

Introduction

Ce document de travail s'adresse aux professeurs et porte sur l'activité de modélisation, les capacités numériques associées, au moyen de l'étude du thème « Mouvement et interactions » des programmes de lycée 2^{nde} – 1^{ère} – T^{ale}. Ce document de travail a été élaboré en collaboration avec monsieur Phillippe Rigot, EEMCP2 à l'aefe sur la zone Proche Orient. Il vous permet :

- de vous familiariser avec l'activité de modélisation, de prendre conscience de sa place au sein de la démarche scientifique et de la réforme du lycée.
- de proposer aux élèves des activités développant des compétences de la démarche scientifique et des capacités numériques
- de travailler la place de l'évaluation des compétences scientifiques et transversales, des capacités numériques, au service des apprentissages des élèves, en présentiel ou à distance.
- de mieux penser les modalités d'évaluation des élèves (à distance ou en présentiel)

Trois étapes sont proposées, chacune étant l'occasion d'une évaluation spécifique :

- **étape 1 : Réalisation de vidéos**
- **étape 2 : Pointage avec le logiciel *tracker***
Il est possible de passer directement à cette étape à partir de vidéos fournies par le professeur. Dans ce document, de nombreuses banques de vidéos sont proposées.
- **étape 3 : Utilisation d'un langage de programmation.**
Cette étape peut être proposée à partir des mesures obtenues à l'aide d'un autre logiciel de pointage. Cette étape 3 peut être remplacée par une étude avec un autre tableur-grapheur conventionnel.

Le logiciel de pointage présenté et utilisé est *tracker*. Il permet de s'adapter à l'ensemble des systèmes d'exploitation et au format des vidéos, en particulier les **vidéos réalisées par les élèves avec des smartphones**. De nombreux tutoriels vous sont proposés : fiches synthétiques, liens vers des sites riches en captures d'écran, tutoriels vidéos...À vous de choisir ceux qui sont adaptés à votre public. Des dossiers complets avec les résultats obtenus sont également téléchargeables - *vidéos, pointages, programmes python*. Un exemple complet est détaillé dans le cadre d'une évaluation à distance, asynchrone, sur la découverte du principe d'inertie en seconde.

Sommaire

DESCRIPTION	page 2
ELEMENTS TECHNIQUES	
1/ logiciel tracker	page 5
2/ les programmes python	page 6
3/ les banques de videos	page 6
4/ ressources pour accompagner les élèves	page 6
5/ exemples de grilles de compétences	page 7
L'EVALUATION	
Introduction	page 9
Etape 1: réalisation de vidéos	page 10
Etape 2: pointage avec le logiciel <i>tracker</i>	page 11
Etape 3: utilisation du langage de programmation python	page 12
- Dossier 1 - programmes pour représentations $y = f(x)$ / $y = f(t)$ / $x = f(t)$	
- Dossier 2 - programmes pour représentations des vecteurs vitesse et accélération	
- Dossier 3 - programmes pour une étude énergétique	
Chute libre, mouvement vertical	
Chute libre, mouvement parabolique	
Pendule simple (avec ou sans amortissement)	
Mouvement circulaire.	
POUR ALLER PLUS LOIN	page 15

DESCRIPTION

Objectif	Pratiquer l'activité de modélisation ; évaluer le degré d'acquisition des capacités expérimentales et numériques chez les élèves.	
Niveau concerné	2 nd e ; Première et Terminale générale Thème : Mouvement et interactions.	
Programme 2nde	Notion et contenus	Capacités exigibles
	<p>Description du mouvement d'un système par celui d'un point. Position. Trajectoire d'un point.</p> <p>Vecteur déplacement d'un point. Vecteur vitesse moyenne d'un point. Vecteur vitesse d'un point. Mouvement rectiligne.</p> <p>Modèle du point matériel. Principe d'inertie. Cas de situations d'immobilité et de mouvements rectilignes uniformes. Cas de la chute libre à une dimension.</p>	<p><u>Capacité numérique</u> : représenter les positions successives d'un système modélisé par un point lors d'une évolution unidimensionnelle ou bidimensionnelle à l'aide d'un langage de programmation.</p> <p><i>Réaliser et/ou exploiter une vidéo ou une chronophotographie d'un système en mouvement et représenter des vecteurs vitesse ; décrire la variation du vecteur vitesse.</i></p> <p><u>Capacité numérique</u> : représenter des vecteurs vitesse d'un système modélisé par un point lors d'un mouvement à l'aide d'un langage de programmation.</p>
Programme 1^{ère} générale	<p>Vecteur variation de vitesse. Lien 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. Rôle de la masse.</p> <p>Énergie mécanique. Conservation et non conservation de l'énergie mécanique.</p>	<p>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.</p> <p><u>Capacité numérique</u> : utiliser un langage de programmation pour étudier 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.</p> <p><i>Utiliser un dispositif pour étudier l'évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique d'un système dans différentes situations : chute d'un corps, rebond sur un support, oscillations d'un pendule, etc.</i></p> <p>Identifier des situations de conservation et de non-conservation de l'énergie mécanique.</p> <p><u>Capacité numérique</u> : Utiliser un langage de programmation pour effectuer le bilan énergétique d'un système en mouvement.</p>
Programme Terminale générale	<p>Décrire un mouvement</p> <p>Vecteurs position, vitesse et accélération d'un point.</p> <p>Coordonnées des vecteurs vitesse et accélération dans le repère de Frenet pour un mouvement circulaire.</p> <p>Mouvement rectiligne uniformément accéléré. Mouvement circulaire uniforme.</p>	<p>Décrire un mouvement</p> <p>Définir le vecteur vitesse comme la dérivée du vecteur position par rapport au temps et le vecteur accélération comme la dérivée du vecteur vitesse par rapport au temps.</p> <p>Établir les coordonnées cartésiennes des vecteurs vitesse et accélération à partir des coordonnées du vecteur position et/ou du vecteur vitesse.</p> <p>Citer et exploiter les expressions des coordonnées des vecteurs vitesse et accélération dans le repère de Frenet, dans le cas d'un mouvement circulaire.</p>

	<p>Mouvement dans un champ uniforme</p> <p>Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme.</p> <p>Champ électrique créé par un condensateur plan. Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme.</p> <p>Principe de l'accélérateur linéaire de particules chargées.</p> <p>Aspects énergétiques.</p> <p>Mouvement dans un champ de gravitation</p> <p>Mouvement des satellites et des planètes. Orbite.</p> <p>Lois de Kepler.^{[1][SEP]} Période de révolution. Satellite géostationnaire.</p>	<p>Caractériser le vecteur accélération pour les mouvements suivants : rectiligne, rectiligne uniforme, rectiligne uniformément accéléré, circulaire, circulaire uniforme.</p> <p><i>Réaliser et/ou exploiter une vidéo ou une chronophotographie pour déterminer les coordonnées du vecteur position en fonction du temps et en déduire les coordonnées approchées ou les représentations des vecteurs vitesse et accélération.</i></p> <p><u>Capacité numérique</u> : Représenter, à l'aide d'un langage de programmation, des vecteurs accélération d'un point lors d'un mouvement.^{[1][SEP]} Capacité mathématique : Dériver une fonction.</p> <p>Mouvement dans un champ uniforme</p> <p>Exploiter la conservation de l'énergie mécanique ou le théorème de l'énergie cinétique dans le cas du mouvement dans un champ uniforme.</p> <p><i>Utiliser des capteurs ou une vidéo pour déterminer les équations horaires du mouvement du centre de masse d'un système dans un champ uniforme. Étudier l'évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique.</i></p> <p><u>Capacité numérique</u> : Représenter, à partir de données expérimentales variées, l'évolution des grandeurs énergétiques d'un système en mouvement dans un champ uniforme à l'aide d'un langage de programmation ou d'un tableur.</p> <p>Mouvement dans un champ de gravitation</p> <p>Déterminer les caractéristiques des vecteurs vitesse et accélération du centre de masse d'un système en mouvement circulaire dans un champ de gravitation newtonien.</p> <p>Établir et exploiter la troisième loi de Kepler dans le cas du mouvement circulaire.</p> <p><u>Capacité numérique</u> : Exploiter, à l'aide d'un langage de programmation, des données astronomiques ou satellitaires pour tester les deuxième et troisième lois de Kepler.</p>
<p>Compétences de la démarche scientifique ciblées</p>	<p>Cette activité permet d'évaluer certaines des capacités liées aux compétences de la démarche scientifique. Quelques exemples :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● S'approprier (APP) Extraire l'information. Mobiliser et organiser ses connaissances 	

	<p>Demander une aide pertinente.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Analyser/Raisonner (ANA-RAI) Choisir un modèle ou des lois pertinentes Faire des prévisions à l'aide d'un modèle ● Réaliser (REA) Mettre en œuvre les étapes d'une démarche Réaliser des mesures. Utiliser un modèle Effectuer des procédures courantes (calculs, représentations, collectes de données, etc.) ● Valider (VAL) Interpréter des observations, des mesures, des résultats Confronter un modèle à des résultats expérimentaux Faire preuve d'esprit critique Proposer d'éventuelles améliorations de la démarche ou du modèle ● Communiquer (COM) <u>À l'écrit comme à l'oral.</u> Présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente Utiliser un vocabulaire scientifique adapté Échanger entre pairs Présenter sous une forme appropriée (schémas, graphiques...) Présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente Savoir nommer les fichiers numériques (nom_prenom_classe_sujet) Savoir écrire un email en respectant les conventions d'usage
Modalité d'évaluation	Évaluation par compétences (formative ou sommative)
Mise en œuvre de l'évaluation	<p>Chaque étape peut donner lieu à une évaluation.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Etape 1 : Réalisation d'une vidéo <i>Cette étape peut être facultative. On peut directement proposer aux élèves de réaliser directement le pointage à partir de vidéos fournies. De nombreux sites en proposent ; il suffit de donner le lien et le nom de la vidéo aux élèves. Des propositions en cliquant ici.</i> - Etape 2 : Pointage <i>Les élèves peuvent soit réaliser le pointage à partir de leur vidéo, ou à partir d'une nouvelle vidéo qu'ils réalisent suite aux conseils fournis par le professeur</i> - Etape 3 : Utilisation des données du pointage avec un langage de programmation <p>L'évaluation formative permet d'apporter de la plus-value aux apprentissages.</p> <p>L'élève peut réaliser à plusieurs reprises une vidéo (étape 2) en fonction des conseils donnés à l'étape 1.</p> <p>L'élève peut également recommencer son pointage de l'étape 2 avant d'utiliser les données recueillies lors de l'étape 3.</p>
Outils numériques utilisés	<p>Pour annoncer le travail à réaliser : l'outil habituellement utilisé (<i>Pronote, Google Agenda...</i>) Mise en œuvre de l'évaluation : les outils habituellement utilisés (<i>Pronote, fichiers excels, SACoche...</i>)</p> <p>Par les élèves : Smartphone, logiciel de pointage <i>tracker</i>, programme python (<i>spyder, jupiter notebook, edupython, colabatory...</i>).</p> <p><u>La formation des professeurs au langage python</u></p> <p>Elle peut se faire à partir des fiches disponibles sur eduscol https://eduscol.education.fr/cid144120/physique-chimie-bac-2021.html ; ces fiches évoquent notamment les choix possibles pour les calculs des vitesses (i, $1+1$, $i+2$...).</p> <p>Le document pdf proposé par l'académie de Poitiers est également un très bon choix pour les professeurs de physique-chimie (série d'exercices directement liés à nos programmes) :</p> <p>http://ww2.ac-poitiers.fr/sc_phys/sites/sc_phys/IMG/pdf/python_cours.pdf</p>

	<p>Enfin, vous pouvez suivre un parcours magistère Python : https://eduscol.education.fr/numerique/edunum-magistere/edunum-magistere-8#header-8</p> <p>Utiliser des vidéos à 25 im/s ou 30 im/s semble suffire. Prendre un temps d'échantillonnage plus court pourrait en effet paraître plus intéressant mais ce choix ne permet pas spécifiquement d'obtenir des résultats plus intéressants (de nombreux smartphone peuvent aller à 60 im/s). À ce sujet, il pourra être intéressant de consulter cette courte fiche.</p> <p>https://cache.media.eduscol.education.fr/file/Physique-chimie/72/2/RA19_Lycees_G_1_PHYCHI_ProgrammerPython_fiche7_difficultes-rencontres-exploitation-mesures-simulation_1163722.pdf</p> <p>Ces outils numériques permettent d'inclure dans l'évaluation proposée les conseils du professeur, ces derniers étant étroitement liés avec les critères de réussite ciblés.</p>
<p>Remarques</p>	<p>Chaque professeur choisira l'étude d'un mouvement selon les objectifs qu'il fixe. Cette activité peut être proposée à des élèves de 2^{nde} cherchant à illustrer le principe d'inertie ou à des élèves de terminale étudiant les mouvements circulaires.</p> <p>De nombreux liens sont proposés. Au professeur de faire ses choix de ressources les plus adaptées. Nous vous conseillons de ne pas surcharger les élèves avec trop d'informations à assimiler en même temps.</p> <p><u>Choix justifiant l'utilisation du logiciel <i>tracker</i></u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1/ Logiciel gratuit ; mises à jour régulières. 2/ Correspond aux capacités exigibles aux ECE 3/ Logiciel disponible sur tout système d'exploitation windows, IOS, Linux, ce qui n'était pas toujours le cas des autres logiciels de pointage (Atelier Scientifique). La majorité des élèves ont un outil leur permettant de travailler et s'exercer chez eux. 4/ Logiciel utilisant la plupart des formats vidéo, ce qui permet aux élèves de travailler des vidéos réalisées par eux-mêmes, sans besoin de conversion. 5/ Mode d'emploi d'origine complet et de nombreux autres disponibles en ligne. 6/ Possibilité pour les élèves d'exporter le projet avec la vidéo incorporée ce qui permet au professeur de bénéficier de l'ensemble du travail réalisé par l'élève (en présentiel ou à distance). <p><u>Exemple.</u> (ne peut s'ouvrir qu'une fois le logiciel tracker installé sur votre ordinateur)</p>
<p>Auteur/coauteur</p>	<p style="text-align: center;">Philippe RIGOT (EEMCP2, CPF Beyrouth, Liban)</p> <p>James CHABOISSIER (Enseignant formateur en Physique-Chimie, CLG Jacques Roumain, Martinique)</p> <p style="text-align: center;">Pour toute remarque concernant ce document, n'hésitez pas à contacter philippe.rigot@cpf.edu.lb ou james.chaboissier@ac-martinique.fr</p>

Élément technique 1 : logiciel tracker.



Lien de téléchargement : <https://physlets.org/tracker/>

Modes d'emplois : vous trouverez ci-dessous différents formats pour un travail en autonomie.

Mode d'emploi concis et très bien présenté, pour que les élèves travaillent en autonomie :

<http://ticenclassefga.weebly.com/tutoriel-tracker.html>

Tutoriel vidéo en anglais (15 min): <https://www.youtube.com/watch?v=Dn0Zz7rtkZw>

Tutoriel vidéo en français (3 min) : https://www.youtube.com/watch?v=KX67Ygg4U_Y

Description détaillée en français, pour les professeurs : http://pcjoffre.fr/Data/divers/utilisation_tracker.pdf

Fiche d'aide élève : <https://drive.google.com/file/d/1Nfww5POJf1dJczAZeDj9BrLGhohyQR4/view?usp=sharing>

Fiches élève utilisable pour les ECE, pointage d'un point (format word modifiable):

<https://drive.google.com/file/u/2/d/1V2nXPw9ToFN06DFnm0n-Ugg5KIV0zAoy/view?usp=sharing>

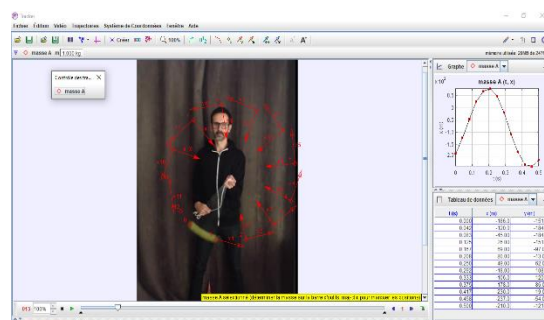
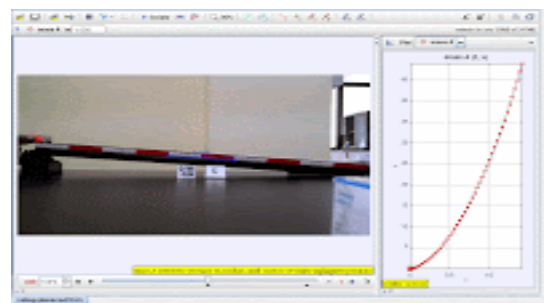
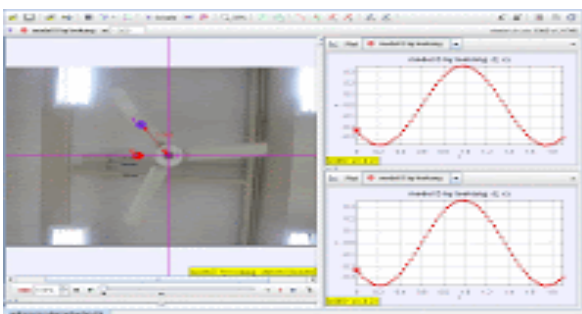
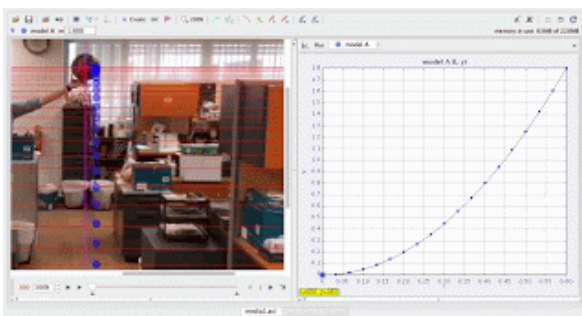
Fiches élève utilisable pour les ECE, pointage de deux points

: <https://drive.google.com/file/d/1AzoTqVPwjEtI5Soupv6F48xiXJNvF053/view?usp=sharing>

Pointage automatique, tutoriel vidéo :

<https://docs.google.com/file/u/1/d/1a6a8LIEFvsKX1XsMsGdZl1HwWfUleEfo/view>

Le logiciel *Tracker* permet d'étudier des mouvements variés : la chute d'une balle, une voiture qui freine, une vidéo de chute d'un objet sur la Lune (on la trouve en ligne), un train qui tourne en rond, les pâles d'un ventilateur, un personnage qui court ou qui marche, une balle qu'on fait tourner au bout d'une corde, un pendule, un tourne-disque, une balle qui roule sur une table... On obtient de très résultats pour les mouvements circulaires à partir de vidéos réalisées en autonomie (une simple balle attachée au bout d'une corde qu'on fait tourner devant soi, [voir le fichier tracker](#)).



Élément technique 2 : les programmes python.

De nombreux programmes python sont disponibles pour valider les capacités numériques exigibles des programmes. Souvent, les valeurs sont déjà entrées dans les programmes.



Il nous semble long et fastidieux de demander aux élèves de réaliser des séries de copier-coller pour reporter les valeurs obtenues à partir d'un logiciel de pointage (quel qu'il soit). Cette méthode est présentée en vidéo à ce lien : <https://docs.google.com/file/u/0/d/1GdDk-3u5DpNT1XdKizPL40-cMa2WnG-e/view>

Méthode pour que le programme python utilise des données placées dans un fichier de données externes.

Le programme python peut lire des données à partir de fichiers csv ou de fichiers txt.

Attention : certains programmes important les données de fichiers csv utilisent la bibliothèque panda que tous les logiciels ne peuvent pas utiliser. Pour éviter ces problèmes de bibliothèques et pour davantage de clarté pour les élèves, nous recommandons d'utiliser la suite **anaconda** et utiliser **spyder** ou jupyter notebook : <https://www.anaconda.com/distribution/>. Vous pouvez également utiliser l'environnement **Edupython** pour une prise en main rapide et simple : <https://edupython.tuxfamily.org>

Nous vous présentons ici la méthode utilisant un fichier csv et la commande np.loadtxt de la bibliothèque numpy. Elle n'utilise pas la bibliothèque panda et fonctionne sur la plupart des logiciels (edupython, spyder, pyzo...).

Tutoriel vidéo : <https://drive.google.com/drive/folders/1TTXB1RMHGikXvZa574aMyWXrqKziEvEb?usp=sharing>

Vous trouverez aussi [dans ce document comment faire travailler les programmes python en ligne avec google colab](#) (ce qui peut être pratique associé à google classroom). Une étape est à réaliser en début de programme afin que ce dernier puisse connaître le chemin du fichier de données.

Dans l'étape 3 de ce projet, des exemples de programmes python sont proposés relativement aux capacités numériques exigibles en 2^{nde} et 1^{ère}.

- programme permettant de représenter y en fonction x.
- programme permettant de représenter les vecteurs vitesse et accélération.
- programme permettant de représenter l'évolution des énergies potentielle, cinétique et mécanique.

Élément technique 3 : banque de vidéos.

Site de vidéos de mouvements téléchargeables :

<http://www.physagreg.fr/video.php>

http://www4.ac-nancy-metz.fr/physique/ancien_site/video/liste-meca.htm

http://webetab.ac-bordeaux.fr/Pedagogie/Physique/site/labo/tice/c_video_tice.htm

https://mcpd.pagesperso-orange.fr/Avistep3/Avistep3_fr.html

Élément technique 4 : ressources pour accompagner les élèves.

La partie « mécanique » demande aux élèves d'avoir certaines connaissances (repères, vecteurs...)

Le site ostralo.net propose de nombreuses animations permettant d'accompagner les activités proposés

Notions de base sur les vecteurs : http://physique.ostralo.net/cours_vecteurs/

Tracé d'un vecteur vitesse : http://ostralo.net/3_animations/swf/vitesse.swf

Etude énergétique : http://physique.ostralo.net/cours_chuteLibreEnergie/

Élément technique 5 : Grille de compétences.

L'apport de cette grille de compétences a pour objectif de **structurer la formation** et **l'évaluation** des élèves.

Pour chaque étape du projet, chaque professeur doit cibler les compétences et capacités qu'il souhaite développer et évaluer.

Il puise dans une grille de compétences, dont les capacités associées sont ajustables en fonction du choix des équipes disciplinaires, dans le cadre de la mise en œuvre des nouveaux programmes du lycée.

Les **critères de réussite** doivent être définis en amont.

Dans ce projet, des critères de réussite vous sont proposés pour chaque étape de l'étude du principe d'inertie en seconde.

Le niveau de maîtrise de ces compétences dépend du contexte d'exercice, mais aussi du niveau d'autonomie et d'initiative chez les élèves dans les activités que vous leur proposez.

La grille de compétences permet ainsi de cibler les capacités visées ; elle permet aussi de les remobiliser dans le cadre d'un **suivi de l'acquisition** de celles-ci (évaluation formative), via des **outils adaptés** (ENT pronote, fichier excel, ...).

Un [exemple de contenus de grille](#) non exhaustive niveau 2nde est présenté page suivante. Cette grille comporte un nombre élevé de 47 capacités réparties sur les 5 compétences scientifiques du bulletin officiel.

La grille fournie dans le BO des programmes de terminale générale comporte 22 capacités associées.

On peut aussi travailler directement avec les « domaines » de compétences, mais il est utile d'explicitier la ou les capacités travaillées par l'élève, cela donne du sens à l'apprentissage. Une grille d'une vingtaine de capacités associées semble être un bon compromis.

Dans cet exemple, les compétences communes à l'ensemble des professeurs d'une classe sont dans un fichier séparé. Cela peut être utile pour les professeurs principaux.

Exemples de compétences transversales :

- Je présente des documents soignés.
- Je m'organise, j'ai mon matériel.
- Je m'auto-évalue.
- Je participe activement au travail demandé.
- Je me sers de mes erreurs.
- Je travaille en équipe.
- J'utilise l'information.
- J'utilise le numérique de manière adéquate.
- Je respecte les règles de vie, l'environnement et la sécurité.
- Je tiens bien mes cahiers et classeurs.
- Je fais bien mon travail à la maison.
- Je sais écrire un email avec fichier joint, en respectant les règles d'usage.

Exemple de grille de compétences

S'APPROPRIER	APP	Observer, décrire des phénomènes.
	APP	Extraire et organiser l'information.
	APP	Mobiliser et organiser ses connaissances.
	APP	Enoncer une problématique.
	APP	Demander une aide pertinente.
	APP	...
ANALYSER RAISONNER	ANA - RAIS	Procéder à des analogies.
	ANA - RAIS	Formuler des hypothèses.
	ANA - RAIS	Choisir, élaborer, justifier un protocole.
	ANA - RAIS	Exploiter des observations, résultats, mesures, informations, graphiques, tableaux, schémas.
	ANA - RAIS	Proposer un modèle.
	ANA - RAIS	Evaluer un ordre de grandeur.
	ANA - RAIS	Passer d'une forme de langage scientifique à un autre.
	ANA - RAIS	Prendre conscience des limites d'un modèle.
	ANA - RAIS	Construire les étapes d'une résolution de problème.
	ANA - RAIS	...
REALISER	REA	Mettre en œuvre un protocole en respectant les règles de sécurité.
	REA	Utiliser le matériel de manière adaptée.
	REA	Utiliser un langage de programmation.
	REA	Utiliser un modèle pour prévoir, décrire et expliquer.
	REA	Faire un schéma adapté.
	REA	Construire des vecteurs.
	REA	Construire un tableau.
	REA	Tracer un graphique.
	REA	Effectuer des calculs.
	REA	Travailler avec des expressions littérales.
	REA	Réaliser des conversions.
	REA	Ecrire un résultat de manière adaptée (unités, chiffres significatifs, incertitudes etc...).
	REA	Effectuer une analyse dimensionnelle.
	REA	Réaliser des mesures (en prenant en compte la précision notamment).
	REA	Utiliser les mathématiques.
	REA	Utiliser l'informatique.
REA	...	
VALIDER	VAL	Interpréter des observations, des mesures, des résultats, etc...
	VAL	Interpréter judicieusement les résultats obtenus par une simulation.
	VAL	Confronter des résultats à des hypothèses.
	VAL	Confronter un modèle à des résultats expérimentaux.
	VAL	Discuter un modèle, un résultat, une hypothèse, etc...
	VAL	Identifier les sources d'erreurs.
	VAL	Estimer une incertitude de mesure. Comparer à une valeur de référence.
	VAL	Faire preuve d'esprit critique et argumenter.
	VAL	Proposer d'éventuelles améliorations de la démarche ou du modèle.
	VAL	Mettre en lien des phénomènes et des concepts.
	VAL	Justifier.
	VAL	...
COMMUNIQUER	COM	Pratiquer une langue vivante étrangère.
	COM	Utiliser un vocabulaire scientifique adapté et rigoureux.
	COM	Présenter sous une forme appropriée (calculs alignés, expressions littérales, applications numériques, schémas, graphiques, tableaux, figures).
	COM	Communiquer à l'écrit.
	COM	Communiquer à l'oral.
	COM	Présenter un travail soigné.
	COM	Echanger entre pairs.
	COM	...

Exemples d'activités proposées aux élèves

INTRODUCTION



Chronophotographie d'une balle de tennis
(durée : quelques secondes)

L'étude du mouvement des objets a été importante au moment de la révolution scientifique il y a environ 500 ans.



Chronophotographie d'une planète
(durée : plusieurs jours)

Possibilité de proposer aux élèves de visionner cette vidéo pour les sensibiliser à l'importance de la mécanique : <https://docs.google.com/file/u/0/d/16Ogj2pmPfl2XMAfWFOsY6RzFX6GkuStv/view>

Ce sont des grands savants comme *Galilée (1564-1642)* qui ont eu l'idée d'étudier des mouvements « simples » pour en déduire des lois mathématiques les expliquant. Sont nés des **modèles** qui permettent d'expliquer et de prévoir ce qu'on observait dans le **réel** qui nous entoure. *Isaac Newton (1642-1727)*, dans la continuité de Galilée, proposera les trois lois qui portent son nom, et utilisées aujourd'hui dans de nombreux domaines (astronomie, aéronautique, sport,...). Le programme de secondaire de physique-chimie propose aux élèves de découvrir ces lois de manière progressive (du collège au lycée).



L'étude des mouvements peut se réaliser à l'aide de vidéo dont le principe est de prendre un certain nombre d'images par secondes. Découvrir les premiers essais de chronophotographie permet de comprendre le principe. Histoire de la chronophotographie :

https://www.youtube.com/watch?v=abb_LuSbgz4&feature=emb_logo



Qu'est-ce que la chronophotographie : https://www.youtube.com/watch?v=O7nyWlrs5XY&feature=emb_logo



Ce projet se déroulera en 3 étapes :

ETAPE 1 : Réalisation d'une vidéo

ETAPE 2 : Pointage

ETAPE 3 : Exploitation des données du pointage

ETAPE 1 : REALISATION D'UNE VIDEO.

Il s'agit ici de proposer une évaluation à distance, en asynchrone, sur la découverte du principe d'inertie en seconde.



Qu'est-ce que le principe d'inertie ?

Découverte à l'aide d'un dessin animé. (Durée 3 minutes).

<https://www.youtube.com/watch?v=LRJtJpQldq8>

Quelques exemples qui peuvent être expliqués à l'aide du principe d'inertie :

1/ Dans l'espace : <https://www.youtube.com/watch?v=72r1ZWXzfCE>

On considère que dans le référentiel de la navette spatiale, les objets ne sont soumis à aucune force.

On constate qu'un objet immobile reste bien immobile (le micro dans la vidéo) et qu'un objet qui avance continue d'avancer à vitesse constante (les gouttes d'eau dans la vidéo). Tout cela est vrai dans le référentiel de la navette spatiale.



2/ Sur Terre :

Il n'est pas possible d'être soumis à aucune force sur Terre car chaque objet est au moins soumis à son poids. On peut trouver des situations similaires explicables au moyen du principe d'inertie.

2.1. Des objets immobiles qui ont envie de rester immobile :

https://drive.google.com/file/d/1fieHvYacjWwMCGlM5AsAEQITeKSz_rO4/view?usp=sharing

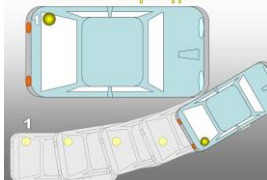
2.2. Des objets en mouvement rectiligne uniforme qui veulent maintenir ce mouvement :

- Exemple 1 : les objets se trouvent dans un véhicule qui freine. C'est ce qui permet d'expliquer qu'il faut absolument porter une ceinture de sécurité.

<https://drive.google.com/file/d/1EVpguSwawiNDS0UQsHb8Hd4sLhsgY2qy/view?usp=sharing>

https://drive.google.com/file/d/11LHPPDnvacCnt_PAb7Z46WY-eN6LneD1/view?usp=sharing

Mouvement de la boule par rapport à la voiture



- Exemple 2 : les objets se trouvent dans un véhicule qui tourne. Le principe d'inertie peut aussi expliquer pourquoi on ressent une poussée sur le côté quand une voiture aborde un virage. Les objets à l'intérieur ont envie de poursuivre leur mouvement initial.

<https://drive.google.com/file/d/121qxzsvDwbpgswi249EsIGkxkQVPI1Ea/view?usp=sharing>

Si cette animation n'est pas assez claire, vous pouvez regarder plus en détail les deux premières minutes de cette vidéo (facultatif) : <https://www.youtube.com/watch?v=nHhu8ccc4Xk>

2.3. Importance de ce principe d'inertie pour connaître le mouvement de Terre.

Quand un objet en mouvement est lâché du haut d'un véhicule en mouvement rectiligne, il ne tombe pas là où notre intuition nous le laisserait croire. L'expérience a été faite seulement un peu avant 1600 mais a été d'une importance cruciale : rappel en vidéo (à partir de 2'54)

<https://sites.google.com/site/physiquechimieaucpf/lycee/a-2nde/activite-0-un-peu-d-histoire-des-sciences/video-1>



Pourquoi ne pas chercher à faire vous-même cette expérience et à bien la filmer (avec un vélo, en courant, etc.) ?

Travail à effectuer :

Enregistrez une vidéo mettant en avant le principe d'inertie.

Avec votre téléphone, il est possible d'enregistrer des vidéos avec des objets de votre quotidien (jouets, Playmobils®, petites voitures, ...). Pour éviter les frottements, vous pouvez utiliser des surfaces très lisses, des glaçons ou des objets qui roulent comme des billes...

Vous pourrez vous inspirer de vidéos trouvées sur YouTube (le principe d'inertie porte aussi le nom de première loi de Newton ou Newton's first law en anglais).

Vous ne ferez aucune expérience mettant des personnes en danger ou vous mettant en danger.

Si vous le pouvez, il sera intéressant de filmer le même mouvement dans deux référentiels différents. Ce travail sera à faire individuellement. Il sera envoyé par email avec la vidéo en fichier joint.

Compétences et capacités évaluées :

		Conseils – critères de réussite
APP	Extraire et organiser l'information.	Il y a beaucoup de documents à visualiser avant de réaliser l'expérience. Ces vidéos vous permettront de découvrir le principe d'inertie et de découvrir comment réaliser une vidéo.
APP	Demander une aide pertinente.	Vous pouvez demander de l'aide au professeur pendant la semaine où cette mission vous est confiée afin que votre réalisation soit la plus réussie possible. Vous pouvez envoyer vos premiers essais.
ANA - RAIS	Choisir, élaborer, justifier un protocole.	Vous devez proposer un mouvement qui illustre le principe d'inertie.
REA	Mettre en œuvre un protocole en respectant les règles de sécurité.	Voir critères de réussite ci-dessous.
REA	Utiliser l'informatique.	
COM	Communiquer à l'écrit.	Vous penserez à écrire le mail en respectant les conventions d'usage. Le fichier joint sera nommé sous la forme CLASSE_NOM_PRENOM_VIDEO-INERTIE

Critères de réussite pour la capacité « Mettre en œuvre un protocole en respectant les règles de sécurité » relative à la création de votre vidéo :

- 1. La caméra doit être fixe** pendant la durée du mouvement.
- 2. La caméra doit être perpendiculaire au plan du mouvement.**
- 3. Un repère est nécessaire sur l'image pour pouvoir faire l'étalonnage**, c'est à dire indiquer à quelle distance "réelle" correspondant un certain nombre de pixels de l'images. Il est intéressant que la longueur de cet étalon soit sur l'image (on écrit à côté la longueur). Cet étalon doit se situer à la même distance de la caméra que l'objet étudié.
- 4. On évite de filmer des objets trop proches ou trop éloignés.** Une distance comprise entre 1 et 2 m semble correcte.
- 5. L'objet doit être facilement repérable**, d'une couleur différente du fond de l'image : le pointage manuel sera plus facile et un pointage automatique sera même possible. Si l'objet est grand, on pourra ne s'intéresser qu'à un point particulier de l'objet qui sera simple à repérer : ça peut être un point naturellement présent ou ajouté pour les besoins de l'expérience (on ajoute une croix sur une balle...). Sur les vidéos de crash test par exemple, ils ajoutent ce type de repère. Le mouvement de la tête n'est pas le même que celui d'une main par exemple.



- 6. Eviter que la vidéo ne comporte des parties inutiles (facultatif).** Pour un travail en distanciel, et afin que le téléchargement des vidéos soit plus rapide, on peut imposer à l'élève de « couper » les parties de la vidéo inutiles.

Tracker permet de réaliser la sélection d'une partie de la vidéo.

<https://docs.google.com/file/u/0/d/1iLZf17FFd5J2yE7dFZPL1CANPFAWcviz/view>

Des exemples en vidéo : ces vidéos vous montrent comment placer la caméra pour l'étude de mouvements.

Lien 1 : <https://www.youtube.com/watch?v=YZmrEvgYL4g&feature=youtu.be>

Lien 2 : <https://www.youtube.com/watch?v=BoflozTorAg>

PROFESSEUR

Vous avez la possibilité :

- De montrer cette vidéo montrant comment réaliser la vidéo pour l'étude d'un mouvement circulaire. <https://www.youtube.com/watch?v=BoflozTorAg>
- De proposer le lien d'un site qui présente des vidéos qui serviront d'exemples.
- De laisser les élèves progresser en autonomie via plusieurs envois et des retours conseils leur permettant de progresser.

C'est lors de cette étape que l'évaluation formative opère. Le professeur guide les élèves et les accompagne à respecter les critères de réussite. Il peut évaluer en même temps la capacité d'un élève à « *appliquer les étapes d'un protocole* ».

ETAPE 2 : POINTAGE.

La vidéo réalisée lors de l'étape 1 (ou une version améliorée suite aux conseils donnés) va être utilisée pour réaliser un pointage à l'aide du logiciel tracker.

Le pointage consiste à :

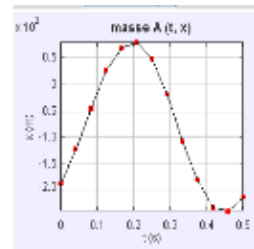
- Placer les axes du repère d'étude
- Etalonner les images, c'est-à-dire indiquer l'échelle pour connaître le rapport entre la longueur réelle et la longueur visualisée à l'écran (le programme prend en compte le nombre de pixels séparant deux points). Vous pouvez proposer l'échelle en mètre pour la suite du travail.
- Indiquer pour chaque image la position du point du mobile étudié.

t(s)	x (m)	y (m)
0.300	-186.0	-51.0
0.345	-120.0	-34.0
0.385	-45.0	-14.0
0.415	28.0	14.0
0.445	99.0	47.0
0.475	165.0	81.0
0.505	225.0	115.0
0.535	280.0	149.0
0.565	330.0	183.0
0.595	375.0	217.0
0.625	415.0	251.0
0.655	450.0	285.0

Ce pointage va servir à « mesurer » les 3 grandeurs qui apparaîtront dans le tableau :

- Le temps noté t, en secondes.
- L'abscisse du point notée x, en mètre (si l'étalon a bien été indiqué en mètre).
- L'ordonnée du point notée y, en mètre (si l'étalon a bien été indiqué en mètre).

Le logiciel affiche automatiquement la représentation graphique des grandeurs en fonction du temps. Cliquez sur la légende des axes pour sélectionner la grandeur désirée. Vous choisirez en abscisse le temps et en ordonnée la vitesse v, la composante vx ou la composante vy pour mettre en avant le principe d'inertie.



Plus d'information sur les composantes vx et vy de la vitesse sur l'animation http://physique.ostralo.net/cours_vecteurs/

Pour réaliser ce pointage, il vous suffit d'appliquer le protocole indiqué dans ce document.

https://drive.google.com/file/d/18jV8jDjs4xhmKywJRNez769YBVduXVO_/view?usp=sharing

Compétences et capacités évaluées :

		Conseils – critères de réussite
APP	Extraire et organiser l'information.	Bien utiliser les informations du mode d'emploi ou tutoriel.
APP	Demander une aide pertinente.	Vous pouvez demander de l'aide au professeur pendant la semaine où cette mission vous est confiée afin que votre réalisation soit la plus réussie possible. Vous pouvez envoyer vos premiers essais.
REA	Mettre en œuvre un protocole en respectant les règles de sécurité.	Voir critères de réussite en annexe.
REA	Réaliser des mesures avec précision	Précision du pointage et de l'étalonnage.
REA	Utiliser l'informatique.	Voir critères de réussite ci-dessous.
COM	Communiquer à l'écrit.	Vous penserez à écrire le mail en respectant les conventions d'usage. Le fichier joint sera nommé sous la forme CLASSE_NOM_PRENOM_POINTAGE_INERTIE

Critères de réussite pour la compétence « Mettre en œuvre un protocole en respectant les règles de sécurité » relative au pointage.

- Placer les axes.
- Réaliser l'étalonnage.
- Pointer les positions successives du mobile.
- Choisir une représentation graphique illustrant le principe d'inertie (choix de l'ordonnée v, vx ou vy).

Critère de réussite pour la compétence « Utiliser l'informatique » :

Enregistrer le fichier au format .trz (qui inclut la vidéo en plus des informations sur le pointage).

ETAPE 3 : EXPLOITATION DES DONNEES DU POINTAGE A L'AIDE D'UN LANGAGE DE PROGRAMMATION.

Le langage de programmation utilisé est naturellement python que vous avez déjà étudié dans le cadre des cours de mathématiques.

Nous vous fournissons ici un programme permettant de représenter la grandeur y en fonction de la grandeur x.

https://drive.google.com/file/d/1J2EmRfWq6_C92F-Zl8NjlfmnA7aKuGif/view?usp=sharing

Ce programme utilise les bibliothèques numpy et matplotlib.

Fiche contenant les principales fonctions de la bibliothèque matplotlib utilisées en physique-chimie https://phychim.ac-versailles.fr/IMG/pdf/tuto_python_matplotlib.pdf

Travail à effectuer :

1. Exporter vos données de pointage.

Pour fonctionner, ce programme a besoin d'accéder aux données t, x et y de votre pointage.

Vous devez donc dans un premier temps exporter les données obtenues avec tracker en appliquant le protocole suivant afin d'obtenir un fichier de données au format csv.

<https://drive.google.com/file/d/1RkWAusfUDtRXrxBtU13lukjksS1uMV0V/view?usp=sharing>

Ce fichier csv doit être placé dans le même dossier que le programme python que vous allez ouvrir.

2. Vérifier le fonctionnement du programme fourni.

3. Modifier le programme fourni.

Vous modifierez le programme pour obtenir les représentations graphiques : $x = f(t)$ et $y = f(t)$.

Vous penserez à modifier le titre et les légendes.

4. Envoyer votre travail par email.

Vous enverrez en fichier joint un dossier zippé comprenant les éléments suivants :

Fichier	Nom du fichier
Votre vidéo	CLASSE_NOM_PRENOM_VIDEO-INERTIE
Votre fichier de pointage tracker au format trz	CLASSE_NOM_PRENOM_POINTAGE_INERTIE
Votre fichier de données au format csv.	donnees_nom-prenom.csv
Votre programme python permettant la représentation spatiale.	CLASSE_NOM_PRENOM_REPRESENTATION_SPATIALE
Une image du graphique obtenu pour cette représentation spatiale.	CLASSE_NOM_PRENOM_GRAPHIQUE_REPRESENTATION_SPATIALE
Votre programme python permettant les représentations temporelles $x=f(t)$ et $y = f(t)$	CLASSE_NOM_PRENOM_PROGRAMME_REPRESENTATION_TEMPORELLE
Une image du graphique obtenu ces représentations temporelles.	CLASSE_NOM_PRENOM_GRAPHIQUE_REPRESENTATION_TEMPORELLE

Compétences évaluées :

		Conseils – critères de réussite
APP	Extraire et organiser l'information.	Bien utiliser les informations du mode d'emploi.
APP	Demander une aide pertinente.	Vous pouvez demander de l'aide au professeur pendant la semaine où cette mission vous est confiée afin que votre réalisation soit la plus réussie possible. Vous pouvez envoyer vos premiers essais.
REA	Tracer un graphique	Ne pas oublier les légendes, les unités. Ne pas relier les points par des segments de droite.
REA	Utiliser l'informatique.	Modifications du programme python. Enregistrement des différents fichiers demandés.
COM	Communiquer à l'écrit.	Vous penserez à écrire le mail en respectant les conventions d'usage.

PROFESSEUR

Ce document ne vise pas une formation au langage de programmation Python. Vous trouverez à cet effet l'essentiel dans le document produit par l'académie de Poitiers :

http://ww2.ac-poitiers.fr/sc_phys/sites/sc_phys/IMG/pdf/python_cours.pdf

Vous y trouverez de nombreux exemples de programmes en lien avec les objectifs du programme du lycée.

Il pourra être utile de donner cette fiche aux élèves, comme document commun de référence. Rappel : fiche contenant les principales fonctions de la bibliothèque matplotlib utilisées en physique-chimie

https://phychim.ac-versailles.fr/IMG/pdf/tuto_python_matplotlib.pdf

Utilisation de l'association google classroom – google colaboratory

Elle peut sembler assez pertinente pour faciliter le travail d'accompagnement et d'évaluation à distance.

Pour aller chercher les données dans un fichier csv externe, il faut en début de code les deux lignes suivantes

```
from google.colab import drive
```

```
drive.mount('/content/drive', force_remount=True)
```

Une autorisation est demandée.

```
[ ] from google.colab import drive
drive.mount('/content/drive', force_remount=True)

Go to this URL in a browser: https://accounts.google.com/o/oauth2/auth?client\_id=5

Enter your authorization code:
.....
Mounted at /content/drive
```

Il faudra ensuite faire attention au chemin d'accès au fichier csv :

```
np.loadtxt("drive/My Drive/.../.../nom_du_fichier.csv",delimiter=';', unpack=True,skiprows=2)
```

Découvrez ce qu'il faut faire en vidéo :

<https://drive.google.com/file/d/1a1qIlijx2J3OPeJIMxY7RrC3Xb0icNss8/view?usp=sharing>

Lien vers le dossier contenant la vidéo, le fichier csv et le programme utilisés dans ce tutoriel :

https://drive.google.com/drive/folders/1caHflmQD1UZDGC8wicivFku_kxJ-49IL?usp=sharing

Si les graphiques ne s'affichent dans un fenêtre externe, la commande `fig = plt.figure(1, figsize=(10,5))` peut s'avérer utile pour dimensionner le graphique aux dimensions désirées.

DES EXEMPLES DE PROGRAMMES

Choix retenus

- Export des données au format csv car les données seront faciles à traiter si on veut les ouvrir avec des tableurs usuels (excel, regressi, ...)
- Utilisation de la fonction `load.txt` de la bibliothèque `numpy` à laquelle on fait déjà souvent appel dans les programmes. Possibilité d'utiliser la bibliothèque `panda` mais elle n'est pas toujours utilisable par tous les logiciels.
- Pour éviter de surcharger les programmes avec des commandes longues type « `tableau['y']` », nous conseillons de créer les listes dès le départ avec les noms `x`, `y` et `t`. Cela permet au programme d'être identique à un programme qui utiliserait des données directement entrées dans les listes en début de programme... (ce qui est souvent le cas dans les propositions en ligne ou dans les manuels).

Dans chaque dossier, vous trouverez la vidéo d'étude, le fichier de pointage tracker et les programmes python utilisant les données de ces pointages.

DOSSIER 1 - programmes pour les représentations $y = f(x)$ / $y = f(t)$ / $x = f(t)$:

Capacité numérique : représenter les positions successives d'un système modélisé par un point lors d'une évolution unidimensionnelle ou bidimensionnelle à l'aide d'un langage de programmation.

<https://drive.google.com/drive/folders/1TTXB1RMHGikXvZa574aMyWXrqKzIEvEb?usp=sharing>

Si le programme python est donné en l'état aux élèves, il suffit aux élèves de bien nommer le fichier csv, de placer ce fichier dans le même dossier que le programme tracker et d'écrire le nom de ce fichier csv au bon endroit du programme python.

On peut demander aux élèves de modifier le programme pour obtenir une représentation spatiale de y en fonction de x .

Note : ce dossier comprend les fichiers utilisés pour le tutoriel expliquant comment faire utiliser au programme python des données provenant du pointage réalisé avec tracker.

DOSSIER 2 - programmes pour les représentations des vecteurs vitesse et accélération :

Capacité numérique (2^{nde}) : représenter des vecteurs vitesse d'un système modélisé par un point lors d'un mouvement à l'aide d'un langage de programmation.

Capacité numérique (1^{ère}) : utiliser un langage de programmation pour étudier 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.

Capacité numérique (Tale) : Représenter, à l'aide d'un langage de programmation, des vecteurs accélération d'un point lors d'un mouvement.

Chute libre – mouvement parabolique https://drive.google.com/drive/folders/1_FIDFWdzyNBs53OxYTz4iyVqDI0hzZPa?usp=sharing

Choix retenu pour les vecteurs.

Pourquoi utiliser quiver et pas arrow pour dessiner une flèche ?

On peut très bien utiliser arrow de matplotlib.pyplot. C'est une fonction simple à utiliser et son nom est évocateur pour les élèves. Mais elle présente un inconvénient : dans le cas d'un repère qui n'est pas orthonormé, la flèche a une apparence déformée. Pour qu'elle ait l'apparence attendue par les élèves, il faut calculer une mise à l'échelle qui n'est pas au cœur du programme de Physique Chimie. quiver est une fonction qui permet beaucoup plus de possibilités que arrow. La plupart sont inutiles pour les activités de Seconde et de Première. Mais avec les trois derniers paramètres ci-dessous, la flèche n'est jamais déformée : plt.quiver(x0,y0,deltax,deltay, angles='xy', scale=1, scale_units='xy')

D'après http://ww2.ac-poitiers.fr/sc_phys/sites/sc_phys/IMG/pdf/python_cours.pdf

DOSSIER 3 - programmes pour une étude énergétique :

• Chute libre – mouvement vertical.

L'étalon à utiliser est la taille de la personne qui est de 1,72 m.

https://drive.google.com/drive/folders/1TAT_CZwKZeYlgTCpadqplEehxsskEKyT?usp=sharing

• Chute libre – mouvement parabolique

<https://drive.google.com/drive/folders/19OL7pCnT9tvJi5itVJjbcwegMSQdhB5?usp=sharing>

• Pendule simple – version longue avec amortissement.

Programme de 1^{ère} : identifier des situations de conservation (si on considère quelques secondes seulement) et de non-conservation de l'énergie mécanique (si on utilise un pointage automatique pendant quelques minutes).

Programme de terminale : « Utiliser des capteurs ou une vidéo pour déterminer les équations horaires du mouvement du centre de masse d'un système dans un champ uniforme. Étudier l'évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique ».

Cette étude peut se faire à l'aide d'un pendule réalisé à la maison par les élèves et dont le mouvement d'oscillation est filmé avec leur smartphone. Pour le pointage automatique, ne pas oublier de maintenir un bon contraste entre la masse et le fond. Tutoriel vidéo pour le pointage automatique <https://docs.google.com/file/u/1/d/1a6a8LIEFvsKX1XsMsGdZl1HwWfUleEfO/view>

Dossier comprenant la vidéo nécessaire au pointage, le fichier des données de pointage au format csv et le programme python.

- **mouvements circulaires.**

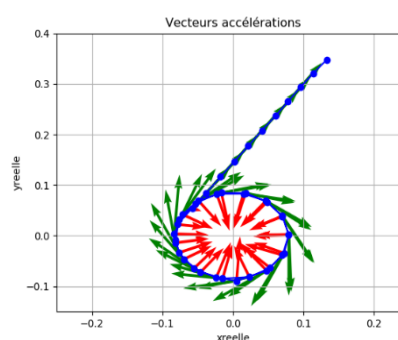
Exemple 1 : balle sur une table. <https://www.youtube.com/watch?v=BoflozTorAg>

Exemple 2 : une balle de tennis accrochée au bout d'une corde qu'on fait tourner avec la main à vitesse constante.

DOSSIER 4 :

<https://drive.google.com/drive/folders/1eAaGZaQraEauxNH-Xir89QUwuYXiMndw?usp=sharing>

Le fichier tracker montre des vecteurs accélérations qui pointent bien au centre de la trajectoire, à comparer avec ce qui est obtenu avec le même programme python que celui utilisé pour les mouvements de chute libre parabolique.



Exemple 3 : un palet sur table à coussin d'air.

DOSSIER 5 : <https://drive.google.com/drive/folders/1aBeakEsG-DV7Lk-Dne0v1F5MPpzdHVj?usp=sharing>

Pour aller plus loin :

L'aide du logiciel tracker indique les algorithmes utilisés pour déterminer les vecteurs vitesse et accélération. Les vecteurs vitesse utilisent la même méthode que celle proposée dans nos programmes au lycée. Pour les accélérations, la méthode est différente et permet souvent d'obtenir des vecteurs accélérations légèrement différents de ce qu'on obtiendra à l'aide de nos programmes python.

Calculating velocities and accelerations

Velocities and accelerations are calculated from the position-time data using the **Finite Difference** algorithm shown below. Subscripts refer to [step numbers](#) and dt is the time between steps in seconds. The equations are shown only for the x-components; substitute y for x to obtain y-components.

If steps are skipped when marking a point mass, velocities and accelerations cannot be calculated where the required position data is missing. This means velocities are missing both before and after a missing step, and accelerations are missing for 2 steps before and after the missing step.

If you know the point mass bounces off a surface you may wish to use the **Bounce Detection** algorithm which smooths velocities and accelerations but also detects sudden changes in velocity. Caution: this works very well for bounces but may produce artifacts with some motion. For more information, see <http://gasstationwithoutpumps.wordpress.com/2011/11/08/tracker-video-analysis-tool-fixes/>

Note: there are many other finite difference algorithms. Tracker's algorithms define the velocity for a step to be the average velocity over a 2-step interval, and the acceleration to be the second derivative of a parabolic fit over a 4-step interval, with the step at the center. Tracker's acceleration algorithm is less sensitive to position uncertainties than others..

