



## CH 7 : MOUVEMENT D'UN SYSTÈME

(Chapitre 12 du livre p 213)

### (THÈME 2 : MOUVEMENT ET INTERACTIONS)

#### ACTIVITÉ 1 : VECTEUR VITESSE ET VECTEUR VARIATION DE VITESSE

##### Objectifs :

- Exploiter une vidéo d'un système en mouvement
- Représenter un vecteur vitesse
- Construire un vecteur variation de vitesse
- Décrire la variation du vecteur vitesse et caractériser un mouvement

##### **I. Roger « the best »**

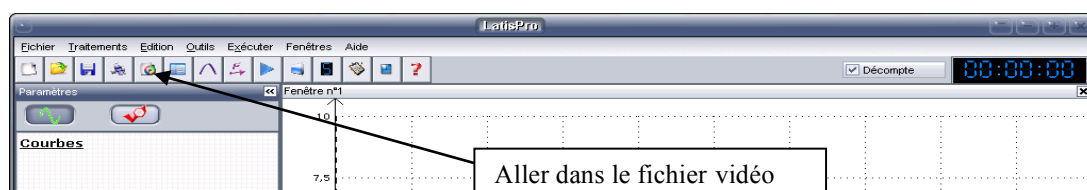
Amateur de tennis, vous souhaitez améliorer votre service.

Pour cela, regardez Federer à l'entraînement et étudiez son geste ainsi que la vitesse et la trajectoire de sa balle afin de connaître les principaux correctifs à apporter à votre service de joueur de 4<sup>ème</sup> série. A vous d'utiliser la physique et une vidéo pour découvrir le secret de son fantastique service ! Pour exploiter la vidéo de Federer à l'entraînement vous allez utiliser le logiciel Latis Pro.

##### **1. Utilisation du logiciel Latis Pro pour exploiter la vidéo de « Roger » au service**

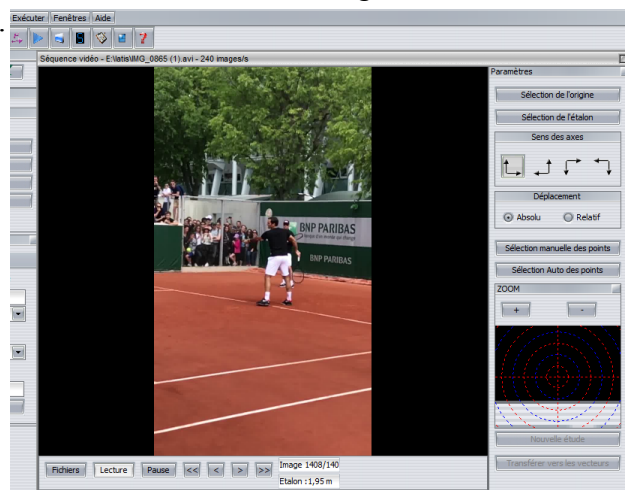
Le logiciel Latis Pro permet d'acquérir des courbes, de les traiter (tableur, modélisation, vecteurs) ainsi que de travailler sur des vidéos (analyse du mouvement). Pour l'activité du jour en physique, on utilisera l'analyse de vidéo et le tracé des vecteurs vitesse.

- 1) Lancer Latispro.exe dans le dossier Applications/Physique.
- 2) Cliquer sur la 5<sup>ème</sup> icône en partant de la gauche pour sélectionner la séquence vidéo.



- 3) Sur l'écran apparu, aller dans « Fichiers » et ouvrir la vidéo **Roger.avi** (dans votre dossier classe).

- 4) « Roger » apparaît au service. Un certain décalage existe, il est lié aux formats d'enregistrement vidéo et d'exploitation.



5) Effectuer quelques lectures de la vidéo pour repérer le moment où Federer frappe de balle.

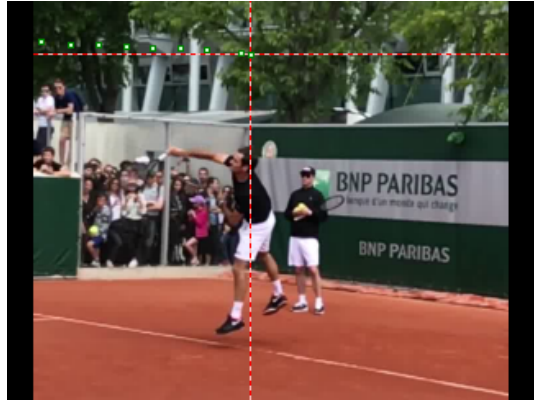
Fixer ce moment pour l'étude à venir.

6) Procéder ensuite à l'enchaînement d'étapes suivantes (tutoriel du logiciel : [Tutoriel Latis-Pro](#)) :

- Sélection de l'origine (au moment de la frappe de balle)

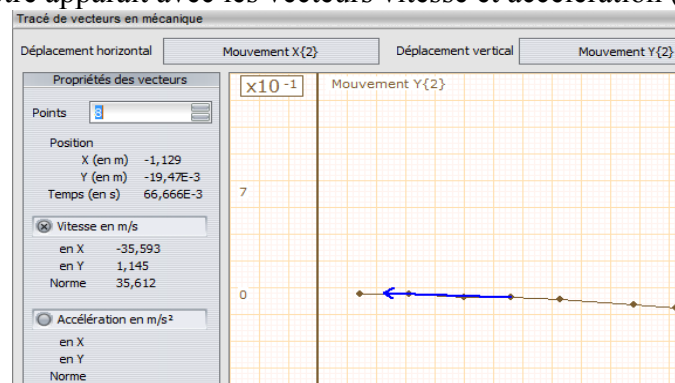
- sélection de l'étalon (Federer mesure 1,85 m)

- sélection manuelle des points : avancer pas à pas puis sélectionner les points un à un toutes les 2 images pour cette vidéo (exemple ci-dessous). Ne pas oublier de cliquer à la fin sur « Terminer la sélection manuelle des points ».



7) La dernière étape consiste à « Transférer les vecteurs ». Cliquer en bas à droite sur ce nouvel intitulé.

8) Une nouvelle fenêtre apparaît avec les vecteurs vitesse et accélération (modèle ci-dessous).



- Ne choisir que les vitesses en « décochant » les accélérations.

- Relever les différentes normes des vecteurs vitesse pour les points sélectionnés.

- Les placer dans un tableau sur le modèle ci-dessous et les convertir en  $\text{km.h}^{-1}$ .

|                               |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| Position                      |  |  |  |  |  |  |  |
| Vitesse en $\text{m.s}^{-1}$  |  |  |  |  |  |  |  |
| Vitesse en $\text{km.h}^{-1}$ |  |  |  |  |  |  |  |

## 2. Questions :

a) Quel est le référentiel utilisé pour cette étude du mouvement de la balle ?

b) Les valeurs de vitesse sont-elles cohérentes ?

c) Peut-on parler de vitesse moyenne ou de vitesse instantanée ?

d) A l'aide du document donné par le professeur, retrouver la valeur de la vitesse  $v_3$  de la balle en  $M_3$  en mesurant la longueur du segment  $M_3M_4$ .

## II. Panier à 3 points au basket

Fan de basket, vous souhaitez marquer facilement à 3 points et devenir le futur Tony Parker. Pour cela, regardez une vidéo de tir à 3 points afin d'étudier le geste ainsi que la vitesse et la trajectoire du ballon.

### 1. Utilisation du logiciel Latis Pro pour exploiter une vidéo de panier à 3 points

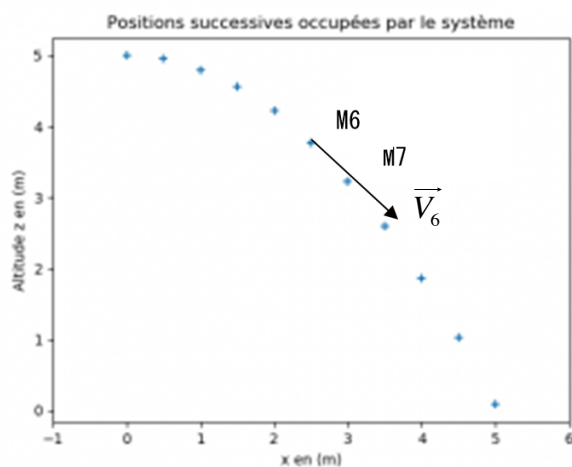
Vous allez procéder de la même façon que pour la vidéo de Federer en ouvrant la vidéo « TpsecondeProjectile.avi » accessible directement après avoir cliqué sur l'icône de lecture de séquence vidéo dans Latis Pro.



### 2. Questions :

- Caractériser la trajectoire du ballon dans le référentiel terrestre.
- Que peut-on dire de la direction du vecteur vitesse ?
- A l'aide du document donné par le professeur, retrouver la valeur de la vitesse  $v_0$  du ballon en  $M_0$  en mesurant la longueur du segment  $M_0M_1$ .
- A l'aide du document donné par le professeur, retrouver la valeur de la vitesse en  $M_{10}$ ,  $M_{15}$  et  $M_{20}$ .  
Tracer les vecteurs vitesse en ces points sur le document en respectant l'échelle proposée.

### Aide : Vecteur vitesse



Pour tracer le vecteur vitesse au point 6 de la trajectoire ci-dessus, il faut :

- \* Déterminer la distance réelle, entre les points  $M_6$  et  $M_7$ , en tenant compte de l'échelle  
 $d_{réelle} = d_{feuille} \times échelle$
- \* Déterminer la durée  $\Delta t$  telle que :  $\Delta t = t_7 - t_6$
- \* Effectuer le calcul de valeur de la vitesse :  $v_{réelle} = d_{réelle} / \Delta t$
- \* Choisir (ou respecter si elle est imposée) une échelle de représentation en m/s  
(ex : 1 cm sur le document correspond à une vitesse réelle de 10 m/s)
- \* Tracer le vecteur  $\vec{v}_6$  tangentiel au segment  $[M_6M_7]$

### III. Le vol de la fourchette

Pour bien maîtriser la notion de vecteur vitesse et pour comprendre celle de vecteur variation de vitesse, vous allez utiliser une animation provenant du site : [www.ostralo.net](http://www.ostralo.net).

Vous allez ouvrir l'animation de mécanique «Vol de fourchette.swf» située dans votre dossier classe à l'aide de l'application Flash Player Projector située dans le dossier Applications/physique.

**Vous choisirez le centre de la fourchette comme point d'étude.**

Lancez l'animation. Prenez le temps de la découvrir.  
La trajectoire du centre de la fourchette apparaît.

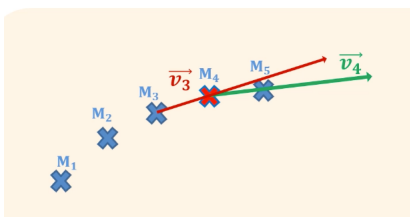
#### Travail à effectuer :

- 1) À l'aide du document donné par le professeur, déterminer la valeur de la vitesse en 2 points successifs (de la trajectoire) de votre choix. Détailler les calculs.
- 2) Tracer les vecteurs vitesse en ces points successifs sur le document en respectant l'échelle proposée.
- 3) Visualiser la vidéo de cours du livre numérique « Hachette - Physique – chimie - 1<sup>ère</sup> spécialité » concernant le vecteur variation de vitesse.  
Tracer, sur le document, le vecteur variation de vitesse au niveau du deuxième point sélectionné.  
Déterminer la valeur de ce vecteur variation de vitesse en respectant l'échelle de vitesse proposée.

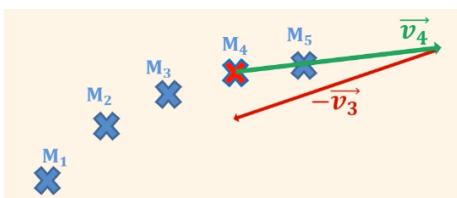
#### Aide : Vecteur variation de vitesse

Pour construire le vecteur variation de vitesse au point 4 ( $(\Delta \vec{v}_{3 \rightarrow 4})_{M_4} = \vec{v}_4 - \vec{v}_3$ ) de la trajectoire ci-contre, il faut :

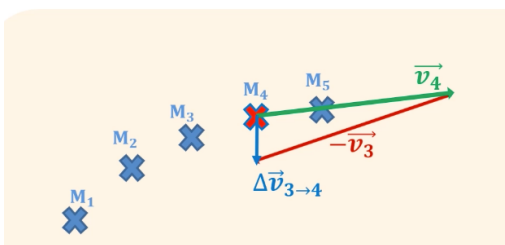
\* Tracer les vecteurs vitesse  $\vec{v}_3$  en  $M_3$  et  $\vec{v}_4$  en  $M_4$  ;



\* On ajoute, au point  $M_4$ , le vecteur  $-\vec{v}_3$  au vecteur  $\vec{v}_4$  ;

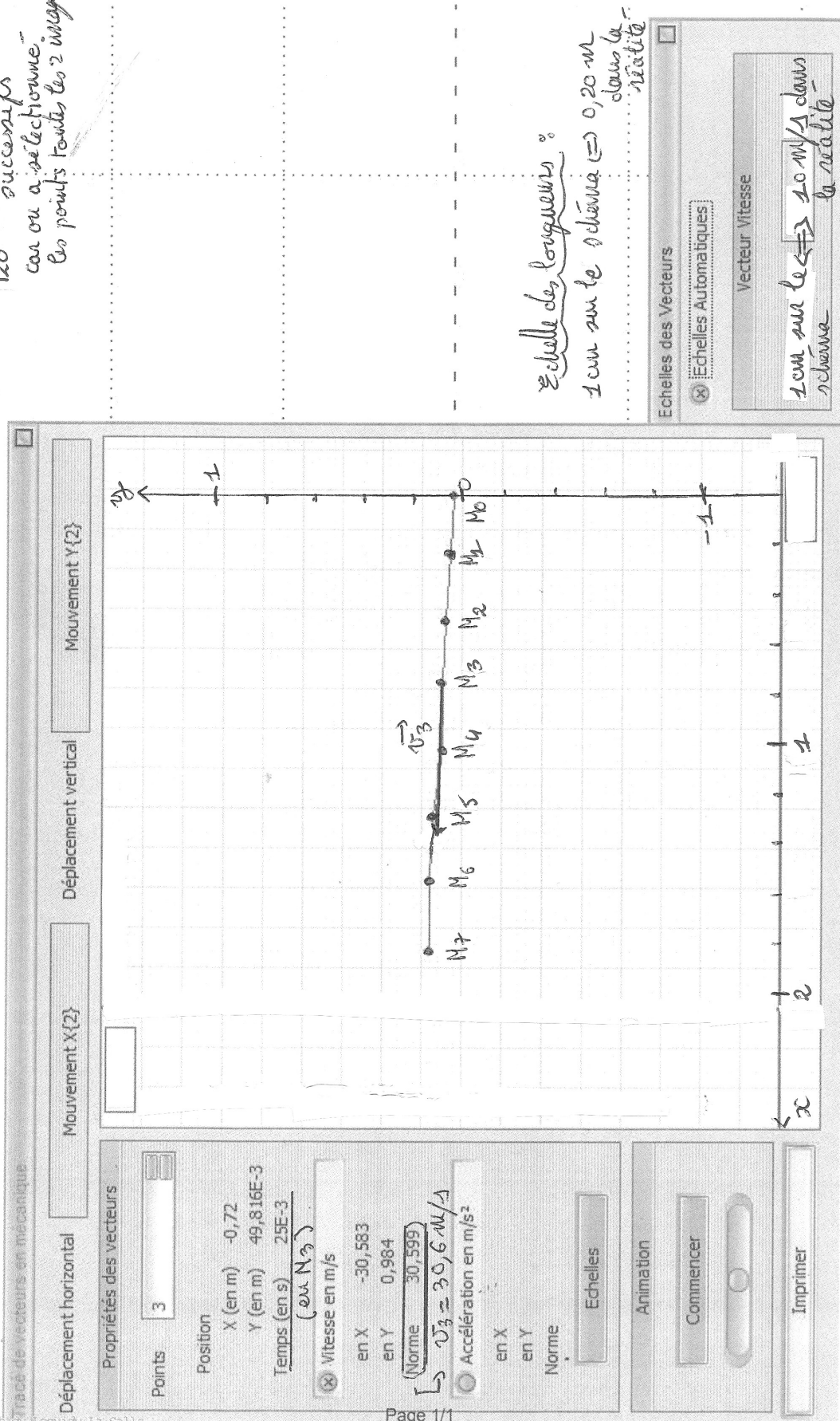


\* On obtient alors le vecteur variation de vitesse au point 4 ( $(\Delta \vec{v}_{3 \rightarrow 4})_{M_4} = \vec{v}_4 - \vec{v}_3$ ) .



# Annexe 1 : Trajectoire de la balle de « Roger »

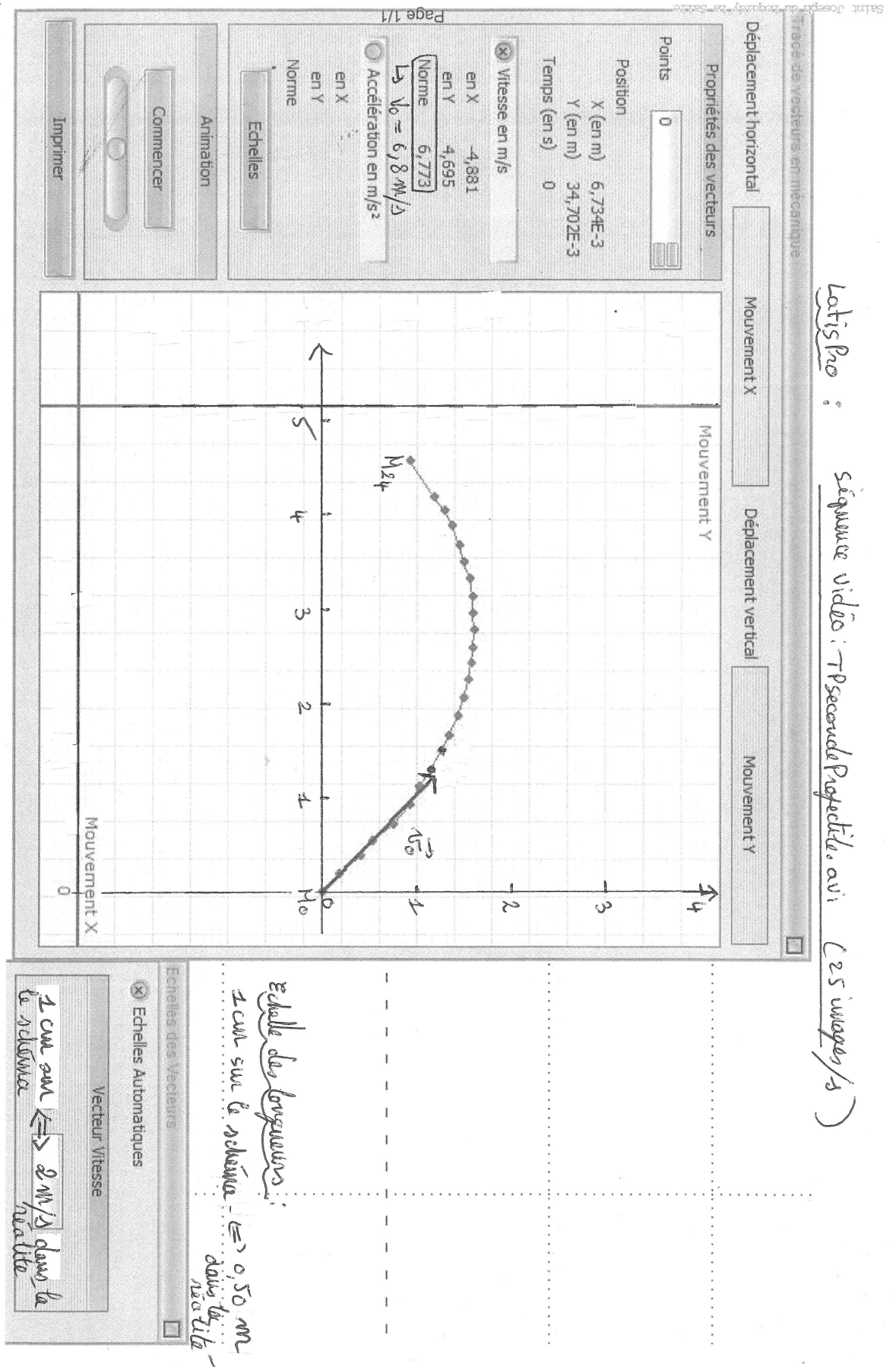
Lotis Pro : séquence vidéo : Roger.avi (240 images/s) ( $\frac{1}{120}$  s entre 2 points successifs car on a sélectionné les points toutes les 2 images.)



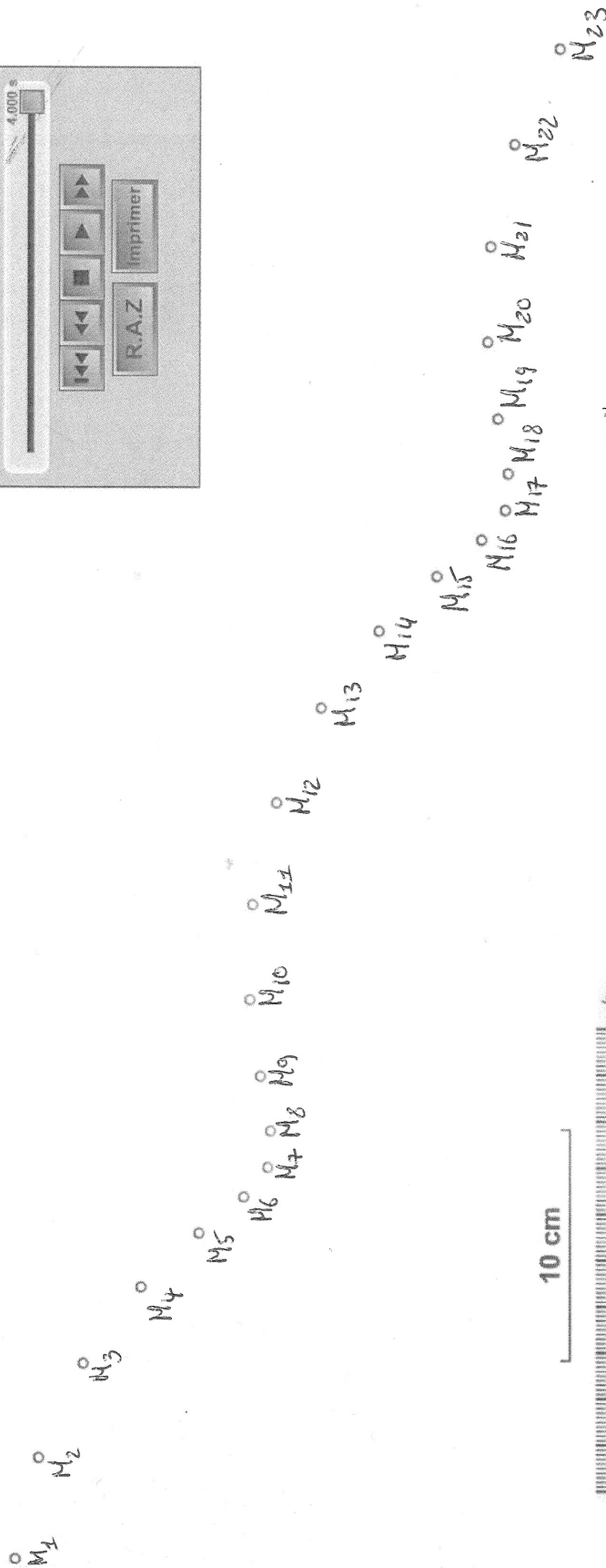
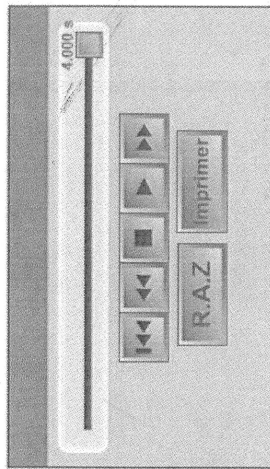
Echelle des longueurs :

1 cm sur le schéma  $\Rightarrow$  0,20 m dans la réalité

## Annexe 2 : Trajectoire du ballon de basket



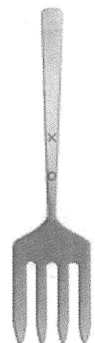
# ←MENU **Mouvement sans frottement sur une surface horizontale** (ostia6.nuf-)



Echelle pour les vecteurs vitesse :  
1 cm  $\Leftrightarrow$  10 cm/s

## **Positionnement des repères**

Déplacer les repères O, □ et x à l'aide de la souris



Choix de l'objet

## **Conditions initiales du lancé**

Déplacer les curseurs à l'aide de la souris

Vitesse de rotation (en tr/s) : 0 2

Vitesse initiale du centre d'inertie (en cm/s) : 10 50

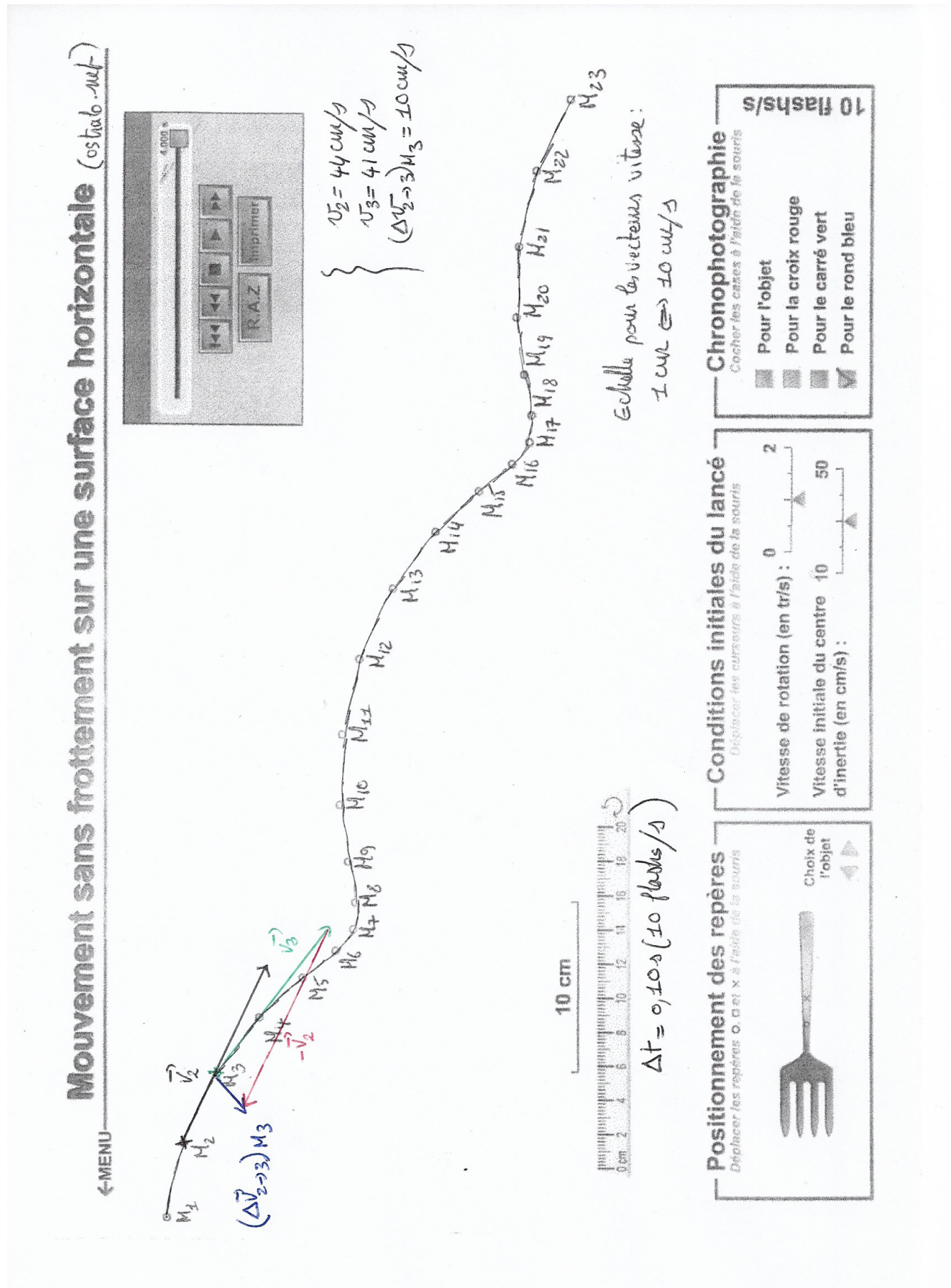
## **Chronophotographie**

Cocher les cases à l'aide de la souris

- ☐ Pour l'objet
- ☐ Pour la croix rouge
- ☐ Pour le carré vert
- ☒ Pour le rond bleu

10 flashes/s

Annexe 4 : Trajectoire du centre de la fourchette - vecteurs vitesse et variation de vitesse en  $M_3$   
(corrigé)





## CH 7 : MOUVEMENT D'UN SYSTÈME (Chapitre 12 du livre p 213)

### (THÈME 2 : MOUVEMENT ET INTERACTIONS)

#### ACTIVITÉ 2 : LA CHUTE LIBRE

Depuis Aristote (384-322 avant J.C) jusqu'à nos jours, en passant par Galilée (1564-1642), la chute des corps est l'objet d'expériences de plus en plus précises.

Comment le vecteur vitesse d'un système (modélisé par un point) en chute libre sans vitesse initiale varie-t-il au cours du temps ?

##### DOC. 1 Une expérience de pensée

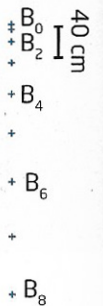
Pour démontrer que la théorie d'Aristote du mouvement – selon laquelle la valeur de la vitesse d'un corps en chute libre, est d'autant plus grande que sa masse l'est aussi – conduisait à une contradiction, Galilée nous demande de faire l'expérience de pensée suivante. Supposons qu'on relie deux objets de formes identiques mais de masses différentes par une corde et qu'on les lâche d'une certaine hauteur. D'un côté, la vitesse du système constitué des deux corps devrait prendre une valeur intermédiaire entre la vitesse de l'objet plus lourd et celle de l'objet plus léger, puisque le plus lent retarde le plus rapide. D'un autre côté, la masse totale des deux corps reliés par la corde étant plus grande que la masse de chacun des deux corps, la vitesse de l'objet composé doit être supérieure à la vitesse de chacun des objets.

Ces deux conclusions se contredisent l'une l'autre. Ainsi, simplement en imaginant la chute libre de deux corps de masses différentes reliés par une corde, Galilée nous convint que la théorie d'Aristote du mouvement est incohérente.

D'après encyclo-philos.fr.

##### DOC. 2 Chute libre d'une balle

La figure ci-contre représente l'évolution des positions du point matériel modélisant une balle en chute libre au voisinage du sol terrestre. La durée entre deux positions successives de la balle est de 100 ms.



##### DONNÉES

##### ■ Relation approchée entre la variation du vecteur vitesse d'un système et les forces appliquées sur celui-ci :

Dans un référentiel galiléen, pour un système modélisé par un point matériel de masse  $m$ , la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse  $\Delta \vec{v}$  pendant une durée  $\Delta t$  séparant deux instants voisins et la somme  $\sum \vec{F}$  des forces appliquées à ce système pendant cette durée est donnée ci-contre.

■ Intensité de la pesanteur terrestre :  $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

$$m \times \Delta \vec{v} = \sum \vec{F} \times \Delta t \text{ (relation 1)}$$

Unités SI :

$\|\Delta \vec{v}\|$  en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

$m$  en kg

$\|\sum \vec{F}\|$  en N et  $\Delta t$  en s

#### Questions

##### 1 ANALYSER-RAISONNER

Comparer les théories sur la chute des corps d'Aristote et de Galilée.

##### 2 RÉALISER

a. En utilisant le **DOC.2**, construire les vecteurs vitesses de la balle en  $B_3$ ,  $B_4$ ,  $B_6$  et  $B_7$  puis les vecteurs variation de vitesse  $\Delta \vec{v}_4$  et  $\Delta \vec{v}_7$  entre ces positions en choisissant une échelle de valeur de vitesse adaptée.

b. Utiliser la relation (1) pour estimer le vecteur variation de vitesse de la balle lors de sa chute libre.

##### 3 VALIDER

a. Vérifier que les résultats obtenus à la question 2.a. sont en accord avec l'estimation effectuée à la question 2.b.

b. Effectuer un bilan des modifications des caractéristiques du vecteur vitesse d'un système en chute libre sans vitesse initiale pendant une durée d'une seconde.

*Remarque : On pourra visualiser la vidéo du saut en chute libre depuis l'espace de Félix Baumgartner (le 14 octobre 2012) et celle de lâcher de marteau et de plume sur la Lune en 1971 (Apollo 15).*

*On pourra également visualiser l'extrait du film « Galilée ou l'amour de Dieu » sur la chute des corps.*



## CH 7 : MOUVEMENT D'UN SYSTÈME (THÈME 2 : MOUVEMENT ET INTERACTIONS) ACTIVITÉ 3 : VOL ZÉRO G

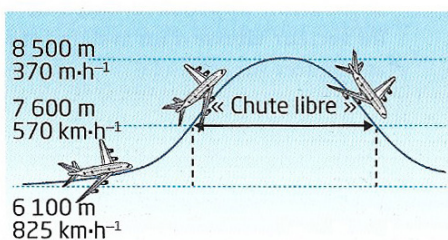
**Objectif :** Exploiter une vidéo d'un système en mouvement pour tester la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées au système.

Une partie des entraînements aux vols spatiaux se fait en impesanteur dans un avion effectuant une trajectoire parabolique reproduisant les conditions d'une chute libre.

Comment la vitesse d'un passager de l'« avion zéro g » en vol parabolique varie-t-elle ?



### DOCUMENT Vols paraboliques et impesanteur



Allure de la trajectoire d'un avion ZéroG.

Les vols paraboliques sont effectués à bord d'un avion de ligne aménagé, en l'occurrence un Airbus de la série A300 ZéroG. Une fois l'inclinaison de 47° atteinte en montée, l'avion entre en phase parabolique. L'avion continue à monter puis redescend suivant la courbe de « chute libre » d'un objet. Pendant les 22 secondes de cette phase, les passagers sont en apesanteur : ils flottent librement dans la cabine de l'avion, comme si la pesanteur avait disparu. En plus des paraboles décrites précédemment, il est aussi possible de réaliser des courbes de profil légèrement différentes permettant d'obtenir la pesanteur lunaire ( $0,16 \times g$ ) ou martienne ( $0,38 \times g$ ).

D'après airzerog.com.

### DONNÉES

■ Relation approchée entre la variation du vecteur vitesse d'un système et les forces appliquées sur celui-ci :

Dans un référentiel galiléen, pour un système modélisé par un point matériel de masse  $m$ , la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse  $\Delta \vec{v}$  pendant une durée  $\Delta t$  séparant deux instants voisins et la somme  $\sum \vec{F}$  des forces appliquées à ce système pendant cette durée est la suivante :

$$m \times \Delta \vec{v} = \sum \vec{F} \times \Delta t$$

(relation 1)

Unités SI :

$\|\Delta \vec{v}\|$  en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

$m$  en kg

$\|\sum \vec{F}\|$  en N et  $\Delta t$  en s

■ Intensité de la pesanteur terrestre :

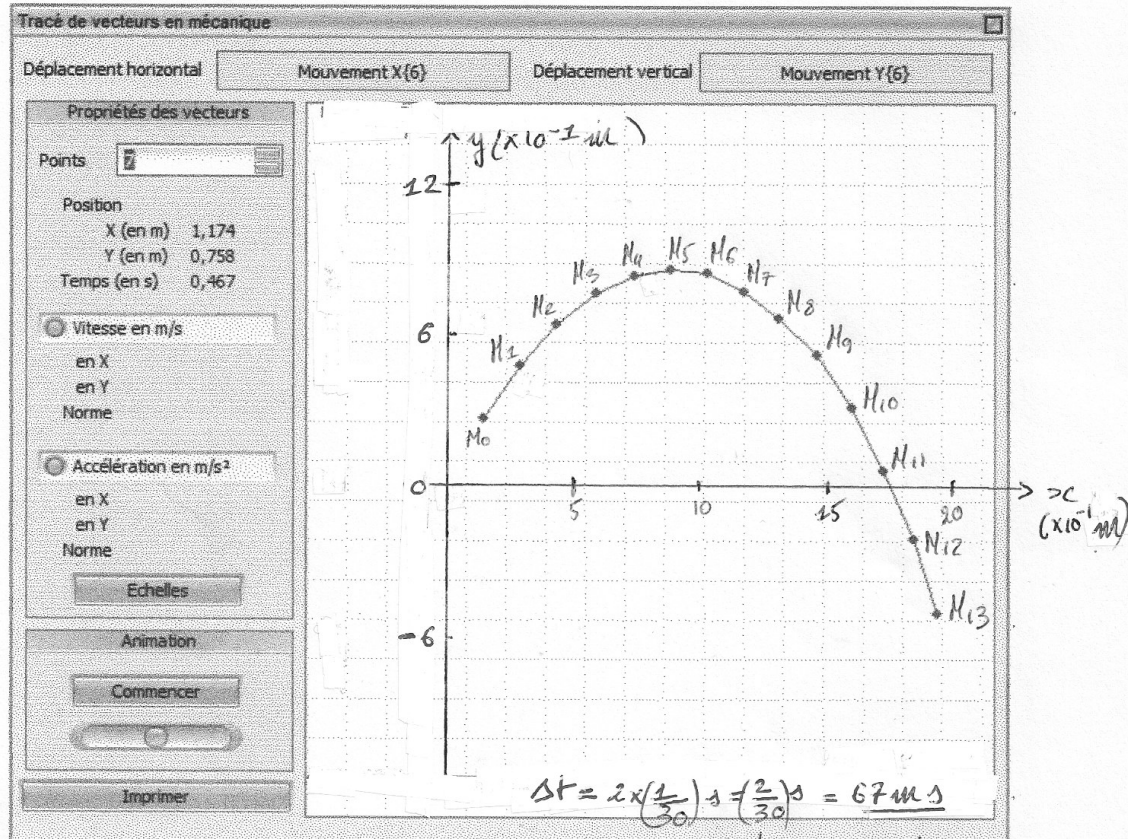
$$g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}.$$

### VOCABULAIRE

L'**apesanteur** est un état théorique et idéal d'absence de pesanteur. Le terme **impesanteur** lui est préféré en physique pour désigner la sensation de ne pas subir de pesanteur.

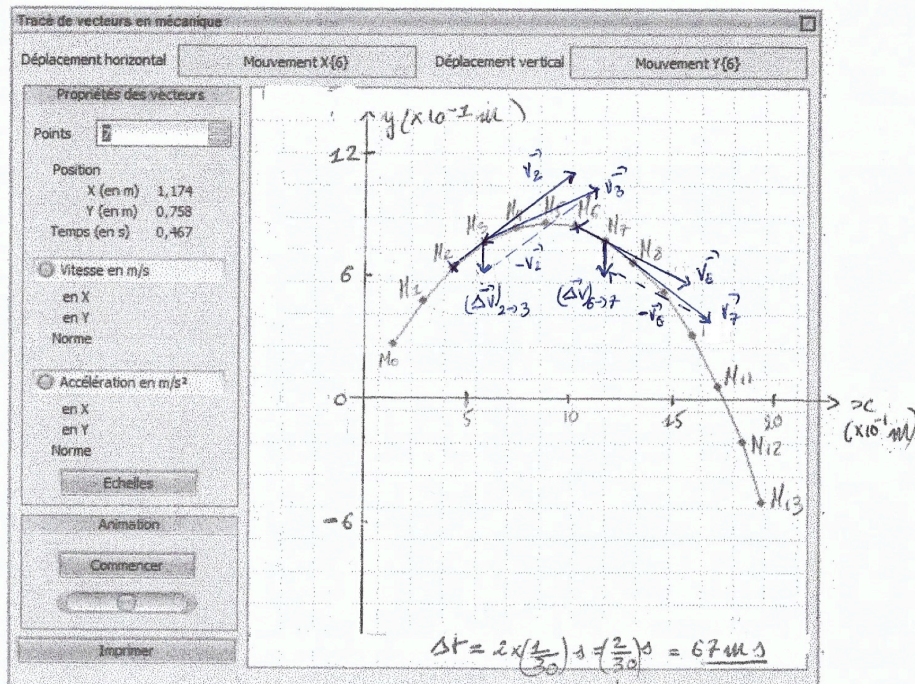
1. En utilisant la relation (1) donnée, estimer, dans le référentiel terrestre supposé galiléen, la norme du vecteur variation de vitesse d'un passager de l'avion, modélisé par un point matériel, lors de la phase de vol parabolique pendant une durée  $\Delta t = 67 \text{ ms}$ .
2. Après avoir visualisé quelques minutes de l'émission « C'est pas sorcier » intitulée « Vol en impesanteur », proposer une expérience permettant de vérifier l'estimation précédente.
3. Pour la vidéo **Cloche.avi** (accessible directement après avoir cliqué sur l'icône de lecture de séquence vidéo dans Latis Pro ) , réaliser le pointage précis (toutes les 2 images) du centre de gravité du ballon lors du lancer parabolique à l'aide du logiciel (voir le TP n°1) et construire (sur le document donné par le professeur), avec une échelle adaptée, le vecteur variation de vitesse pour quelques points au voisinage du sommet de la trajectoire.
4. Regrouper les différentes valeurs de la norme du vecteur variation de vitesse obtenues en classe afin de déterminer la moyenne, l'écart-type et l'incertitude-type de cette série de mesures.
5. Ecrire, avec un nombre adapté de chiffres significatifs, l'estimation de la norme du vecteur variation de vitesse du système étudié pendant la durée  $\Delta t$ .
6. Comparer qualitativement la valeur expérimentale précédente à la valeur de référence établie en 1) et expliquer l'écart éventuel entre les deux valeurs.

## Trajectoire du ballon (vidéo "cloche")



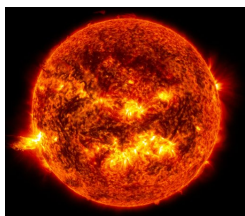
(67 ms entre 2 points successifs car on a sélectionné les points toutes les 2 images)

## Trajectoire du ballon (vidéo "cloche")



(67 ms entre 2 points successifs car on a sélectionné les points toutes les 2 images)

Echelle pour les vecteurs vitesse :  $1 \text{ cm} \Leftrightarrow 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$   $\Rightarrow \|\vec{\Delta v}_{2-3}\| = \|\vec{\Delta v}_{6-7}\| \approx 0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$   
 $\Rightarrow \frac{\|\vec{\Delta v}\|}{\Delta t} \approx \frac{0,7}{0,067} \approx 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$



## CH 7 : MOUVEMENT D'UN SYSTÈME (THÈME 2 : MOUVEMENT ET INTERACTIONS) ACTIVITÉ 4 : MASSE DU SOLEIL

*L'union astronomique internationale a évalué la valeur de la masse du Soleil à  $1,9891 \times 10^{30}$  kg. Comment est-il possible d'estimer la masse de notre étoile en étudiant le mouvement de la Terre autour du Soleil ?*

### DOC 1 La Terre tourne autour du Soleil

En première approximation, on peut considérer que la Terre décrit un mouvement circulaire uniforme autour du soleil : la trajectoire est un cercle de rayon  $1,50 \times 10^8$  km et la rotation s'effectue en 365,25 jours.

#### DÉMARCHE EXPERTE

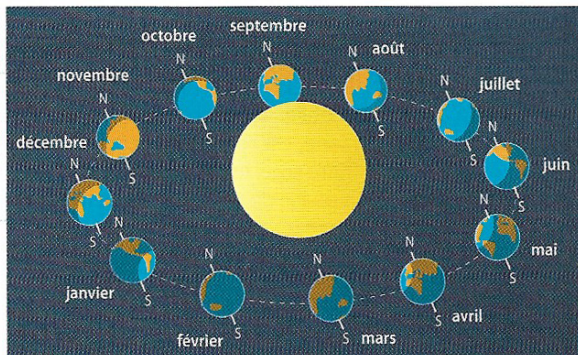
À l'aide des informations disponibles dans les documents, estimer la masse du soleil puis commenter ce résultat.

#### DÉMARCHE AVANCÉE

1. Sur un schéma modélisant le mouvement de la Terre autour du Soleil, représenter les vecteurs vitesse pour un intervalle de temps bien choisi.
2. Représenter le vecteur variation de vitesse puis déterminer sa valeur (par un calcul ou graphiquement).
3. Représenter le vecteur somme des forces sans souci d'échelle.
4. Exprimer la masse du soleil en fonction des grandeurs connues puis effectuer le calcul.
5. Comparer cette valeur à celle donnée en introduction.

#### DÉMARCHE ÉLÉMENTAIRE

1. a. Calculer la vitesse de rotation de la Terre autour du soleil.  
b. Tracer d'un arc de cercle de  $90^\circ$  et de rayon 7,5 cm représentant la trajectoire de la Terre autour du Soleil. Choisir une échelle de vitesse et tracer les vecteurs vitesse en 2 points voisins de cet arc de cercle.  
c. Construire le vecteur variation de vitesse et déterminer sa valeur.
2. À l'aide des documents 2 et 3 :  
a. faire le bilan des actions qui s'exercent sur la Terre ;  
b. représenter sans souci d'échelle le vecteur somme des forces sur le schéma précédent.  
c. faire le lien entre les deux relations.
3. a. Exprimer la masse du soleil en fonction de la variation de vitesse, de la durée, de la distance terre-soleil et de la constante gravitationnelle.  
b. Effectuer le calcul de la masse du soleil avec les valeurs des grandeurs connues.



### DOC 2 Loi de la gravitation universelle

Deux objets A et B de masses respectives  $m_A$  et  $m_B$  dont les centres sont séparés par une distance  $d$ , exercent l'un sur l'autre des actions mécaniques attractives modélisées par des forces ayant la même valeur :

$$F = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{d^2}$$

Avec :  $G$  (constante gravitationnelle) :

$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$  ;  $m_A$  et  $m_B$  s'expriment en kilogramme (kg) ;  $d$  en mètre (m) et  $F$  en newton (N).

### DOC 3 Relation approchée de la 2<sup>e</sup> loi de Newton

Au XVII<sup>e</sup> siècle Newton établit une relation entre les forces qui modélisent les actions s'exerçant sur un système et la variation de vitesse de ce système entre deux instants voisins, relation que l'on peut écrire en première approximation sous la forme :

$$\sum \vec{F} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

- $\sum \vec{F}$  est la somme vectorielle des forces ;
- $m$  est la masse du système ;
- $\Delta \vec{v}$  est la variation du vecteur vitesse entre deux positions du système ;
- $\Delta t$  est la durée mise par le système pour aller de la première position à la seconde.

#### Je réussis si...

- Je sais réaliser un schéma, tracer et soustraire des vecteurs.
- Je sais utiliser et transformer des relations.
- Je détermine la masse du soleil.
- Je compare mon résultat avec une valeur de référence donnée.
- **DÉMARCHE EXPERTE** Je décris une démarche scientifique avec un schéma, du texte et des calculs.

*Remarque : On pourra utiliser le logiciel LatisPro avec la vidéo « disque33t\_converted.avi » (située dans votre dossier classe) et effectuer un pointage pour observer le vecteur variation de vitesse dans un mouvement circulaire et uniforme.*