

Nom:..... Prénom:..... Classe:..... Date:

La relativité du mouvement	
✔ Objectifs	👤 Classe
<input type="checkbox"/> Système. Échelles caractéristiques d'un système. Référentiel et relativité du mouvement. <input type="checkbox"/> Choisir un référentiel pour décrire le mouvement d'un système. Caractériser différentes trajectoires. <input type="checkbox"/> Expliquer, dans le cas de la translation, l'influence du choix du référentiel sur la description du mouvement d'un système. <input type="checkbox"/> 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.	2 ^{nde}
	🕒 Durée
	1 h

Usain Bolt est un athlète jamaïcain, spécialiste des épreuves de sprint. Il détient de nombreux records, dont celui du record du monde du 100 mètres avec le temps de 9,58 s, établi en 2009 lors des championnats du monde d'athlétisme à Berlin¹.



1 Choix du référentiel

Lors d'une compétition d'athlétisme, les caméras qui filment les athlètes peuvent être fixes au sol ou défiler sur un rail. Le mouvement d'un système enregistré par chaque type de caméra n'est pas forcément le même.

Le mouvement d'un objet dépend du « solide » par rapport auquel on observe le mouvement. Ce « solide » ou cet objet de référence par rapport auquel on étudie un mouvement est appelé « référentiel ».



🔬 Observer les deux vidéos intitulées « Usain Bolt » et « Usain Bolt caméra défilante » donné sur les liens suivants: https://www.youtube.com/watch?v=Y8U1I_0qsfU et <https://www.youtube.com/watch?v=o-urn1aJp0A> à partir de 2 min 05 s.



Ce TP est basé sur le travail de Mme Fasseu du lycée Watteau.

1. Citer au moins deux objets immobiles, puis au moins deux objets en mouvement pour un spectateur assis dans la tribune.

Solution: Deux objets immobiles sont la ligne d'arrivée et le juge arbitre. Deux objets en mouvements sont Ushain Bolt et la caméra sur le côté.

2. Citer un objet immobile, puis au moins deux objets en mouvement pour Usain Bolt.

Solution: Pour Ushain Bolt, la caméra sur le côté est immobile alors que la ligne d'arrivée ou un autre concurrent sont des objets en mouvement.

3. Peut-on affirmer sans rien préciser d'autre « un spectateur assis dans la tribune est immobile » ? Justifier la réponse.

Solution: On ne peut pas le préciser si on ne donne pas un objet de référence pour la comparaison: on parle de référentiel.

2 Les différents référentiels



- Consulter l'animation suivante: <http://www.jf-noblet.fr/mouve2/ref.htm>
- Lancer les animations et observer le mouvement de chacun des référentiels.



4. Donner la définition du référentiel géocentrique et du référentiel héliocentrique.

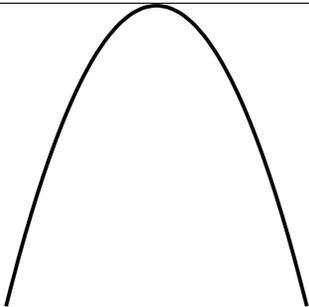
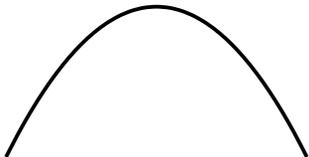
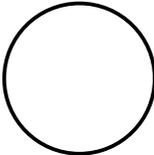
Solution: Le référentiel géocentrique est un référentiel dont l'origine est le centre de la Terre et dont les trois axes pointent vers des étoiles lointaines qui apparaissent fixes.
Le référentiel héliocentrique a pour origine le centre du Soleil et ses axes sont définis par rapport à trois étoiles considérées comme fixes.

3 Modélisation du mouvement

Une chronophotographie est une superposition de photos prises à des intervalles de temps égaux permettant de visualiser un mouvement. On considère dans le tableau ci-dessous des chronophotographies d'objets en mouvement (colonne 1). Pour chaque mouvement, on étudie un point particulier de l'objet (colonne 2).



5. Compléter l'avant-dernière colonne en dessinant la trajectoire du point précisé.
6. Compléter la dernière colonne en donnant le type de trajectoire, parmi les trajectoires suivantes: rectiligne, curviligne, et circulaire.

Chronophotographie	Point choisi pour représenter le mouvement	Trajectoire du système	Nom de la trajectoire
	Centre de la balle		curviligne
	Point noir du casque du motard		rectiligne
	Centre du surfeur		curviligne
	Une nacelle		circulaire

4 Les différents types de trajectoires

Les trajectoires dans le vélo

Un vélo roule à vitesse constante sur une piste horizontale. On s'intéresse à la trajectoire du point central de la roue et à celui de la valve de la chambre à air.



- Consulter l'animation suivante: <http://www.jf-noblet.fr/mouve2/velo.htm>
- La 1^{ère} animation donne la trajectoire de la valve dans le référentiel terrestre.
- La 2^{ème} animation donne la trajectoire de la valve dans le référentiel du vélo.

7. Quelle est la trajectoire de la valve dans le référentiel terrestre ?

Solution: La trajectoire de la valve dans le référentiel terrestre est un ensemble de cycloïdes consécutives.



8. Quelle est la trajectoire de la valve dans le référentiel du vélo (comme si on fixait une caméra sur le cadre du vélo) ?

Solution: La trajectoire de la valve dans le référentiel du vélo est un cercle.

9. Quelle est la trajectoire du point central de la roue dans le référentiel terrestre au cours du mouvement (= par rapport à la Terre) ?

Solution: Dans le référentiel terrestre, le centre de la roue a une trajectoire rectiligne.

10. Le point central de la roue est-il en mouvement dans le référentiel du vélo ?

Solution: Dans le référentiel du vélo, le centre de la roue est fixe.

Tracé de la trajectoire de la valve dans le référentiel terrestre



On va utiliser le logiciel *Tracker* pour observer le mouvement et relever les positions successives d'un point blanc représentant la valve sur un objet en rotation.

- Ouvrir le logiciel *Tracker*.
- Enregistrer le projet sous le nom "nom1Prenom1_Nom2Prenom2_Classe".
- Télécharger la vidéo « cycloïde » en cliquant sur le qr-code ci-contre.
- Cliquer sur l'icône « fichier » puis « ouvrir fichier » et sélectionner la vidéo précédente.
- Lire la vidéo en cliquant sur la flèche verte en bas à gauche.



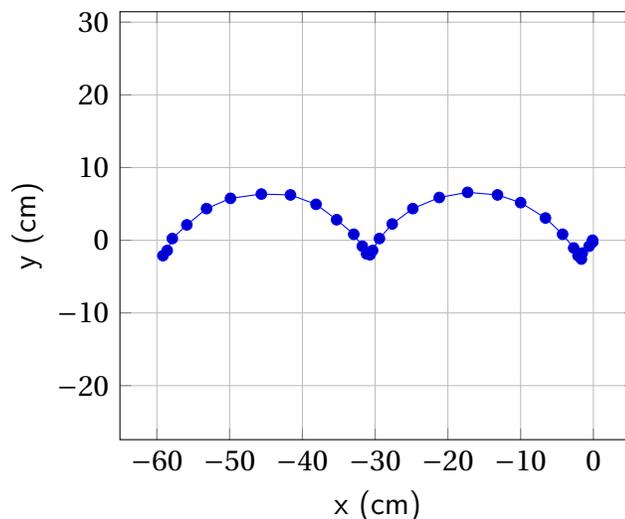
- Faire une rotation à la vidéo si nécessaire: « video → filtres → Nouveau → Pivoter ».
- Retourner au début de la vidéo sur la 1^{ère} image (bouton )
- Ajuster l'image de départ et de fin: déplacer le curseur (bouton ) sur l'image d'intérêt puis clic droit « Définir l'image de départ ici » et pour l'image de fin « Définir l'image de fin ici ».
- Étalonner la chronophotographie en cliquant sur « Ruban avec rapporteur d'angle → Nouveau → Bâton de calibration » (bouton ). Sélectionner un point de départ et de fin (en faisant "shift + clic"). On ajustera la valeur de la longueur du bâton. Ici, on considère que le diamètre de la roue est de 10 cm.
- Afficher le système d'axes en cliquant sur le bouton  . Choisir l'origine sur la position de la valve avant le mouvement. Choisir des axes orientés vers la gauche et vers le haut.
- Ajouter des points à la trajectoire: « Trajectoire → Nouveau → Masse ponctuelle → "shift + clic" sur les positions de la balle ».

Il s'agit maintenant de tracer la trajectoire du point blanc (de la valve) dans le référentiel terrestre

- Ouvrir *excel* et importer les valeurs de *tracker* en copiant collant le tableau en bas à droite.
- Tracer la courbe y en fonction de x qui correspond à la trajectoire du point blanc dans le référentiel terrestre (ce qu'un observateur immobile voit). Pour cela :
 - Sélectionner uniquement les colonnes x et y.
 - Cliquer sur l'onglet « Insertion », puis dans la partie « Graphiques », choisir « Nuage de points ».
 - Double-cliquer sur le titre du graphique pour le modifier et noter : « trajectoire de la valve dans le référentiel terrestre » et indiquer vos noms.

11. Quelle est la trajectoire de la valve dans le référentiel terrestre ?

Solution: Dans le référentiel terrestre, on retrouve bien les demi-cercles consécutifs.



12. Quelle serait la trajectoire de la valve dans le référentiel du vélo ?

Solution: Dans le référentiel du vélo, la trajectoire de la valve serait circulaire.

13. Quelle serait la trajectoire de la valve dans le référentiel de... la valve ?

Solution: Dans le référentiel de la valve, la valve est immobile.

Bonus: Tracé de la trajectoire de la valve dans le référentiel du vélo

Pour les plus avancés, vous pourrez tracer la trajectoire de la valve dans le référentiel du vélo.



Pour cela, il faut repérer la trajectoire du centre de la roue en fonction du temps à l'aide de *tracker*.

- Repérer la position du centre de la roue dans *tracker*, puis exporter les données.
- Importer les coordonnées (x_2, y_2) du vélo et les placer dans deux colonnes à côté des coordonnées (x_1, y_1) de la valve.
- Calculer des nouvelles coordonnées $(x_2 - x_1, y_2 - y_1)$ puis tracer $y_2 - y_1 = f(x_2 - x_1)$.

14. Quelle est la trajectoire de la valve dans le référentiel du vélo ? Vérifier votre réponse à la question 12.

Solution: Dans le référentiel du vélo, la valve a bien une trajectoire circulaire:

