Cours de physique: cinquième

Yves Delhaye

23 février 2010

Première partie

Observation du ciel et modèles de l'univers

Chapitre 1

Dimensions du système solaire et de l'univers

1.1 Dimensions de l'univers

1.1.1 Introduction

Lecture du texte extrait de "patience dans l'azur".

1.1.2 Réponses aux questions

- diamètre du soleil : $1,4 \cdot 10^6 km$,
- diamètre de la terre : $1,2 \cdot 10^4 km$,
- distance terre-soleil : $1,5 \cdot 10^8 km$,
- à l' échelle : si le soleil fait 1m, diviser par $1,4 \cdot 10^9$: 107m
- distance de l' étoile la plus proche : : $4 \cdot 10^{13} km$,

1.2 Dimensions de l'univers

Le diamètre du Soleil est d'approximativement 1 392 000 km. Le diamètre de la Terre est proche de 12 740 km. Nous savons que la lumière du soleil met approxiamtivement 8 minutes pour nous atteindre.

Q. : Si le Soleil était un ballon de 1 m de diamètre, la Terre serait une bille d'un diamètre de 9 mm. Quelle serait la distance entre les 2 astres ?

R. : 100 m

Q. : A quelle distance serait alors l'étoile la plus proche ?

R. : 25 000 km

Tailles : Tableau

Biosphère :	10 km
Météores :	50 km
Lune :	380 000 km $(3,8.10^5)$
Mars :	$77.10^6 km$
Pluton :	6 milliards de km
Etoile la plus proche :	4,5 années lumières (a-l)
Centre de la voie lactée :	30 000 a-l
Diamètre de la voie lactée :	100 000 a-l
La galaxie d'Andromède :	2 millions d'a-l
La galaxie la plus lointaine connue :	10-15 milliards d'a-l

Chapitre 2

Le ciel vu de la Terre

2.1 Introduction

Nous utilisons le logiciel “Stellarium” pour simuler nos observations.

2.2 Mouvements quotidiens

2.2.1 Mouvement du Soleil

Le soleil se lève depuis l’est,
atteint son point le plus haut au milieu exact de la journée
et se couche vers l’ouest au soir.
Sa trajectoire apparente est une portion de cercle.
Dessin :

2.2.2 Mouvement de la Lune

La lune, lorsqu’elle est visible suit une trajectoire semblable à celle du Soleil et dans le même sens : d’est en ouest.

Mais cette trajectoire se déroule parfois la nuit,parfois le jour. i

2.2.3 Mouvements des étoiles

Si nous observons les étoiles pendant plusieurs heures, il est vite évident que leur mouvement apparent est un cercle autour de l’étoile polaire.

Les étoiles les plus proches de l’étoile polaire sont visibles toute la nuit. Les autres étoiles se lèvent à l’est et se couchent aussi à l’ouest.

Les étoiles ne semblent pas bouger les unes par rapport aux autres.

En six heures, elles décrivent à peu près en quart de cercle.

Les étoiles seraient aussi visibles la journée si la clarté du Soleil ne nous les cachaint pas.

2.2.4 Résumé

Tous les astres, s'ils sont observés sur une journée, ont une trajectoire circulaire décrites en un même temps.

Ce temps sera appelé la **période**.

Définition : La **période** (de révolution) est la durée nécessaire pour que un astre occupe la même position dans le ciel.

2.3 Mouvements annuels

2.3.1 Mouvement de la Lune

Sur une période proche de 28 jours, l'apparence de la Lune change selon des phases : Nouvelle Lune, premier quartier, pleine Lune, dernier quartier. La Lune nous présente toujours le même côté.

2.3.2 Mouvements des étoiles

Le mouvement des étoiles semble immuable.

Une observation fine nous permet cependant de remarquer un léger mouvement d'oscillation de ceraines étoiles au cours d'une année.

Remarquons néanmoins que nous savons, par les cartes anciennes, que les étoiles se déplacent très lentement dans le ciel. Ainsi la grande ourse, s'appelait le chariot du temps des romains.

2.3.3 Mouvement du Soleil

Dessin : La trajectoire du Soleil connaît des variations sur le cours de l'année.

Le solstice d'été

Au début de l'été, le soleil atteint à midi son point le plus élevé de l'année.

(Ce point est appelé la culmination)

C'est aussi ce jour là que le soleil se lève le plus au nord est (NE) et se couche le plus au nord ouest (NO).

C'est le solstice d'été.

L'équinoxe d'automne

Au début de l'automne, un quart d'année après le solstice d'été, lever et coucher du soleil se sont déplacés vers le sud. Ce jour précis, le Soleil, se lève exactement en un point de l'horion qui est exactement à angle droit avec la direction de sa culmination : l'est. Il se couchera exactement en un point de l'horion qui sera exactement à angle droit avec la direction de sa culmination : l'ouest.

La duré du jour et de la nuit seront exactement égales.

L'angle formé entre la culmination au solstice d'été et la position du Soleil au milieu de la journée est exactement de $23^0 30'$.

C'est l'équinoxe d'automne.

Le solstice d'hiver

Les levers et couchés de Soleil vont continuer leur mouvement vers le sud

Au début de l'hiver, le soleil atteint à midi son point le plus bas de l'année.

L'angle formé entre la culmination à l'équinoxe d'automne et la position du Soleil au milieu de la journée est exactement de $23^0 30'$.

C'est aussi ce jour là que le soleil se lève le plus au sud est (SE) et se couche le plus au sud ouest (SO).

C'est le solstice d'hiver.

L'équinoxe de printemps

Au début du printemps, un quart d'année après le solstice d'hiver, lever et coucher du soleil se sont déplacés vers le nord. Ce jour précis, le Soleil, se lève exactement en un point de l'horion qui est exactement à angle droit avec la direction de sa culmination : l'est. Il se couchera exactement en un point de l'horion qui sera exactement à angle droit avec la direction de sa culmination : l'ouest.

La duré du jour et de la nuit seront exactement égales.

L'angle formé entre la culmination au solstice d'été et la position du Soleil au milieu de la journée est exactement de $23^0 30'$.

C'est l'équinoxe de printemps.

2.3.4 Mouvements des planètes

Nos ancêtres ont vite remarqué que certaines astres, s'ils présentaient une apparence semblables aux étoiles, suivaient un type de trajectoires bien différent.

Dans le mouvement quotidien, ils suivent le mouvement des étoiles. Mais si nous repèrons leurs positions par rapport aux étoiles, ils se déplacent dans le ciel selon des spirales. Ils ont appelé ces astres les planètes ce qui signifie “astres errants”. Ces astres sont : Mercure Vénus, Mars, Jupiter et Saturne.

Chapitre 3

Histoire des conceptions de l'univers

3.1 Introduction

Les hommes ont rapidement essayé d'expliquer les mouvements dans le ciel.

3.2 Géocentrisme

3.3 Héliocentrisme

3.3.1 Lois de Képler

Deuxième partie

Mouvements à la surface de la terre

Chapitre 4

Les Mouvements à deux dimensions : Cinématique du mouvement curviligne

4.1 Introduction

4.1.1 Texte à analyser

4.1.2 Rappels de cinématique

Système de référence(repère orthonormé ou cartésien), trajectoire

Tableau des grandeurs vue en cinématique

Grandeurs	symboles	unités	formule
position	r (ou x, ou e)	m	$r_f(t) = r_i + v_i.t + 1/2.a.\Delta t^2$
déplacement	$\Delta r(ou\Delta x, ou\Delta e)$	m	$\Delta r = r_f(t) - r_i = v_i.t + 1/2.a.\Delta t^2$
instant	t	s	-
durée	Δt	s	$\Delta t = t_f - t_i$ e
vitesse	v	m/s	$v_f(t) = v_i + .a.\Delta t$
accélération	a	m/s^2	-

4.1.3 La notion de trajectoire d'Aristote à Galilée en passant par Léonard de Vinci : les boulets de canons

4.2 Le vecteur vitesse

Nous allons faire une généralisation de la notion de vitesse.

4.2.1 Rappel mathématique : les vecteurs

Composantes et additions de vecteurs.
Les caractéristiques d'un vecteur $\overrightarrow{w}$sont :

* Sa direction,
* son sens,
* sa grandeur (ou intensité),
* son point d'application,
* en physique, nous aurons une caractéristique en plus : son unité (m pour le vecteur position).

4.2.2 Position, vitesse, accélération, force : des grandeurs vectorielles

Imaginons les mouvement d'un objet (mouche, ...) sur une vitre.
– Cette vitre définit un **repère orthonormé (x,y)**.
– Soit M l'endroit où se trouve la mouche à l'instant t.
(dessin)
⇒ Ce qui définit donc
– une position **r** de coordonnées **(x,y)** par rapport à l'origine **O** des axes,
– C'est un vecteur, le vecteur $\overrightarrow{r}$.

$$\boxed{vecteur\overrightarrow{r} : \overrightarrow{r} = \overrightarrow{OM} \qquad (4.1)}$$

Si nous laissons la mouche se déplacer, à l'instant t' elle se trouve à la postion $\overrightarrow{r'}$
⇒ Ce qui définit le vecteur déplacement $\overrightarrow{\Delta r}$

$$vecteur\overrightarrow{\Delta r} : \overrightarrow{\Delta r} = \overrightarrow{r'} - \overrightarrow{r} \qquad (4.2)$$

$$\overrightarrow{\Delta r} = \overrightarrow{MM'} \qquad (4.3)$$

car $\overrightarrow{OM'} = \overrightarrow{OM} + \overrightarrow{MM'}$ et. $\overrightarrow{r'} = \overrightarrow{\Delta r} + \overrightarrow{\Delta r}$
(dessin)

4.2.3 Le vecteur vitesse moyenne

$$\overrightarrow{v_{moy}} = \frac{\overrightarrow{\Delta r}}{\Delta t} \qquad (4.4)$$

Les caractéristiques du vecteur $\overrightarrow{v_{moy}}$sont :
* Sa direction : $\parallel \overrightarrow{\Delta r}$,
* son sens : le même que $\overrightarrow{\Delta r}$,
* sa grandeur : $\approx \frac{\overline{\Delta r}}{\Delta t}$,
* son point d'application : M,
* son unité (m/s).

4.2.4 Le vecteur vitesse instantanée

$$\overrightarrow{v_{inst}} = \frac{\overrightarrow{\Delta r}}{\Delta t} \qquad (4.5)$$

avec Δt petit

càd. $\Delta t = t' - t$ avec $t' \to t$
(t et t' presque égaux mais pas tout à fait.)

$$\Rightarrow M' \to M$$

La droite MM' devient alors **tangente** à la trajectoire en M.
Les caractéristiques du vecteur $\overrightarrow{v_{inst}}$sont :
* Sa direction : **tangente** à la trajectoire en M,
* son sens : le sens du mouvement,
* sa grandeur : $\approx \frac{\|\overrightarrow{\Delta r}\|}{\Delta t} avec t' \to t$,
* son point d'application : M ,
* son unité (m/s).

(dessin)

4.3 Exercice

Représenter les vecteurs vitesses instantanées sur la photo et comparer leurs grandeurs.

Chapitre 5

Mouvement Circulaire Uniforme : Cinématique du mouvement curviligne

Temps prévu :

- 10 périodes

Objectifs :

- Expliquer la différence entre changement de vitesse en grandeur ou en direction.
- Interpréter les mouvements en termes de conservation ou de modification par les forces.
- Repérer les duos d'actions spécifiques sur divers exemples.
- Associer l'analyse d'un mouvement au système de référence.
- Estimer vitesse et accélération dans quelques exemples.

Savoirs :

- Forces et mouvements (lois de Newton)
- Mouvement circulaire.
- Période
- vitesse circulaire
- accélération centripète
- force centripète

5.1 Introduction

5.1.1 mise en situation

5.1.2 Tâche

5.2 Force centripète

5.2.1 Introduction

Rappel : le principe d'inertie

$$MRU \Leftrightarrow \Sigma\overrightarrow{F} = \overrightarrow{0}$$
$$Mouvement\ varie \Leftrightarrow \Sigma\overrightarrow{F} \neq \overrightarrow{0}$$

mouvement circulaire uniforme

5.2.2 Définitions : période, vitesse d'un mouvement circulaire uniforme, ...

- Un objet de masse m
- en mouvement circulaire uniforme
  - de rayon R (m)
  - et de centre C
  - décrit des arcs Δs (m)
  - en des durées égales Δt. (s)
- La durée d'une révolution complète est la période T (s)
  - Ex : L'aiguille des secondes d'un horloge est en MCU et a une période T de $60s$.
  - Ex : L'aiguille des minutes d'un horloge a une période T de ......
  - Ex : L'aiguille des heures d'un horloge a une période T de ......

En MCU, la vitesse v est égale à la longueur d'arc de cercle parcourue par unité de temps. Càd.

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

où
Δt est la durée nécessaire (s)
pour parcourir

Δs la longueur d'arc (m).

Attention : Rappel le sens positif est le sens contraire des aiguilles d'une montre.

Pour un tour (une circonférence) : $\Delta s = 2\pi R$ et $\Delta t = T$

Et donc :

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

Exemple :

L'horloge de l'hôtel de ville a une trotteuse qui fait exactement 1m de long. Quelle est la vitesse v de la pointe de la trotteuse ?

* Données :
  * $R = 1m$
  * $T = 60s$
* Inconnue :
  * $v = ?(m/s)$
* Formule :
  * $v = \frac{2\pi R}{T}$
* Solution :
  * $v = \frac{2\pi 1}{60}(m/s)$
  * $v = \frac{6,28}{60}(m/s)$
  * $v = 0.1(m/s)$

Caractéristiques du vecteur vitesse

Rappelons que les caractéristiques d'un vecteur sont :

* Sa direction,
* son sens,
* sa grandeur et
* son point d'application.

Au chapitre précédent, nous avons vu qu'en tout point de la trajectoire, le vecteur vitesse $\overrightarrow{v}$ est tangent à la trajectoire.

Ici, dans un mouvement circulaire, la trajectoire est la circonférence du cercle. Si $\overrightarrow{v}$ est tangent à la circonférence du cercle, alors $\overrightarrow{v}$ est perpendiculaire au rayon R.

$$\vec{v} \perp R$$

Le vecteur vitesse $\vec{v}$ est dans le sens du mouvement. La grandeur de $\vec{v}$ est v. Son point d'application est le centre de masse du mobile en mouvement sur la circonférence.

Et donc, les caractéristiques du vecteur $\vec{v}$sont :

* Sa direction : $\vec{v} \perp R$
* son sens : le sens du mouvement
* sa grandeur : $v = \frac{2\pi R}{T}$
* son point d'application : le centre de masse du mobile désigné par P.

Vitesse angulaire

La vitesse $\vec{v}$ mesure le déplacement (m). Il peut être utile de mesurer la vitesse angulaire. La vitesse angulaire est liée à la période et aux "nombre de tours" par seconde. Elle est une mesure de l'angle fait par unité de temps. Plutôt que de mesurer en l'angle en degré, par convention, elle est donnée en "radians par seconde" :

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{\Delta s}{R\Delta t}$$

(rad/s)

5.2.3 La force centripète

Si nous faisons tourner un objet au bout d'une corde, nous devons tirer sur la corde. Il faut donc exercer une force vers le centre de rotation. Cette force courbe sans cesse la trajectoire.

Cette force est la force centripète.

Si nous cessons d'exercer cette force, si nous lâchons la corde par exemple, alors il n'y a plus de force exercée sur l'objet et conformément au principe d'inertie, il part en ligne droite. (si nous négligeons les frottements, la gravité, ...) C'est le principe d'une fronde.

Remarquons que nous n'avons pas besoin de force centrifuge ! Cette force existe dans le langage de tous les jours mais n'existe pas en tant que telle. Les physiciens parlent de "pseudo-force".

5.2.4 L'accélération centripète

Rappel : principe fondamental de la dynamique

$$F = m.a$$

Nous avons vu au chapitre précédent que la position et la vitesse était des grandeurs vectorielles, rappelons que l'accélération est aussi une grandeur vectorielle. Dès lors $F = m.a$ devient, sous forme vectorielle,

$$\overrightarrow{F} = m.\overrightarrow{a}$$

Ce que cette relation indique c'est que la force $\overrightarrow{F}$ est proportionnelle à l'accélération $\overrightarrow{a}$. Comme la masse m ne peut pas être négative, les vecteurs $\overrightarrow{F}$ et $\overrightarrow{a}$ sont de même direction et de même sens.

Application de principe fondamental de la dynamique en MCU

L'accélération $\overrightarrow{a}$ est donc aussi dirigée vers le centre.

La vitesse v est certes constante, mais nous ne sommes plus en MRU. Le vecteur $\overrightarrow{v}$ est bien de grandeur v constante MAIS la **direction** du vecteur $\overrightarrow{v}$ change continuellement. Notons que ce changement est régulier, nous y reviendrons.

Définissons donc maintenant l'accélération vectorielle !

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

Différence de vitesses vectorielles

Ce changement de vitesse $\Delta\overrightarrow{v}$ est une différence de vitesse. En MRU, nous faisions $\Delta v = v_2 - v_1$, ici, avec des grandeurs vectorielles nous faisons

$$\Delta\overrightarrow{v} = \overrightarrow{v_2} - \overrightarrow{v_1}$$

Faire une différence de vecteurs revient à additionner un vecteur $\overrightarrow{v_2}$ et l'opposé de $\overrightarrow{v_1}$.

Comme nous pouvons déplacer un vecteur pour faire la différence, nous avons maintenant :

Ou encore :

Remarque : Le vecteur $\Delta\overrightarrow{v}$ ne pointe pas parfaitement vers le centre car souvenons nous que les définitions de la vitesse et de l'accélération impliquent de prendre Δt petit. Ce qui n'est pas le cas dans les illustrations précédentes.

Conclusion

$\Delta\vec{v} = \vec{v_2} - \vec{v_1} = \vec{v_2} + (-\vec{v_1})$ est donc bien dirigé vers le centre et que l'accélération $\vec{a}$ sera aussi dirigée vers le centre. L'accélération $\vec{a}$ est donc bien centripète.

Le principe fondamental de la dynamique et la définition de $\vec{a}$ comme différence de vitesses sont concordantes.

5.2.5 Grandeur de la force et de l'accélération centripète

introduction

Nous connaissons maintenant

* le point d'application (le point P : centre de masse de l'objet de masse m)
* la direction (selon une droite reliant le centre C et le point P) et
* le sens (pointant vers le centre C)

de la force centripète. Ceci est aussi valable pour l'accélération centripète.

Mais nous ne connaissons pas encore sa grandeur (ou intensité). Étudions ici cette question.

Considérations expérimentales

Si nous faisons tourner une masse autour de nous (au lancer de marteau, en faisant tourner une fronde, ...), nous pouvons constater rapidement une série de choses :

La force (centripète) que nous devons exercer pour retenir l'objet en rotation est d'autant plus grande que :

* la masse m de l'objet est grande,
* la grandeur v de la vitesse est grande,
* le rayon R est petit.

Cette dernière considération est un peu contraire au sens commun.

Conclusion

Des mesures précises nous permettent de déduire la relation suivante :

$$F = m\frac{v^2}{R}$$

Comme $F = m.a$ peut s'écrire $a = \frac{F}{m}$, nous déduisons que, pour un mobile en MCU, l'intensité de l'accélération centripète vaut :

$$a = \frac{F}{m} == \frac{v^2}{R}$$

5.3 Exercices :

1. La circonférence de la Terre est approximativement de 40 000 km et elle effectue un tour sur elle-même en approximativement 24h. Quelle est la vitesse v de quelqu'un se trouvant à l'équateur ?
   * Données :
     * $Circ \approx 40000km = ...m$
     * $T \approx 24h = ...S$
   * Inconnue :
     * $v =?(m/s)$
   * Formule :
     * $Circ = 2\pi R$
     * $v = \frac{2\pi R}{T}$
     * $v = \frac{Circ}{T}$
   * Solution :
     * $v = \frac{Circ}{T}$
     * $v = \frac{......}{.....}(m/s)$
     * $v = ...(m/s)$
2. La Terre tourne autour du soleil en approximativement 365 jours. La lumière met approximativement 8 minutes pour parcourir la distance entre la Terre et le Soleil. Sachant que la vitesse de la lumière est approximativement 300 000 km/s, quelle est la vitesse v de la Terre dans son mouvement orbital autour du Soleil ?
3. La Lune tourne autour de la Terre en approximativement 28 jours. La lumière met approximativement 1 seconde pour parcourir la distance entre la Terre et la Lune. Sachant que la vitesse de la lumière est approximativement 300 000 km/s, quelle est la vitesse v de la Lune dans son mouvement orbital autour de la Terre ?
4. On fait tourner un poids de $1kg$ attaché à une corde de longueur $= 2m$, un tour est fait en $4s$. Quelle est la valeur de v.

5. Valeurs de $/omega$ et de a pour tous les problèmes précédents.
6. A partir des relations entre vitesse v, rayon R, période T et accélération centripète a, prouver que la force centripète F peut s'écrire :

$$F = m\frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

5.4 Applications : Pourquoi les pneus lisses sont-ils dangereux ?

Chapitre 6

Les Mouvements à deux dimensions : Le tir horizontal

6.1 Introduction

6.1.1 3 exemples

- Lançons une balle avec la même force, soit vers le haut, soit en biais, soit à l'horizontale. La balle suit des trajectoires différentes. Dessinons les.
- Faisons des mouvements de va et vients verticaux avec une lampe de poche. Selon que nous restons sur place ou que nous nous déplaçons la trace de la lampe, sa trajectoire, n'est pas la même.
- Qu'en est il si le porteur de lampe est fixe et si l'observateur passe (en voiture ?) à proximité ?
- Si nous lâchons une balle, nous savons (depuis la $4^{ème}$) que le mouvement sera une chute libre en MRUA. Si, maintenant, sommes dans un train en marche et désirons laisser tomber une balle dans un seau posé sur le quai, nous savons que nous ne devons pas laisser tomber la balle à la verticale du seau mais "avant". Une personne se trouvant sur le quai verra la balle tomber selon une trajectoire courbée et pas à la verticale. Si nous sommes dans le train, comment nous apparaît la trajectoire ?
- Si maintenant, nous sommes sur un pont et désirons laisser tomber une balle dans un seau ... posé sur le toit du train ! Qu'allons nous faire ? Quelle sera l'apparence de la trajectoire si nous sommes dans le train ou sur le pont ?

La notion de système de référence, rappelée au chapitre précédent, prend clairement beaucoup d'importance dans les quatre derniers exemples. Les courbes ne seront pas les mêmes selon l'endroit où se trouve l'observateur : Si vous êtes sur le pont la balle tombe tout droit (en MRUA), si vous êtes sur le train la trajectoire est courbe. Pourtant, c'est la même balle qui tombe et elle prend autant de temps pour tomber quelque soit l'endroit où se trouve l'observateur. En y réfléchissant, est ce si différent dans le premier exemple ?

6.2 Expériences

6.2.1 Chronophotographie

Faisons la chronophotographie de deux balles identiques qui tombent, l'une à la verticale, l'autre est poussée sur le côté au début de la chute. (Quand je lâche ma balle depuis le train, je cesse de la pousser. Je lui ai donné une poussée horizontale et donc une vitesse horizontale, sans plus.)

Comptons les spots correspondants aux balles, le nombre est le même.

Nous pouvons conclure que les balles mettent le même temps pour arriver au sol.

Le mouvement vertical est le même !

6.2.2 Travail

Représentons notre chronophotographie sur un diagramme avec un système d'axe. Les images de la chronophotographie sont prises tous les $20^{èmes}$ de seconde, le sommet gauche est l'origine (0,0) du repère.

Répondez aux questions suivantes :

1. Écrivez les coordonnées (x ;y) de chaque image de la balle. Ces coordonnées nous donnent les composantes (x ;y) du vecteur position $\overrightarrow{r}$.
2. Oubliez la composante y et faites un tableau de la composante x de $\overrightarrow{r}$ en fonction du temps (tous les $20^{èmes}$ de seconde).
   Cette composante s'écrit : $\overrightarrow{r_x}$ et comme elle dépend du temps elle s'écrira : $\overrightarrow{r_x(t)}$
   (par facilité nous ne regarderons que l'intensité $r_x(t)$ $\overrightarrow{r_x(t)}$)
   Ce mouvement horizontal est il un MRU ou un MRUA ?
3. idem pour $\overrightarrow{r_y(t)}$
4. Après une demi seconde, déterminez la vitesse horizontale $\overrightarrow{v_x(0,5)}$.
5. Après une demi seconde, déterminez la vitesse verticale $\overrightarrow{v_y(0,5)}$.
6. Déterminez le vecteur vitesse instantanée $\overrightarrow{v(0,5)}$ alors par l'addition des vecteurs : Sa longueur $v(0,5)$ et l'angle qu'il fait avec l'horizontale.

6.3 Conclusions

Si un objet est lancé horizontalement (à la surface de la terre), alors
- les mouvements horizontaux et verticaux sont indépendants !
- Le mouvement horizontale est un MRU. La vitesse horizontale $\overrightarrow{v_x(t)}$ **est constante** ; Le déplacement horizontal est proportionnel au temps :

$$\overrightarrow{\Delta r_y(t)} = \overrightarrow{v_x(t)}.\Delta t \tag{6.1}$$

- Le mouvement vertical, lui, est un MRUA. L'accélération $\overrightarrow{a_y)}$ est constante, dirigée vers le bas est égale g ($g = 9,81 m/s^2$)
- sa vitesse verticale $\overrightarrow{v_y(t)}$ est égale à

$$\overrightarrow{v_y(t)} = \overrightarrow{g}.\Delta t \tag{6.2}$$

- La position verticale est égale à

$$\overrightarrow{r_y(t)} = \frac{1}{2}.\overrightarrow{g}.\Delta t^2 \tag{6.3}$$

- Le vecteur vitesse de l'objet est obtenu à tout instant par l'addition de $\overrightarrow{v_x(t)}$ et de $\overrightarrow{v_y(t)}$.
  - L'intensité du vecteur se calcule par la relation de Pythagore

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2 \tag{6.4}$$

  - le vecteur vitesse est tangant à la trajectoire. Son angle avec l'horizontale se calcule par la relation :

$$tg(\Theta) = \frac{v_y}{v_\times} \tag{6.5}$$

6.4 Le système de référence

Si nous représentons maintenant la chute de la balle depuis un train, la trajectoire a 2 allures très différentes selon que nous sommes ou non dans le train.

6.5 Questions exercices

6.6 Composition de MRUs et de MRUAs à deux dimensions

6.6.1 Composition de deux MRUs perpendiculaires : Le nageur et le tapis roulant

Introduction

6.6.2 Tableau récapitulatif :2 MRUs

Grandeur	en X	en Y	Unité
$\overrightarrow{r_i}$			(m)
$\overrightarrow{v_i}$			(m/s)
$\overrightarrow{a_i}$			(m/s^2)
$\overrightarrow{r(t)}$			(m)
$\overrightarrow{v(t)}$			(m/s)
$\overrightarrow{a(t)}$			(m/s^2)
$\overrightarrow{r_f}$			(m)
$\overrightarrow{v_f}$			(m/s)
$\overrightarrow{a_f}$			(m/s^2)

6.6.3 Composition de deux MRUs non-perpendiculaires : Le nageur et le tapis roulant revisité

Introduction

6.6.4 Tableau récapitulatif :2 MRUs

Grandeur	en X	en Y	Unité
$\overrightarrow{r_i}$			(m)
$\overrightarrow{v_i}$			(m/s)
$\overrightarrow{a_i}$			(m/s^2)
$\overrightarrow{r(t)}$			(m)
$\overrightarrow{v(t)}$			(m/s)
$\overrightarrow{a(t)}$			(m/s^2)
$\overrightarrow{r_f}$			(m)
$\overrightarrow{v_f}$			(m/s)
$\overrightarrow{a_f}$			(m/s^2)

6.6.5 Composition d'un MRU et d'un MRUA perpendiculaires : L'avion et le colis humanitaire, le tir horizontal

Application : bien séparer position $\vec{p}$, vitesse $\vec{v}$ et accélération $\vec{a}$

Résultats de la table tracante

$\vec{p}, \vec{v}, \vec{a}$ **à t=0 et à t quelconques**

6.7 Tableau récapitulatif : 1 MRUA et un MRU perpendiculaire ou le tir horizontal

Grandeur	en X	en Y	Unité
$\overrightarrow{e_i}$	$r_{ix} = 0$	$e_{iy} = h$	(m)
$\overrightarrow{v_i}$	$v_{ix} = ...$	$v_{iy} = 0$	(m/s)
$\overrightarrow{a_i}$	$a_{ix} = a_x = 0$	$a_{iy} = a_y = g = -9,81$	(m/s^2)
$\overrightarrow{e(t)}$	$e_x(t) = e_{ix} + v_{ix}.t + 1/2.a_x.t^2$ $= 0 + v_{ix}.t + 0$ $= v_{ix}.t$	$e_y(t) = e_{iy} + v_{iy}.t + 1/2.a_y.t^2$ $= h + 0.t + 1/2.(-9,81).t^2$ $= h + 1/2.(-9,81).t^2$	(m)
$\overrightarrow{v(t)}$	$v_x(t) = v_{ix} + a_x.t$ $= v_{ix}$ $= v_{ix}$	$v_y(t) = v_{iy} + a_y.t$ $= a_y.t$ $= -9,81.t$	(m/s)
$\overrightarrow{a(t)}$	$a_x(t) = a_{ix} = a_x = 0$	$a_y(t) = a_{iy} = -9,81$	(m/s^2)
$\overrightarrow{e_f}$	$e_{fx} = v_{ix}.t_f$	$e_{fy} = h - (1/2.9,81.t_f) = 0$	(m)
$\overrightarrow{v_f}$	$v_{fx} = v_{ix}$	$v_{fy} = (-9,81).t_f$	(m/s)
$\overrightarrow{a_f}$	$a_{fx} = 0$	$a_{fx} = a_x = -9,81$	(m/s^2)

6.7.1 Composition d'un MRU et d'un MRUA non-perpendiculaires : Le boulet de canon, la balle de golf, le ballon de football

6.7.2 2 MRUAs avec vitesses initiales

Grandeur	en X	en Y	Unité
$\overrightarrow{e_i}$	$r_{ix} = ...$	$r_{iy} = ...$	(m)
$\overrightarrow{v_i}$	$v_{ix} = ...$	$v_{iy} = ...$	(m/s)
$\overrightarrow{a_i}$	$a_{ix} = a_x = ...$	$a_{ix} = a_x = ...$	(m/s^2)
$\overrightarrow{e(t)}$	$r_x(t) = r_{ix} + v_{ix}.t + 1/2.a_x.t^2$	$r_y(t) = r_{iy} + v_{iy}.t + 1/2.a_y.t^2$	(m)
$\overrightarrow{v(t)}$	$v_x(t) = v_{ix} + a_x.t$	$v_y(t) = v_{iy} + a_y.t$	(m/s)
$\overrightarrow{a(t)}$	$a_x(t) = a_{ix} = a_x$	$a_y(t) = a_{iy} = a_y$	(m/s^2)
$\overrightarrow{e_f}$	$r_{fx} = ...$	$r_{fy} = ...$	(m)
$\overrightarrow{v_f}$	$v_{fx} = ...$	$v_{fy} = ...$	(m/s)
$\overrightarrow{a_f}$	$a_{fx} = a_x = a_{ix}$	$a_{fx} = a_x = a_{ix}$	(m/s^2)

6.7.3 Importance du référentiel

Troisième partie

Modèles de l'univers et gravitation universelle

Chapitre 7

La gravitation universelle

Temps prévu :

– 3 périodes

Objectifs :

–

Savoirs :

–

7.1 Introduction

Quatrième partie

Electromagnétisme

Chapitre 8

Les courants électriques

8.1 Introduction

Comparons ce qui se passe si une ampoule d'un lustre rompt (les autres ampoules restent allumées) et s'il y a trop d'appareil électriques fonctionnant en même temps dans une cuisine (le four, le micro onde, la machine à faire la vaisselle, le toaster...) (toute la pièce est plongée dans l'obsurité, mais pas les autes pièces de la maison).

8.2 Plan du circuit électrique d'une maison

Indiquer par une couleur le trajet de l'électricité dans différents appareils.

- ☞ Une ampoule du lustre,
- ☞ une autre ampoule du lustre,
- ☞ une ampoule de la cuisinbe,
- ☞ la télévision,
- ☞ le four,
- ☞ la lessiveuse.

Expliquez ce qui se passe si une ampoule se rompt dans le lustre, à la cuisine, si il y a trop d'appareils à la cuisine ...

8.3 Montages en série et en parallèle

Nous classerons les connexions électrique de deux manières.
(Il y en a d'autres mais nous ne les étudierons pas.)
Les appareils électriques "courants" seront qualifiés de **"récepteurs"**.

8.3.1 Montages en série

Si des récepteurs sont connectés bout à bout, nous dirons désormais qu'ils sont **montés en série**.

Schéma

8.3.2 Montages en parallèle

Si des récepteurs ont leurs bornes d'entrées reliées ensembles (directement) et qu'il en est de même pour leur borne de sortie, nous dirons désormais qu'ils ont **montés en parallèle**. (On dit aussi en dérivation.)

Schéma

8.4 Intensité de courant

8.4.1 Définition

Le courant électrique est un déplacement de charges électriques. Nous nous limiterons au cas de déplacement d'électrons se déplacant de la borne - vers la borne +.

ATTENTION : Le **sens conventionnel du courant** est du + vers le - dans le circuit.

Schéma

Le symbôle ... représente le générateur. La grande barre mince est la borne + et la petite barre épaisse la borne -.

Selon qu'il y ait beaucoup ou peu de charges traversant le fil en un temps donné on dira que le courant est plus ou moins **intense**.

L'intensité du courant électrique en un point donné d'un conducteur est la charge électrique qui traverse par seconde la section du conducteur en ce point.

Analogie avec un débit.

$$I = \frac{q}{t}$$

- ✪ **I** : intensité du courant électrique (Ampère : A)
- ✪ **q** : charge électrique traversant la section du conducteur (coulomb : C)
- ✪ **t** : la durée pendant la quelle la charge travrese le conducteur.

remarque

La charge d'un électron est approximativement de $1,6.10^{-19}C$. Ce qui signifie que si un courant d'intensité égale à un ampère traverse un conducteur, alors en une seconde c'est approximativement **6 milliards d'électrons** qui sont passés en une seconde.

8.4.2 Mesure de I

Pour mesurer l'intensité de courant, l'appareil utilisé s'appele un ampèremètre. Il faut l'insérer dans le circuit.

Schéma

8.4.3 Lois des intensités de courant dans des montages de plusieurs récepteurs

Montages en série

Schéma

L'intensité de courant est identique en tout point d'un circuit de un ou plusieurs récepteurs montés en Σ.

$$I_1 = I_2 = I_3 = ... \tag{8.1}$$

Analogie : débit.

Montages en parallèle

Schéma

$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + ...$
L'intensité de courant globale d'un circuit monté en // est égale à la somme des courants traversant chaque récepteur.

8.5 fusibles et disjoncteurs

8.6 Exercices

Chapitre 9

L'énergie électrique

9.1 Introduction

Les mêmes électrons ui entrent dans le circuit électrique de la maison en sortent. Contrairement au gaz, au mazout ou à l'eau, ils ne sont pas consommés.

Pourquoi devons nous payer une facture d'électricité ?

Nous allons ici discuter de l'énergie électrique.

9.2 Energie et électricité

Nous avons vu que l'énergie existe sous différentes formes qui peuvent se transformer l'une en l'autre. L'unité d'énergie est le **joule** (**J**).

L'énergie électrique s'exprimera, comme les autres formes d'énergies, en joule.

Le joule est aussi l'unité du **travail**.

rappel : Le travail = force . déplacement

Le travail est désigné par le symbôle **W**.

9.2.1 Energie, puissance

rappel : Si un travail est effectué pendant un certain temps, nous parlons de **puissance**.

$$P = \frac{W}{t} \tag{9.1}$$

La puissance est le travail effectué par unité de temps.

Qu'il s'agissent de produire ou de consommer de l'énergie et donc du travail pendant un certain temps, nous parlerons de puissance produite ou consommée.

La puissance est l'énergie produite ou consommée par unité de temps.

9.2.2 watt et kilowattheure

Rappelons que l'unité de puissance est le watt (**W**).
ATTENTION : ne pas confondre travail W et unité de puissance W

$$1W = \frac{1\ J}{s} \tag{9.2}$$

1 watt = 1 joule par seconde.

Ex. : Un chauffage électrique de 5OO W utilisera en 1 minute 30 000 J d'énergie électrique et transformera ces 30 000 J een chaleur.

Les électriciens utilisent une unité qui leur est particulière car pratique à l'usage : le **kilowattheure (kWh)** :

kilowattheure (kWh) = énergie (produite ou consommée) par une machine de 1 kW de puissance en 1h (càd. 3600s)

$$1\ kWh\ =\ 1000\ W\ .\ 3600\ s = 3,6\ .\ 10^6\ J \tag{9.3}$$

9.2.3 La facture d'électricité

La facture d'électricité est calculée en kilowattheure. Le prix du kilowattheure était de 0,16 € / kWh en 2002.

Ex. : Un lustre compte 6 lampes de 25 W et une ampoule de 100W. Calculez l'énergie consommeée pendant 10 h. Quel est le coût ?

Sol. :
$P = 6.25 + 100 = 250W = 0,25kW$
$E = W = P.t = 0,25kW.10h = 2,5kWh$
$Prix = 2,5kWh.0,16e/kWh = 0,40e$

Schéma

9.3 Exercices

☞

Chapitre 10

Tension et puissance électrique

10.1 Introduction

Nous savons que les disjoncteurs (les fusibles) sont là pour empêcher qu'une intensité de courant trop importante ne traverse les fils.

Par exemple si nous connectons trop d'appareils dans la cuisine.

nous savons que si les appareils sont connectés en parallèle, il nous faudra additionner les intensités passant dans chaque appareil.

Mais comment prévoir et calculer l'intensité de courant passant dans chaque appareil ?

Nous pourrions certes connecter un ampèremètre à chaque appareil mais ce n'est clairement pas le cas dans notre cuisine !

10.2 Expérience

Si nous connectons à un même générateur (le secteur 230V) des ampoules différentes à l'aide d'un interrupteur qui nous permet de connecter une ampoule à la fois. Mesurons alors l'intensité de courant passant dans chaque ampoule.

Schéma

Sur chaque ampoule est inscrite la puissance de celle-ci (en Watt).

Faisons un tableau reliant la puissance P (W), l'intensité I (A) et leur rapport P/I.

Tableau

Nous remarquons que le rapport P/I est quasiment le même pour toutes les ampoules.

Il en serait de même pour tous les appareils électriques. (four, grille-pain,...)

Ce rapport est appelé la tension (aux bornes, soit du générateur, soit du récepteur).

La valeur de la tension aux bornes du générateur et identique à celle aux bornes d'un seul appareil connecté à ce générateur ou aux bornes de plusieurs appareils connectés en //.

10.2.1 exemples

Piles 4,5V

10.3 Définition

La tension aux bornes d'un récepteur (=diff. de potentiel aux bornes de ce récepteur) est la puissance consommée par cette appareil par unité d'intensité de courant parcourant l'appareil.

$$\boxed{U = \frac{P}{I} \qquad (10.1)}$$

10.3.1 unité

Le volt (V)
$1V = \frac{1W}{1A}$

10.4 Mesure

en //

Schéma

10.5 Application

$230V = \frac{1100W}{X\ A}$
$X = \frac{P}{U} = \frac{1100W}{230V} = 4,8A$

10.6 Exercices

☞

Chapitre 11

Les associations de piles

11.1 Introduction

Lorsque nous ouvrons une lampe de poche, un appareil photo numérique, une radio, un lecteur de mp3, ... plusieurs piles sont souvent dans le boitier. Pourquoi sont-elles connectées comme elles le sont ?

11.2 Expérience

11.2.1 Montages en série

Si nous montons en série des piles, plus nous rajoutons des piles plus la lampe qui y sera connectée brillera.

Schéma

C'est à dire que la lampe dissipera de plus en plus d'énergie lumineuse.

Rappelons que la tension est égale à la puissance divisée par le courant.

Si la luminosité de l'ampoule augmente, c'est que la puissance dissipée par l'ampoule augmente et donc que la tension à ses bornes augmente.

Montées en série des piles donnent une tension de plus en plus élevées.

> La tension générée par des piles montées en série est ègale à la somme des tensions individuelles de chaque pile.
>
> $$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + ...$$

11.2.2 Montages en parallèle

Si nous montons en parallèle des piles et que nous mesurons l'intensité de courant, celle-ci augmente clairement avec le nombre de piles.

> Schéma

Analogie avec des pompes et l'eau.

> L'intensité de courant par des piles montées en parallèles est ègale à la somme des intensités de courant générée individuellement par chaque pile.
>
> $$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + ...$$

11.3 Application

11.4 Exercices

☞

Chapitre 12

Sécurité, prises de terre, ... et loi d'Ohm

12.1 Introduction

Pourquoi les appareils électriques sont-ils munis d'une prise de terre ? Pourquoi nous est-il recommandé de ne pas toucher de prises, d'interrupteur ou tout appareil électrique lorsque nous sommes mouillé ?

Tout celà, c'est la faute à la loi d'Ohm !

12.2 La loi d'Ohm

Mesurons simultanément la tension et l'intensité de courant pour un récepteur donné et faisons varier la tension U.

Schéma

Nous nous rendons compte que le rapport $\frac{U}{I}$ est constant.
Le rapport $\frac{U}{I}$ est appelé la <u>résistance</u> du récepteur.
Elle est représentée par la lettre R et sont unité est l'Ohm (Ω).

$$\boxed{U = R.I}$$

La résistance est une mesure de l'opposition du récepteur au passage du courant.

12.3 Application

Tous les matériaux ont une résistance propre. Selon leur géométrie et les matériaux dont ils sont constitués, les récepteurs ont une résistance qui peut etre calculée.

12.3.1 Exemples

Résistances typiques d'appareils électriques

Appareils	Résistance
Cordelière en fils de cuivre (section 1,5 mm^2 , longueur 5 m)	0,057 Ω
Cordelière (**un** fil de cuivre) (section 2,5 mm^2 , longueur 100 m)	0,068 Ω
Pièce chauffante d'un réchaud de 2000 W	24 Ω
filament d'une ampoule de 40 W	1200 Ω

Résistance du corps humain

corps humain	Résistance
totalité (des pieds à la tete)	500 Ω
bout du doigt, sec	50 000 Ω
main (sèche)	500 Ω
main (mouillée)	100 Ω
chaussure (sèche)	100 000 Ω
chaussure (mouillée)	$\simeq 0\Omega$

12.3.2 Résistance électrique et électrocution

Si, maintenant, nous imaginons toucher accidentellement un fil électrique dénudé ou un appareil électrique défectueux, nous pouvons estimer l'intensité de courant qui va parcourir notre corps.

Sec

La résistance totale sera la somme des résistance individuelle : main + corps + soulier

$500\Omega + 500\Omega + 100000\Omega = 101000\Omega$
$I = \frac{U}{R} = \frac{230V}{101000\Omega} = 0,0023A$

Nous ressentirons quelques picotements désagréables sans plus.

Mouillé

$500\Omega + 500\Omega + 0\Omega = 1000\Omega$
$I = \frac{U}{R} = \frac{230V}{1000\Omega} = 0,23A$

Nous serons électrocuté et risquons la mort !

12.4 Exercices

☞

Schéma

Chapitre 13

Le magnétisme

13.1 Introduction

13.2 Les aimants

13.2.1 La force magnétique

Les aimants exercent une force attractive à distance sur les matériaux magnétiques : la force magnétique.

13.2.2 Les pôles d'un aimant

L'attraction se fait principalement sentir auprès des 2 extrémités. Ce sont les *pôles*.

Types de pôles

Le pôle correspondant à la pointe de l'aiguille de la boussole pointant vers le nord est appelé le *pôle nord*, son complément le *pôle sud*.

Interaction entre pôles

Deux pôles de même nom se repoussent ; deux pôles de noms contraires s'attirent.

Pas de monopôle magnétique

Il est impossible d'isoler un pôle d'un aimant.

13.2.3 Champ magnétique

Un champ, en physique, c'est une manière de décrire l'influence d'un objet ou d'un phénomène dans l'espace.

Lignes de champs magnétique

Si nous placons une feuille de papier sur un aimant et que nous saupoudrons de la limaille de fer sur cette feuille, nous voyons la limaille se disposer selon des lignes. si nous placons une boussole, celle-ci s'aligne selon ces courbes.

La limaille s'est alignée sur le *champ magnétique* de l'aimant.

Nous dirons que les courbes formées par la limaille sont les lignes de champ du champ magnétique.

Vecteur champ magnétique

$\overrightarrow{B}$

- Direction : tangente au champ magnétique,
- sens : du nord au sud d'un aimant,
- grandeur : dépend de l'aimant. unité SI le tesla (T)

Champ magnétique créé par un courant

Fil Schéma : Règle du pouce droite

$$\overrightarrow{B} = 2.10^{-7}.\frac{I}{d} \tag{13.1}$$

spire Schéma : Règle du pouce droite

$$\overrightarrow{B} = 2\pi.10^{-7}.\frac{I}{r} \tag{13.2}$$

bobine

$$\overrightarrow{B} = \mu.I.\frac{N}{l} \tag{13.3}$$

13.3 Courant engendré par le magnétisme

13.3.1 Expérience

13.3.2 Loi

Le courant est lié à la variation au cours du temps du champ magnétique. C'est la dérivée du champ magnétique B par rapport au temps qui est liée à l'intensité de courant induit.

13.4 La force électromagnétique

Table des matières