

Titre : Quelles dimensions pour une station spatiale avec gravité artificielle ?

DESCRIPTIF DE L'ACTIVITÉ

Objectif	Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour étudier un mouvement	
Niveau concerné	1 ^{ère} Spé Physique-chimie	
Programme	<i>Notion et contenus</i>	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support</i>
	Utiliser la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées sur celui-ci pour en déduire une estimation des forces appliquées au système, le comportement cinématique étant connu.	<i>Réaliser et/ou exploiter une vidéo ou une chronophotographie d'un système modélisé par un point matériel en mouvement pour construire les vecteurs variation de vitesse. Tester la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées au système</i>
Place de l'activité dans la progression et pré-requis	Dans le thème : Mouvements et interactions 3. Mouvement d'un système	
Compétences de la démarche scientifique évaluées	Cette activité permet d'évaluer les compétences de la démarche scientifique <ul style="list-style-type: none"> ● S'approprier (APP) Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée ● Analyser (ANA) Proposer une stratégie de résolution ● Réaliser (REA) Mettre en œuvre les étapes d'une démarche ● Valider (VAL) Confronter un modèle à des résultats expérimentaux ● Communiquer (COM) Faire une synthèse écrite 	
Éléments d'évaluation	Cf grille d'évaluation	
Mise en œuvre de l'activité	Activité préparatoire : TP donné une semaine à l'avance. Les élèves doivent lire les documents et visionner les vidéos + faire les questions 1-1 et 1-2. Nombre de séances/Durée : 1 TP de 2h + préparation préalable à la maison Travail en groupe par 3 en début de séance, les élèves mettent en commun leur travail de préparation et proposent au professeur une solution commune négociée entre les membres du groupe.	
Outils numériques utilisés	Mécachrono	
Remarques	TP réalisé en 2h Vidéo « Gravité artificielle » issu du site : https://www.youtube.com/watch?v=WjYe_Bf4fds&ab_channel=nicolasvos	
Auteur(s)	Nicolas Vossier – Lycée Henri Laurens (26) Illustrations : film 2001 : <i>Odyssée de l'espace</i> de Stanley Kubrick	

L'ACTIVITÉ

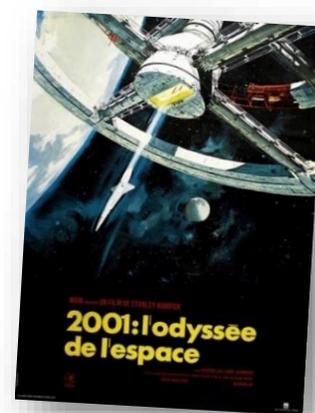
<h3 style="color: #e91e63; margin: 0;">Quelles dimensions pour une station spatiale avec gravité artificielle ?</h3>	Nom, Prénom :	autoéval	eval
	Compétences travaillées		
<p>Objectif :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour étudier un mouvement. <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  </div> <p style="font-size: small; margin: 0;">Photo : https://cnes.fr/fr/mars-la-nouvelle-frontiere</p>	<p><u>Analyser/Raisonner</u> : Proposer un protocole. Exploiter des observations, des résultats expérimentaux et informations issues des documents et des expériences.</p>		
	<p><u>Réaliser</u> : Mettre en œuvre un protocole en respectant les règles de sécurité Observer et décrire des résultats expérimentaux</p>		
	<p><u>Valider</u> : Comparer les résultats expérimentaux à des données</p>		
	<p><u>Communiquer</u> : Faire une synthèse à l'écrit</p>		
	<p><u>Attitude</u> : Être autonome, savoir travail en collaboration, gérer son temps, travailler dans le calme.</p>		

CONTEXTE

La réalisation d'une mission spatiale habitée constitue un des objectifs à long terme fixés à l'astronautique depuis des décennies.

Par exemple, concevoir un vol habité vers Mars est un défi technique et humain sans commune mesure : taille des vaisseaux, système de support de vie fonctionnant en circuit fermé sur de longues durées (900 jours), fiabilité des équipements qui ne peuvent être réparés, problèmes psychologiques d'un équipage confiné dans un espace restreint dans un contexte stressant, problèmes physiologiques découlant de l'absence de gravité sur des périodes prolongées ainsi que l'effet des rayonnements sur l'organisme.

Pour pallier au problème de l'absence de gravité, des scientifiques ont envisagé des stations spatiales tournantes comme dans le film *2001, l'Odyssée de l'espace* de Stanley Kubrick.



Le but de ce TP est dans un premier temps de vérifier expérimentalement la relation entre la variation de vitesse « Δv » générée par la rotation d'un objet, sa vitesse « v » et le rayon « r » de sa trajectoire. Puis dans un deuxième temps, d'utiliser cette relation pour vérifier si les dimensions de la célèbre station *Space Station V*, imaginée dans *2001, l'Odyssée de l'espace*, sont suffisantes pour recréer une gravité artificielle équivalente à celle de la Terre.

DOCUMENTS

Document 1 : Effet de l'absence de pesanteur sur le corps humain.

L'ISS est un laboratoire de recherche sur les effets de l'absence de pesanteur. La vie et l'être humain ont évolué sur Terre, dans un champ de pesanteur bien défini. L'organisme s'y est habitué et tire profit de ça. Sans gravité, son fonctionnement est altéré.

Par exemple, sans gravité, les jambes n'ont plus à supporter quotidiennement le poids du corps : les muscles ne sont plus sollicités et les os non plus. Résultat : ils s'atrophient et se fragilisent.

Parmi d'autres effets, on peut citer la déformation du crâne et de l'œil, et donc de la vue. Beaucoup d'astronautes avec une vue parfaite avant leur voyage dans l'espace reviennent sur Terre et doivent porter des lunettes.

L'intensité de la pesanteur sur Terre est responsable de la force qui nous maintient au sol. Dans un vaisseau, il faut donc trouver une force qui nous maintienne sur le sol du vaisseau.

<https://couleur-science.eu/?d=16bab7--comment-produire-de-la-gravite-artificielle>

Gravité Artificielle (39s)

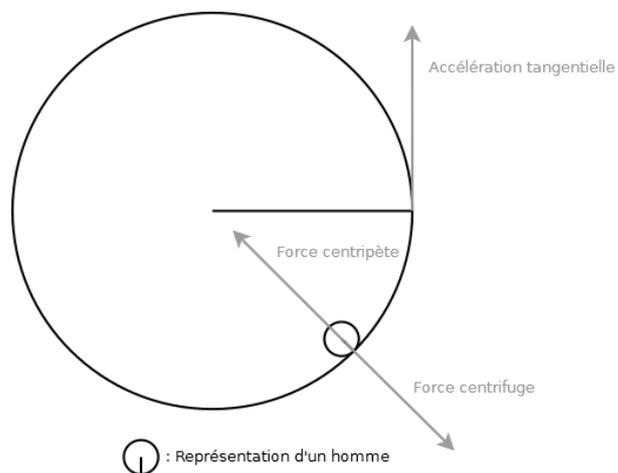


<https://ladigitale.dev/digiview/#/v/647f0a86ee5b7>

Document 2 : Comment recréer une gravité artificielle ?

La rotation est la méthode la plus réaliste pour recréer une pesanteur artificielle à bord des stations spatiales. Elle utilise la force centrifuge pour attirer tout objet vers la paroi extérieure du vaisseau un peu comme le linge dans une machine à laver. En effet en tournant sur elle-même une station spatiale produit une accélération ($a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$) centripète dirigée vers le centre de la trajectoire. A cette accélération s'oppose la force centrifuge, c'est-à-dire une force dirigée vers l'extérieur de la trajectoire.

Pour recréer une gravité artificielle, il faut que la valeur de l'accélération centripète $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ soit égale à la constante de pesanteur $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.



Document 3 : Quelles dimensions pour la Station Space V.

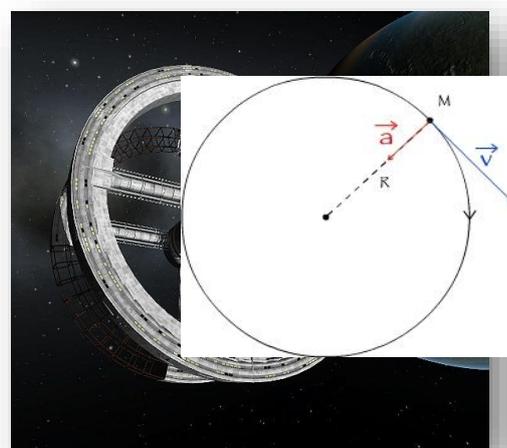
Dans 2001, l'odyssée de l'espace, la célèbre Space Station V tourne sur elle-même. Son diamètre est d'environ 300 mètres et elle effectue une rotation en 60 secondes.

Pourquoi un diamètre si important ? Sur un vaisseau sensiblement plus petit, si on est debout contre la paroi latérale du vaisseau, alors les pieds subissent une poussée plus forte que la tête. Un problème d'irrigation du cerveau se pose alors.

Construire un grand vaisseau pour compenser ce problème est matériellement difficile : il faut une résistance remarquable dans la structure du vaisseau, et également une énorme quantité de matière première (métaux, par exemple) qui doit être envoyée en orbite avec le coût énorme qui cela induirait.

Enfin, dans une moindre mesure, si le vaisseau tourne sur lui-même rapidement et qu'on est dedans, alors tout ce qu'on voit par le hublot (ciel, étoiles, planètes...) tourneront aussi très vite. Si cela ne donne pas le tournis, ça pose éventuellement un léger problème d'orientation ou d'observation des astres.

<https://couleur-science.eu/?d=16bab7--comment-produire-de-la-gravite-artificielle>



Document 4 : Vitesse lors d'un mouvement circulaire uniforme.

Soit un objet en mouvement circulaire uniforme, dont la trajectoire a un rayon R et dont la vitesse est notée V .

La durée d'un tour est appelée période de révolution T

La distance parcourue en un tour est $P = 2\pi \times R$

La vitesse étant constante on a :

$$V = \frac{2\pi \times R}{T}$$

Document 5 : Quelques tutoriels utiles pour le TP

Utiliser le logiciel de pointage vidéo Mécachrono pour déterminer des coordonnées et la valeur de la vitesse instantanée v_i .



<https://ladigitale.dev/digiplay/#/v/636a7214d129c>

Comment construire des vecteurs vitesse et variation

Tracer un vecteur vitesse



<https://ladigitale.dev/digiplay/#/v/636945940c275>

Tracer un vecteur variation de vitesse



<https://ladigitale.dev/digiplay/#/v/6363e5cdcbaf>

MATERIEL MIS A DISPOSITION

- Vidéo de mouvement circulaire uniforme « **Rot1** ».
- Logiciel **Mécachrono**.
- **Fiches méthodes** en annexe pour le pointage des positions avec **Mécachrono** et le tracé des vecteurs vitesses et variation de vitesse.

TRAVAIL A EFFECTUER

1. Analyse du problème et formulation d'un protocole expérimental.

1.1. Analyse du problème.

- a. Pourquoi est-il utile de créer une forme de gravité artificielle dans des stations spatiales ?
.....
.....
- b. Dans le film de Stanley Kubrick : 2001 l'Odysée de l'espace, quelle serait la vitesse V d'une personne se trouvant dans l'anneau périphérique de la station ?
.....
.....
.....
- c. Pour recréer une gravité artificielle équivalente à celle de la Terre dans une station spatiale identique à celle du film de Stanley Kubrick : 2001 l'Odysée de l'espace, quelle devrait être la valeur de l'accélération centripète $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$?
.....
.....

Appel 1 : Appeler le professeur pour lui présenter l'analyse du problème ou en cas de difficultés.

2. Réalisation du protocole expérimental.

Afin de vérifier la relation entre variation de vitesse Δv , la vitesse V et le rayon R de la trajectoire dans un mouvement circulaire uniforme, on réalise l'étude suivante.

A. Réalisation des mesures.

MécaChrono

On étudie le mouvement d'un point d'une roue de rayon $R=21\text{cm}$, en rotation autour d'un axe fixe.

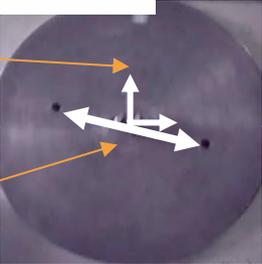
1. A l'aide du logiciel **Mécachrono** ouvrir le fichier « **Rot1** » et régler les paramètres suivants :

Lien pour ouvrir Mécachrono : https://urlz.fr/jJBW	
Choisir 15 images par seconde et 1 image entre deux échantillons	
	Définir l'origine du repère sur la première image de la vidéo comme indiqué ci-contre.
	Choisir l'orientation du repère comme indiqué ci-contre
	Définir l'échelle en prenant 0,25m pour la distance entre les 2 points noirs comme indiqué ci-contre

Réglage du temps

Nombre d'images par seconde de la vidéo :

Nombre d'images entre deux échantillonnages :

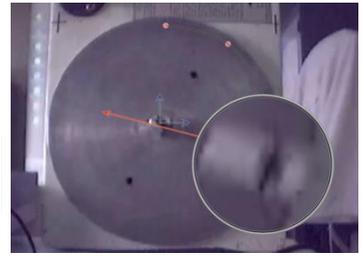


Étalon

La longueur en mètre de l'étalon :

2. Faire une série d'acquisition :

Pour les images 1 à 11, pointer le point A comme sur la photo ci-contre.



Appel 2 : Appeler le professeur pour lui présenter vos résultats ou en cas de difficultés.

B. Exploitation et analyse des résultats.

1. Que peut-on dire de la valeur de la vitesse au cours du mouvement ?

.....

2. Le mouvement étudié est-il circulaire uniforme ?

.....

C. Exploitation des tracés de trajectoires.

La trajectoire du point A est représentée sur le document en annexe.

Positions	Point A
2	$V_2 =$
4	$V_4 =$
6	$V_6 =$
8	$V_8 =$
10	$V_{10} =$

1. En utilisant le tableau de valeur obtenu avec **Mécachrono**, compléter le tableau ci-contre avec les valeurs de la vitesse du point A pour les positions 2 à 10.

2. En utilisant les valeurs précédentes, tracer *soigneusement* sur le document joint en annexe tous les vecteurs vitesses $\vec{V}_2, \vec{V}_4, \vec{V}_6, \vec{V}_8, \vec{V}_{10}$ (**Échelle 1cm pour 0,5 m.s⁻¹**). (Voir fiche méthode « Tracer des vecteurs vitesses et variation de vitesse »).

3. Aux positions 3, 5, 7 et 9 tracer soigneusement les vecteurs :

- a. $\Delta\vec{v}_3 = \vec{v}_4 - \vec{v}_2$
- b. $\Delta\vec{v}_5 = \vec{v}_6 - \vec{v}_4$
- c. $\Delta\vec{v}_7 = \vec{v}_8 - \vec{v}_6$
- d. $\Delta\vec{v}_9 = \vec{v}_{10} - \vec{v}_8$

Que peut-on en déduire concernant l'orientation (direction et sens) du vecteur variation de vitesse « $\Delta\vec{v}$ » dans le cas d'un mouvement circulaire uniforme ?

.....

4. Mesurer les longueurs des vecteurs $\Delta\vec{v}_3, \Delta\vec{v}_5, \Delta\vec{v}_7$ et $\Delta\vec{v}_9$ en déduire grâce à l'échelle précédente les valeurs en **m.s⁻¹** de :

$\Delta v_3 =$

$\Delta v_5 =$

$\Delta v_7 =$

$\Delta v_9 =$

5. Sachant que l'intervalle de temps τ entre deux points consécutifs est de $\tau = 0,067s$, calculer les valeurs de l'accélération $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$:

$a_3 = \frac{\Delta v_3}{2\tau} =$

$a_5 = \frac{\Delta v_5}{2\tau} =$

$a_7 = \frac{\Delta v_7}{2\tau} =$

$a_9 = \frac{\Delta v_9}{2\tau} =$

6. Comparer les valeurs de l'accélération $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ à celle de $\frac{v^2}{R}$ et remplir le cadre de conclusion suivant :

La vitesse de l'objet en rotation vaut : $v =$; pour un rayon de la trajectoire $R = 21cm$

donc : $\frac{v^2}{R} =$

Dans un **mouvement circulaire uniforme**, la valeur de $\frac{v^2}{R}$ et celle de l'accélération $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ sont
 Pour une trajectoire circulaire de rayon R, le vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}$ est orientée vers
et sa valeur constante tels que :

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

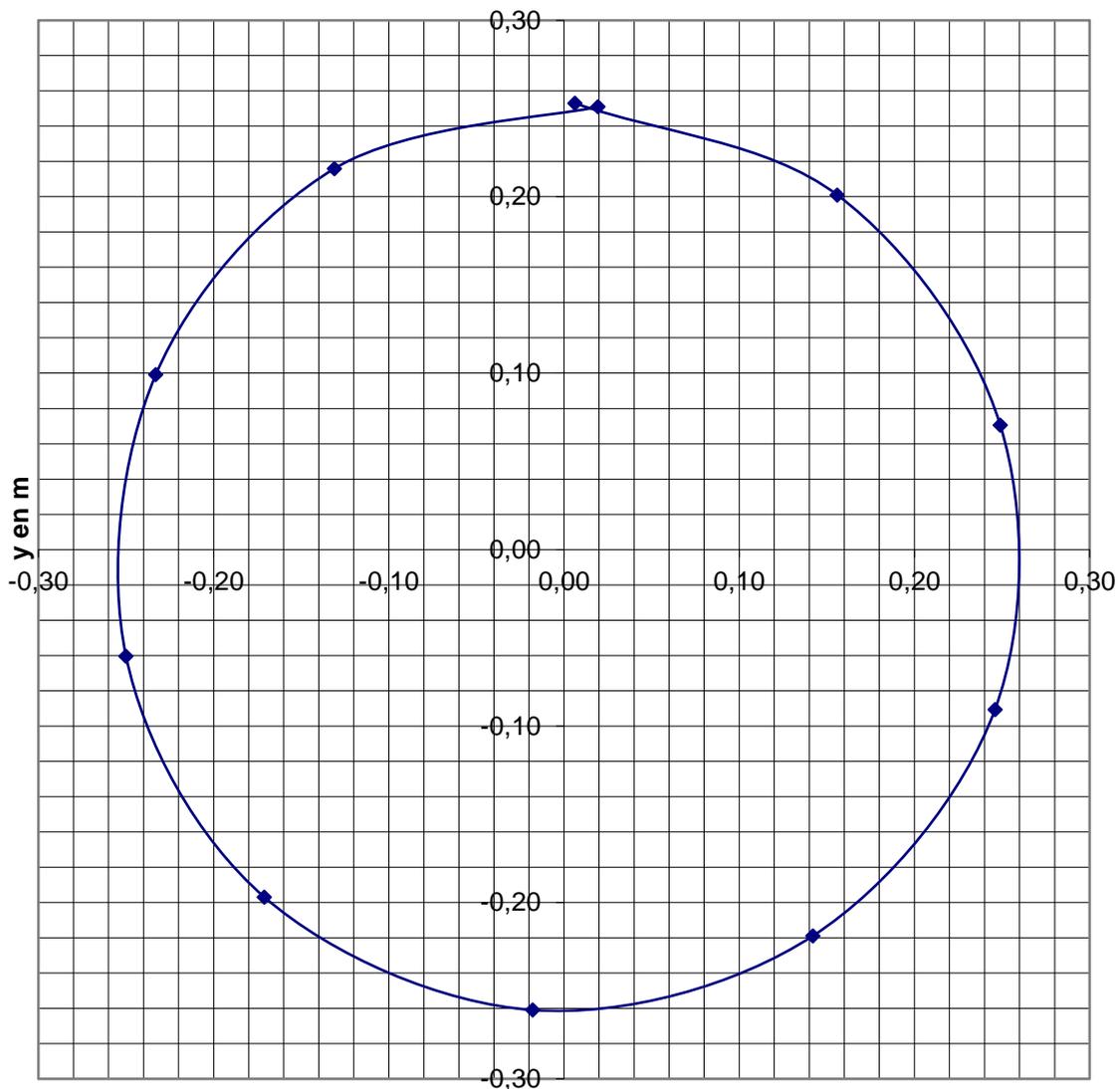
3. Valider les résultats.

A partir de la relation démontrée ci-dessus, de l'analyse réalisée au 1.1. et des documents, vérifier si les dimensions de la station imaginée dans 2001, l'odyssée de l'espace, sont suffisantes pour recréer une gravité artificielle équivalente à celle de la Terre.

Répondre en présentant vos calculs et votre analyse de manière claire et soignée.

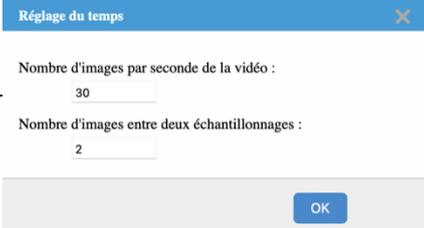
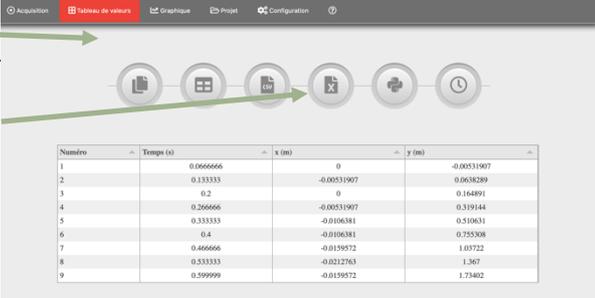
.....

Annexe : Trajectoire de l'objet en rotation



#FICHE MÉTHODE

MécaChrono

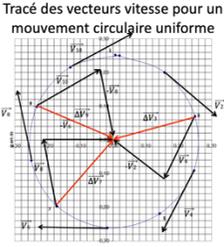
Accéder à l'application sur PC ou Ipad	<p>A partir d'un moteur de recherche taper Mécachrono pour trouver l'application</p> <p>Lien raccourci : https://urlz.fr/jJBW</p> <p>Lien officiel : https://www.eleves.online/MecaChrono/index.php?A=39&B=0&C=0&D=15&E=0&H=-968256165&lang=fr</p> <p>QR code : -----></p> 																																								
Paramétrer une acquisition	<p>Ouvrir un fichier vidéo : </p> <p>Choisir le nombre d'images par seconde et le nombre d'images entre deux échantillons</p>  <p>Définir l'origine du repère pour les coordonnées des points (0, x, y) . </p> <p>Choisir l'orientation du repère : </p> <p>Définir l'échelle  à partir d'un objet sur l'image</p> <p>ATTENTION la valeur de l'étalon est en METRE</p> 																																								
Acquérir et récupérer les coordonnées du mouvement d'un objet	<p>Faire une acquisition point par point pour chaque image du mouvement</p> <p>Récupérer les coordonnées des différents points du mouvement étudié en cliquant sur l'onglet « Tableau de valeurs »</p> <p>Exporter vos valeurs au format souhaité.</p>  <table border="1"><thead><tr><th>Numéro</th><th>Temps (s)</th><th>x (m)</th><th>y (m)</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>0.066666</td><td>0</td><td>-0.00531907</td></tr><tr><td>2</td><td>0.133333</td><td>-0.00531907</td><td>0.0638289</td></tr><tr><td>3</td><td>0.2</td><td>0</td><td>0.164891</td></tr><tr><td>4</td><td>0.266666</td><td>-0.00531907</td><td>0.319144</td></tr><tr><td>5</td><td>0.333333</td><td>-0.0106381</td><td>0.510631</td></tr><tr><td>6</td><td>0.4</td><td>-0.0106381</td><td>0.755308</td></tr><tr><td>7</td><td>0.466666</td><td>-0.0159572</td><td>1.03722</td></tr><tr><td>8</td><td>0.533333</td><td>-0.0212763</td><td>1.367</td></tr><tr><td>9</td><td>0.599999</td><td>-0.0159572</td><td>1.73402</td></tr></tbody></table>	Numéro	Temps (s)	x (m)	y (m)	1	0.066666	0	-0.00531907	2	0.133333	-0.00531907	0.0638289	3	0.2	0	0.164891	4	0.266666	-0.00531907	0.319144	5	0.333333	-0.0106381	0.510631	6	0.4	-0.0106381	0.755308	7	0.466666	-0.0159572	1.03722	8	0.533333	-0.0212763	1.367	9	0.599999	-0.0159572	1.73402
Numéro	Temps (s)	x (m)	y (m)																																						
1	0.066666	0	-0.00531907																																						
2	0.133333	-0.00531907	0.0638289																																						
3	0.2	0	0.164891																																						
4	0.266666	-0.00531907	0.319144																																						
5	0.333333	-0.0106381	0.510631																																						
6	0.4	-0.0106381	0.755308																																						
7	0.466666	-0.0159572	1.03722																																						
8	0.533333	-0.0212763	1.367																																						
9	0.599999	-0.0159572	1.73402																																						
Tuto en vidéo	  <p>https://ladigitale.dev/digiplay/#/v/636a7214d129c</p>																																								

Liste du matériel

TP « Quelles dimensions pour une station spatiale avec gravité artificielle » ?-1^{ère} Spé- Salle informatique pour utilisation de Mécachrono

Paillasse prof :

- Vidéo projecteur
- Videos « rot 1 » et « osc_libres » sur le réseau dans échange ou <https://www.dropbox.com/t/HTiDx0Mv0k0cknpV>

Noms																					
ANALYSER	a	Pour la santé des astronautes																			
	b	$V=2\pi R/T = 15,1\text{m/s}$																			
	c	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 9,81\text{N/kg}$																			
	Partie B																				
	Vitesse quasiment constante																				
	Oui trajectoire circulaire et vitesse cste donc mvt circ unif																				
REALISER	Protocole suivi correctement																				
	Étalonnage et pointage ok																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Positions</th> <th>Point A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>$V_2 = 1,83$</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>$V_4 = 1,90$</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>$V_6 = 1,93$</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>$V_8 = 1,88$</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>$V_{10} = 1,83$</td> </tr> </tbody> </table>		Positions	Point A	2	$V_2 = 1,83$	4	$V_4 = 1,90$	6	$V_6 = 1,93$	8	$V_8 = 1,88$	10	$V_{10} = 1,83$							
	Positions	Point A																			
	2	$V_2 = 1,83$																			
	4	$V_4 = 1,90$																			
6	$V_6 = 1,93$																				
8	$V_8 = 1,88$																				
10	$V_{10} = 1,83$																				
Tracé des vecteurs vitesse pour un mouvement circulaire uniforme 																					
Dv orienté vers le centre de la traject																					
$Dv = 2,2\text{m/s}$ $Dv/2t = 16 \text{ m/s}^2$ $a=V^2/R = 15 \text{ m/s}^2$ $Dv/dt = V^2/R$																					
VALIDER	Pour recréer une gravité artificielle = celle sur Terre :																				
	$A=9,81=V^2/R$ Or dans le film $V^2/R = 15,7^2/150=1,64 \text{ N/kg}$																				
	Donc la station film 2001 ne peut pas reproduire la gravité terrestre																				