified Version, together with at least five of the principal authors of the Document (all of its principal authors, if it has fewer than five), unless they release you from this requirement.
- C. State on the Title page the name of the publisher of the Modified Version, as the publisher.

- D. Preserve all the copyright notices of the Document.
- E. Add an appropriate copyright notice for your modifications adjacent to the other copyright notices.
- F. Include, immediately after the copyright notices, a license notice giving the public permission to use the Modified Version under the terms of this License, in the form shown in the Addendum below.
- G. Preserve in that license notice the full lists of Invariant Sections and required Cover Texts given in the Document's license notice.
- H. Include an unaltered copy of this License.
- I. Preserve the section Entitled "History", Preserve its Title, and add to it an item stating at least the title, year, new authors, and publisher of the Modified Version as given on the Title Page. If there is no section Entitled "History" in the Document, create one stating the title, year, authors, and publisher of the Document as given on its Title Page, then add an item describing the Modified Version as stated in the previous sentence.
- J. Preserve the network location, if any, given in the Document for public access to a Transparent copy of the Document, and likewise the network locations given in the Document for previous versions it was based on. These may be placed in the "History" section. You may omit a network location for a work that was published at least four years before the Document itself, or if the original publisher of the version it refers to gives permission.
- K. For any section Entitled "Acknowledgements" or "Dedications", Preserve the Title of the section, and preserve in the section all the substance and tone of each of the contributor acknowledgements and/or dedications given therein.
- L. Preserve all the Invariant Sections of the Document, unaltered in their text and in their titles. Section numbers or the equivalent are not considered part of the section titles.
- M. Delete any section Entitled "Endorsements". Such a section may not be included in the Modified Version.
- N. Do not retitle any existing section to be Entitled "Endorsements" or to conflict in title with any Invariant Section.
- O. Preserve any Warranty Disclaimers.

If the Modified Version includes new front-matter sections or appendices that qualify as Secondary Sections and contain no material copied from the Document, you may at your option designate some or all of these sections as invariant. To do this, add their titles to the list of Invariant Sections in the Modified Version's license notice. These titles must be distinct from any other section titles.

You may add a section Entitled "Endorsements", provided it contains nothing but endorsements of your Modified Version by various parties—for example, statements of peer review or that the text has been approved by an organization as the authoritative definition of a standard.

You may add a passage of up to five words as a Front-Cover Text, and a passage of up to 25 words as a Back-Cover Text, to the end of the list of Cover Texts in the Modified Version. Only one passage of Front-Cover Text and one of Back-Cover Text may be added by (or through arrangements made by) any one entity. If the Document already includes a cover text for the same cover, previously added by you or by arrangement made by the same entity you are acting on behalf of, you may not add another; but you may replace the old one, on explicit permission from the previous publisher that added the old one.

The author(s) and publisher(s) of the Document do not by this License give permission to use their names for publicity for or to assert or imply endorsement of any Modified Version.

5. COMBINING DOCUMENTS

You may combine the Document with other documents released under this License, under the terms defined in section 4 above for modified versions, provided that you include in the combination all of the Invariant Sections of all of the original documents, unmodified, and list them all as Invariant Sections of your combined work in its license notice, and that you preserve all their Warranty Disclaimers.

The combined work need only contain one copy of this License, and multiple identical Invariant Sections may be replaced with a single copy. If there are multiple Invariant Sections with the same name but different contents, make the title of each such section unique by adding at the end of it, in parentheses, the name of the original author or publisher of that section if known, or else a unique number. Make the same adjustment to the section titles in the list of Invariant Sections in the license notice of the combined work.

In the combination, you must combine any sections Entitled "History" in the various original documents, forming one section Entitled "History"; likewise combine any sections Entitled "Acknowledgements", and any sections Entitled "Dedications". You must delete all sections Entitled "Endorsements".

6. COLLECTIONS OF DOCUMENTS

You may make a collection consisting of the Document and other documents released under this License, and replace the individual copies of this License in the various documents with a single copy that is included in the collection, provided that you follow the rules of this License for verbatim copying of each of the documents in all other respects.

You may extract a single document from such a collection, and distribute it individually under this License, provided you insert a copy of this License into the extracted document, and follow this License in all other respects regarding verbatim copying of that document.

7. AGGREGATION WITH INDEPENDENT WORKS

A compilation of the Document or its derivatives with other separate and independent documents or works, in or on a volume of a storage or distribution medium, is called an "aggregate" if the copyright resulting from the compilation is not used to limit the legal rights of the compilation's users beyond what the individual works permit. When the Document is included in an aggregate, this License does not apply to the other works in the aggregate which are not themselves derivative works of the Document.

If the Cover Text requirement of section 3 is applicable to these copies of the Document, then if the Document is less than one half of the entire aggregate, the Document's Cover Texts may be placed on covers that bracket the Document within the aggregate, or the electronic equivalent of covers if the Document is in electronic form. Otherwise they must appear on printed covers that bracket the whole aggregate.

8. TRANSLATION

Translation is considered a kind of modification, so you may distribute translations of the Document under the terms of section 4. Replacing Invariant Sections with translations requires special permission from their copyright holders, but you may include translations of some or all Invariant Sections in addition to the original versions of these Invariant Sections. You may include a translation of this License, and all the license notices in the Document, and any Warranty Disclaimers, provided that you also include the original English version of this License and the original versions of those notices and disclaimers. In case of a disagreement between the translation and the original version of this License or a notice or disclaimer, the original version will prevail.

If a section in the Document is Entitled "Acknowledgements", "Dedications", or "History", the requirement (section 4) to Preserve its Title (section 1) will typically require changing the actual title.

9. TERMINATION

You may not copy, modify, sublicense, or distribute the Document except as expressly provided for under this License. Any other attempt to copy, modify, sublicense or distribute the Document is void, and will automatically terminate your rights under this License. However, parties who have received copies, or rights, from you under this License will not have their licenses terminated so long as such parties remain in full compliance.

10. FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE

The Free Software Foundation may publish new, revised versions of the GNU Free Documentation License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns. See <http://www.gnu.org/copyleft/>.

Each version of the License is given a distinguishing version number. If the Document specifies that a particular numbered version of this License "or any later version" applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that specified version or of any later version that has been published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document does not specify a version number of this License, you may choose any version ever published (not as a draft) by the Free Software Foundation.

ADDENDUM : How to use this License for your documents

To use this License in a document you have written, include a copy of the License in the document and put the following copyright and license notices just after the title page :

Copyright ©YEAR YOUR NAME. Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.2 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts. A copy of the license is included in the section entitled "GNU Free Documentation License".

If you have Invariant Sections, Front-Cover Texts and Back-Cover Texts, replace the "with...Texts." line with this :

with the Invariant Sections being LIST THEIR TITLES, with the Front-Cover Texts being LIST, and with the Back-Cover Texts being LIST.

If you have Invariant Sections without Cover Texts, or some other combination of the three, merge those two alternatives to suit the situation.

If your document contains nontrivial examples of program code, we recommend releasing these examples in parallel under your choice of free software license, such as the GNU General Public License, to permit their use in free software.

Table des matières

I	Cinématique	1
0.1	Introduction	3
1	Positions, déplacements, vitesses	5
1.1	Introduction	5
1.2	Concepts de base : positions, repos et mouvement.	7
1.2.1	Définitions et vocabulaire	8
1.2.2	La position : un vecteur	9
1.2.3	Le déplacement	9
1.2.4	Un exemple : sur une carte géographique	9
1.2.5	Mouvement Rectiligne	11
1.3	vitesses	11
1.3.1	vitesse moyenne	11
1.3.2	vitesse instantanée	12
1.4	exercices	13
2	MRU	15
2.1	Introduction	15
2.1.1	Définitions et vocabulaire	15
2.2	Loi des vitesses	15
2.2.1	La chute d'une plume	15
2.2.2	Tableau de résultats	16
2.2.3	Exploitation des résultats : Graphiques	17
2.2.4	Exploitation des résultats : Une première loi	19
2.2.5	formules pour les positions	20
2.3	exercices	20
3	MRUA	21
3.1	Introduction	21
3.1.1	Définitions et vocabulaire	22
3.1.2	Cas sans vitesse initiale	22
3.2	Loi des vitesses	22

3.2.1	La chute d'une bille	22
3.2.2	Tableau de résultats	24
3.2.3	Exploitation des résultats : Graphiques	25
3.2.4	Exploitation des résultats : Une première loi	27
3.3	Loi des espaces	27
3.3.1	Exploitation des résultats : Un deuxième graphique : e comme fonction du t	28
3.3.2	Exploitation des résultats : Une deuxième loi	29
3.3.3	Encore des définitions et des unités	30
3.3.4	vitesse initiale non nulle	31
3.3.5	La démarche de Galilée	31
3.3.6	Quelques mesures avec le rail à coussin d'air	32
3.3.7	vitesse initiale non nulle	32
3.4	exercices	33
II	Dynamique	35
III	Dynamique	37
3.5	Introduction	39
4	Les forces	41
4.1	Introduction	41
4.2	Définitions et caractéristiques	41
4.3	La force de pesanteur	42
4.3.1	Les caractéristiques de la force de pesanteur	42
4.3.2	Différences entre masse et poids	42
4.4	Autres forces	43
4.4.1	La force électromagnétique	43
4.5	exercices	43
5	Les lois fondamentales de la dynamique	45
5.1	Introduction	45
5.2	Le principe d'inertie	46
5.2.1	Principe	46
5.2.2	Importance du système de référence	46
5.2.3	Recherche de la relation qui lie F , m et a	46
5.3	La relation $F = ma$	46
5.3.1	Principe	46
5.3.2	Recherche de la relation qui lie F , m et a	46
5.4	Le principe d'action et de réaction	46

<i>TABLE DES MATIÈRES</i>	73
---------------------------	----

5.4.1 Principe	46
5.5 exercices	46

IV Energie, travail, puissance	47
---------------------------------------	-----------

V Energie, Travail, Puissance	49
--------------------------------------	-----------

5.6 Introduction	51
----------------------------	----

6 Energie	53
------------------	-----------

6.1 Introduction	53
6.2 Définition	53
6.3 Les formes d'énergie	53
6.3.1 Energie mécanique	53
6.3.2 Energie chimique	53
6.3.3 Energie thermique	54
6.3.4 Energie rayonnante	54
6.3.5 Energie électrique	54
6.3.6 Energie nucléaire	54
6.4 Formes et transformations de l'énergie	54
6.4.1 Tableau des transformations d'énergie	54
6.5 Energie mécanique	54
6.5.1 Energie potentielle	54
6.5.2 Energie cinétique	54
6.6 Conservation de l'énergie	54
6.7 Rendement	54
6.8 exercices	54

7 Travail	55
------------------	-----------

7.1 Introduction	55
7.2 Définitions, formules	55
7.2.1 Une première définition	55
7.2.2 Formule	55
7.2.3 Une deuxième définition	55
7.3 Travail moteur ou résistant	55
7.4 exercices	55

8 Puissance	57
--------------------	-----------

8.1 Introduction	57
8.2 Définition	57

8.3	Exemples	57
8.4	exercices	57
VI	GNU Free Documentation License	59
1.	APPLICABILITY AND DEFINITIONS	61
2.	VERBATIM COPYING	63
3.	COPYING IN QUANTITY	63
4.	MODIFICATIONS	64
5.	COMBINING DOCUMENTS	66
6.	COLLECTIONS OF DOCUMENTS	66
7.	AGGREGATION WITH INDEPENDENT WORKS	67
8.	TRANSLATION	67
9.	TERMINATION	68
10.	FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE	68
	ADDENDUM : How to use this License for your documents	68