

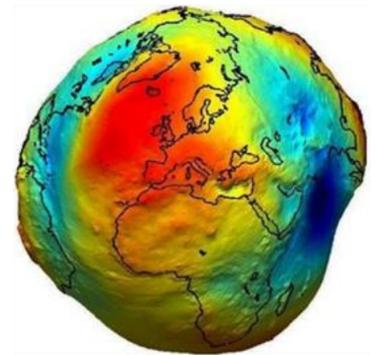
Nom:..... Prénom:..... Classe:..... Date:

Mesure de l'intensité du champ de pesanteur	
✔ Objectifs	👤 Classe
<input type="checkbox"/> 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. <input type="checkbox"/> Capacité numérique : 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.	1 ^{ère} Spé
	🕒 Durée
	1 h

Le satellite GOCE

Entre 2009 et 2013, le satellite GOCE^a a cartographié le champ de gravité terrestre avec une résolution spatiale et une précision inégalée. Les mesures ont permis de dresser avec un degré d'exactitude sans précédent le « géoïde » terrestre. Ce géoïde représente la forme théorique de la Terre façonnée uniquement par la gravité.

À Reñaca la valeur mesurée lors de la mission est $g_{GOCE} = 9,81 \text{ N/kg}$.



^a<https://goce.cnes.fr/fr>

Votre mission: mesurer l'intensité du champ de gravitation terrestre à Reñaca et la comparer à celle mesurée par le satellite GOCE.

📄 Document 1: Modélisation des forces de frottements

On peut modéliser les forces de frottements par la relation suivante:

$$f = \frac{1}{2} C_x \rho S v^2 \tag{1}$$

avec

- ρ la masse volumique de l'air;
- S , la surface apparente du corps;
- C_x , le coefficient de résistance aérodynamique;
- v , la vitesse de l'objet.

1 Chronophotographie

On étudie dans cette partie la chute d'une balle dans l'air. Suivre le protocole suivant:



Protocole expérimental

- Choisir un binôme.
- Choisir une balle.
- Se placer au premier étage du hall pour l'un, en bas pour l'autre.
- Placer une règle graduée verticalement.
- Placer un de vos smartphone verticalement afin de filmer toute la chute de la balle. Attention, la règle devra apparaître sur les images de la vidéo.
- Lancer la prise d'images puis lâcher la balle.
- Finaliser la vidéo. L'envoyer sur votre boîte mail afin de pouvoir la télécharger depuis les ordinateurs du laboratoire.
- Ouvrir le logiciel *Tracker*.
- Enregistrer le projet sous le nom "nom1Prenom1_Nom2Prenom2_Classe". ⚠ Enregistrer régulièrement le projet car il arrive au logiciel de crasher !
- Cliquer sur l'icône « fichier » puis « ouvrir fichier ». Sélectionner votre vidéo.
- Lire la vidéo en cliquant sur la flèche verte en bas à gauche.
- Faire une rotation à la vidéo si nécessaire: « video → filter → rotate ».
- 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 ». On choisira comme image de départ le moment où la balle quitte la main et comme image de fin le moment où la balle touche le sol.
- Étalonner la chronophotographie en cliquant sur « Créer → Outils de calibration → 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.
- Afficher le système d'axes en cliquant sur le bouton  . Choisir l'origine sur la position de la balle sur la première image. Choisir des axes orientés vers la droite et vers le haut.
- Ajouter des points à la trajectoire: « Créer → Masse ponctuelle → "shift + clic" sur les positions de la balle ». Suivre ainsi la trajectoire entière.
- Dans la partie graphique de droite, choisir en cliquant sur le nom des axes y en ordonnées et x en abscisses: on obtient la trajectoire du mouvement.

2 Post-traitement des données

1. Rappeler la définition de la chute libre.

Solution: Une chute est dite libre si la seule force s'exerçant sur le système est **son poids**.

2. Faire un bilan de forces. D'après vous, l'une des forces est-elle négligeable par rapport à l'autre ? Est-on dans un cas de chute libre ?

Solution: Deux forces s'appliquent sur le système: le poids et les forces de frottements.

On peut négliger les forces de frottements, car la vitesse du système est faible (comme f est proportionnelle au carré de la vitesse) et son diamètre petit (comme f est proportionnelle à la surface apparente).

3. Parmi les objets proposés, lesquels sont les plus adaptés pour étudier un mouvement de chute libre ? Justifier.

Solution: Il faut un objet de petite taille ou "aérodynamique", de telle manière que les forces de frottements seront négligeables par rapport au poids. On peut choisir une balle de petit diamètre.

4. D'après la trajectoire affichée, quelle est la nature du mouvement ? Justifier.

Solution: Le mouvement est rectiligne accéléré.

5. Déterminer une relation entre le vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}$, la durée Δt entre la prise d'image et l'intensité de la pesanteur \vec{g} .

Solution: D'après la deuxième loi de Newton,

$$\begin{aligned}\sum \vec{F} &= m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \\ \vec{P} &= m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \\ m \vec{g} &= m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \\ \vec{g} &= \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}\end{aligned}$$

- Sélectionner maintenant v_y en ordonnées et t en abscisses.

6. Le logiciel *tracker* utilise une méthode similaire à celle utilisée dans le cours pour calculer la vitesse en chaque point ($V_i = M_i M_{i+1} / \Delta t$). Décrire l'évolution de la vitesse au cours du temps.

Solution: La vitesse est croissante au cours du temps et évolue linéairement par rapport au temps.

7. La vitesse atteint-elle une limite ? (on appelle cela une asymptote en mathématiques). Au bout de combien de temps ?

Solution: La vitesse n'atteint pas de limite.

8. Si la réponse précédente est positive, tentez une explication pour expliquer pourquoi la vitesse ne croît plus.

Solution: Les forces de frottements compensent le poids donc $\sum \vec{F} = \vec{0}$ et la variation de vitesse devient nulle: la vitesse est donc constante.

9. Imprimer la chronophotographie (si possible) et calculer la vitesse instantanée en deux points consécutifs. Puis calculer la variation de vitesse au niveau du dernier point.

Solution:

10. En déduire la valeur de l'intensité de la pesanteur.

Solution:

$$m \vec{g} = m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

$$\|\vec{g}\| = \frac{\|\Delta \vec{v}\|}{\Delta t}$$

À l'aide de la chronophotographie, on établit que $\|\Delta \vec{v}\| = 0,35 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

$$\|\vec{g}\| = \frac{\|\Delta \vec{v}\|}{\Delta t}$$

$$= \frac{0,35 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{0,036 \text{ s}}$$

$$\|\vec{g}\| = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

3 Post-traitement à l'aide de python

- Dans *tracker*, exportez vos coordonnées en choisissant comme séparateur dans le fichier texte un **point-virgule**.
- Vérifier dans le fichier texte que le marqueur des décimales est un point. Si c'est une virgule, remplacer l'ensemble des virgules par un point.
- Connectez-vous dans *Capytale* en cliquant sur le qrcode suivant.
- Uploadez votre fichier texte contenant les coordonnées de la chronophotographie.
- Adaptez le nom de ce fichier dans le programme python afin qu'il puisse être ouvert.
- Testez le programme. Si une erreur apparaît, voir la question suivante.



https:

//capytale2.ac-paris.fr/web/c/772e-6953141

11. Compléter le programme ligne 54 afin de pouvoir calculer correctement la variation de vitesse verticale. Écrire la ligne de code ici.

Solution:

$$v_y_i = (Y[i+1] - Y[i]) / (T[i+1] - T[i])$$

Listing 1: Code python permettant le calcul de la coordonnée verticale de la vitesse

12. Choisir maintenant l'option 3 de "plotldx" (ligne 11). Vérifier le calcul de g effectué à la main grâce au résultat donné dans la console.

Solution: Le résultat dans la console donne $\|\vec{g}\| = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, ce qui confirme la valeur trouvée précédemment.