

C05 – TP : Vecteurs vitesse et accélération

CONTEXTE DE LA SITUATION

Dans le domaine astronautique, un lanceur est une fusée utilisée pour placer un engin spatial en orbite, ou pour l'envoyer dans l'espace interplanétaire.

La plupart des lanceurs ne sont pas réutilisables, c'est-à-dire que leurs composants ne sont pas récupérés après usage, ce qui augmente leur coût de manière significative. Au cours de l'histoire astronautique il y a eu plusieurs tentatives de mise au point de lanceurs réutilisables. C'est le lanceur Falcon 9 de la société SpaceX qui a atteint le premier, à la fin de l'année 2015, le stade opérationnel. Les coûts des lancements ont ainsi été significativement réduits.

Le but de cette séance est d'étudier le mouvement d'un lanceur Falcon lors de son atterrissage.

INFORMATIONS MISES À DISPOSITION

Mission NROL-108

Le 19 décembre 2020, à partir du centre spatial Kennedy, SpaceX a lancé avec succès la mission NROL-108 avec le lanceur Falcon 9. Le premier étage, qui avait déjà été utilisé quatre autres fois, s'est posé avec succès sur la zone d'atterrissement prévue au sol, après un peu plus de huit minutes de vol.

NROL-108 est une mission militaire classifiée visant à lancer un satellite-espion américain sur une orbite basse (environ 540 km d'altitude).

Atterrissage du premier étage du lanceur

La vidéo de l'atterrissement du premier étage du lanceur Falcon 9 (Mission NROL-108) est disponible sur le site internet.

Caractéristiques techniques du lanceur Falcon 9 Bloc 5

Longueur	Masse à vide	Propulsion	Poussée maximale	Durée de combustion
41,5 m	120 t	9 Merlin 1D++	8127 kN	158,4 s

On pourra considérer que la valeur absolue de la vitesse verticale du lanceur juste avant l'atterrissement ne doit pas excéder 20 km/h. Au-delà, le lanceur risquerait d'être endommagé, ce qui pourrait compromettre sa réutilisation ultérieure.

TRAVAIL À EFFECTUER

1. Hypothèse sur le mouvement du lanceur

1.1. Regarder la vidéo de l'atterrissement du premier étage.

1.2. Émettre une hypothèse sur la nature du mouvement du lanceur, dans le référentiel terrestre, au cours des dernières secondes précédant son atterrissage.

1.3. Proposer un protocole utilisant le logiciel LatisPro permettant la validation de cette hypothèse.

APPEL n°1		
	Appeler le professeur pour lui présenter l'hypothèse et le protocole ou en cas de difficulté	

2. Étude du mouvement du lanceur

2.1. Mettre en œuvre le protocole :

- Télécharger la vidéo sur votre espace personnel.
- On étudie la position du sommet du lanceur entre les images n° 60 et n° 77.
- La fiche méthode acquisition de séquences vidéo est à disposition.
- Dans l'onglet graphique,  renommer les variables (en double cliquant sur le nom) : « Mouvement X » devient « x » et « Mouvement Y » devient « y ».
- Dans l'onglet tableur, faire glisser la variable «Temps» (dans la liste des graphiques).

2.2. Quelle est la durée Δt séparant deux positions successives ?

2.3. Évolution de la position du lanceur (par deux méthodes)

LATISPRO	PYTHON
<ul style="list-style-type: none">- Tracer la trajectoire $y = f(x)$ sans relier les points ATTENTION, il faut faire clic droit sur la zone de graphique et sélectionner <i>Repère orthonormé</i>.	<ul style="list-style-type: none">- Dans le logiciel Latispro, dans le menu <i>fichier</i> puis <i>exporter</i>, choisir <i>ajouter toutes les courbes</i>, puis <i>csv</i> puis exporter le fichier <i>ltp</i> sous le nom <i>donnees</i> et l'enregistrer dans votre dossier personnel.- Télécharger le programme A depuis le site internet et l'enregistrer dans le même dossier personnel.- Sur le bureau, aller dans <i>autres raccourcis</i>, puis <i>Pyzo</i>, puis cliquer sur <i>Pyzo général</i>. Ouvrir alors le programme <i>programme A.py</i> depuis votre dossier personnel.- Sur le Shell, taper <i>pip install pandas</i>- Compléter le programme A aux endroits indiqués afin de représenter la trajectoire du lanceur.

APPEL FACULTATIF		
	Appeler le professeur en cas de difficulté	

La chronophotographie est-elle cohérente avec l'hypothèse faite à la question 1.2 ?

2.4. Estimation de la vitesse juste avant l'atterrissement (image 74 – point n°15)

LATISPRO (méthode dérivée)	PYTHON (méthode approchée centrée)
<p><u>Aide</u> : Sur Latispro, pour calculer une grandeur z, dérivée d'une grandeur g par rapport au temps, il faut rentrer $z=\text{deriv}(g)$ (Formule à adapter à la situation)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ouvrir l'onglet <i>Calcul</i> et rentrer la formule qui permet de calculer la vitesse verticale du lanceur. Exécuter le calcul. - Dans l'onglet Tableur, faire glisser la variable vy puis donner la valeur de la vitesse verticale du lanceur sur la ligne 15. 	<ul style="list-style-type: none"> - Télécharger le programme B partie 1 depuis le site internet et l'enregistrer dans le même dossier personnel. - Compléter le programme B partie 1 aux endroits indiqués afin d'estimer la valeur de la vitesse verticale du lanceur au point n°15.

La valeur obtenue est-elle compatible avec une réutilisation ultérieure du lanceur ? Justifier la réponse.

2.5. Calcul de l'accélération et représentation des vecteurs

LATISPRO	PYTHON
<ul style="list-style-type: none"> - Ouvrir l'onglet Calcul et rentrer la formule qui permet de calculer l'accélération verticale du lanceur. Exécuter le calcul. - Dans l'onglet Tableur, faire glisser la variable ay puis donner la valeur de l'accélération verticale du lanceur en trois points au choix. - Cliquer sur <i>Édition</i> puis <i>analyse de séquences vidéo</i>. Cliquer sur <i>transférer les vecteurs</i> : cela permet d'afficher les vecteurs vitesse et accélération, ainsi que leur évolution au cours du mouvement. 	<ul style="list-style-type: none"> - Télécharger le programme B partie 2 depuis le site internet et l'enregistrer dans le même dossier personnel. - Compléter le programme B partie 2 aux endroits indiqués afin : <ul style="list-style-type: none"> • d'estimer la valeur de l'accélération verticale en trois points au choix (points < 14) ; • de représenter le vecteur accélération en ces points.

APPEL n°2		
	Appeler le professeur pour lui présenter vos résultats ou en cas de difficulté	

La représentation des vecteurs accélération donnée permet-elle de valider l'hypothèse de la question 1.2 ? Justifier la réponse.

À la fin de la séance, reprendre la grille d'auto-évaluation du début du chapitre pour la remplir.