

Capacités - Exploiter numériquement des résultats expérimentaux pour valider le modèle de la chute libre
exigibles : - Confronter un modèle à des résultats expérimentaux

Dans ce TP, on étudiera les durées de chute de différentes balles (golf, tennis, ping-pong) lâchées d'une certaine hauteur (depuis les étages du lycée). Le but de ce TP est de répondre à la problématique :

A quelles conditions le modèle de la chute libre est-il valable à la surface de la Terre ?

Partie 1. Réflexions préliminaires sur le choix du modèle

- ☞ 1. On considère le système {balle} étudié dans le référentiel terrestre.
- Quelle est, a priori, la trajectoire du système lors de la chute ?
 - Quelles sont toutes les forces susceptibles de s'exercer sur le système lors de la chute ?

Afin de simplifier l'étude mécanique de cette chute, le **modèle de la chute libre** décrit dans le doc.1 sera utilisé.

- ☞ 2. En quoi ce modèle permet-il de simplifier l'étude ? Préciser en particulier quelles informations sont ignorées en utilisant ce modèle.

Document 1. Extrait des recherches sur Wikipedia sur le modèle de la chute libre.

Le modèle de la chute libre sans vitesse initiale est le mouvement d'un objet uniquement soumis à la pesanteur. En première approximation, le concept de chute libre s'applique aussi à la chute d'un objet dans l'atmosphère, les forces autres que le poids (poussée d'Archimède, résistance de l'air...) étant souvent négligeables.

On peut alors montrer que la durée de chute t d'un objet est proportionnelle à la racine carrée de l'altitude z_0 à laquelle il a été lancé, soit $t = \sqrt{\frac{2 \times z_0}{g}}$ avec g l'intensité de la pesanteur ($g \approx 9,8 \text{ m.s}^{-2}$).

- ☞ 3. Utiliser ce modèle pour calculer la durée de chute **théorique** notée t_{mod} . Compléter le tableau suivant :

Modèle théorique de la chute libre		
z_0 (en m)	$\sqrt{z_0}$ (en $\sqrt{\text{m}}$)	t_{mod} (en s)
1 ^{er} étage : 4,60 m		
2 ^{ème} étage : 8,50 m		
3 ^{ème} étage : 12,50 m		

- ☞ 4. Ce modèle théorique dépend-t-il de la masse ou du type de balle utilisée ?

Partie 2. Réalisation des mesures

Vous disposez de 20 minutes pour effectuer de nombreux lâchers de balles, successivement depuis le 1^{er} étage, le 2^{ème} et enfin depuis le 3^{ème} étage (voir partie 2).

Document 2. Conditions expérimentales et protocole

☞ Un élève, seul, muni de 8 balles de chaque sorte, se place au niveau du palier du 1^{er} étage des escaliers du lycée. Tous les autres camarades se placent en bas des escaliers, au niveau du rez-de-chaussée muni d'un chronomètre, d'un stylo et de leur sujet. Une fois que tous les chronométristes sont prêts, le lanceur entame un décompte 3,2,1...0 ! et lâche la balle depuis le haut de la rambarde (attention à être précis), c'est-à-dire depuis une hauteur z_0 déjà mesurée par le professeur. Tous les autres élèves déclenchent leur chronomètre. Au moment de l'impact au niveau du sol (protégé par un gros coussin en mousse), tous arrêtent le chronomètre. **Chacun des élèves-chronométristes note sur SA feuille la durée de chute mesurée.** L'expérience est reconduite avec une seconde balle identique, puis une troisième...

- ☞ Une fois les 8 mêmes balles lancées, on recommence une série avec un autre type de balle.
- ☞ Quand le lanceur a lâché toutes ses balles, il redescend et vient toutes les récupérer et il passe à l'étage supérieur. ET ON RECOMMENCE pour une nouvelle série de lâchers. Enfin, ON TERMINE par le dernier étage avec une nouvelle série de lâchers.



Mesures réalisées : Attention ! Si une mesure a été ratée ou vous paraît aberrante, supprimez-la (rayez-la).

Élève N°

1 ^{er} étage : hauteur $z_0 = 4,60$ m		2 ^{ème} étage : hauteur $z_0 = 8,50$ m		3 ^{ème} étage : hauteur $z_0 = 12,50$ m	
Balle de tennis	Balle de ping-pong	Balle de tennis	Balle de ping-pong	Balle de tennis	Balle de ping-pong
Durée de chute t_{exp}	Durée de chute t_{exp}	Durée de chute t_{exp}	Durée de chute t_{exp}	Durée de chute t_{exp}	Durée de chute t_{exp}
Toutes les durées sont exprimées en s.					

☞ Chaque élève rentre ensuite dans un tableur collaboratif, depuis son propre poste informatique, chacune de ses durées mesurées afin de réaliser un traitement statistique des données : <https://bit.ly/TP3Atemps>

Partie 3. Exploitation des résultats expérimentaux

Chaque binôme s'occupera du traitement statistique d'une balle en particulier à une certaine hauteur.

☞ 5. Pour la balle et la hauteur choisie, copier-coller toutes les données dans *Regressi* (Nouveau/presse-papier) et tracer un histogramme (statistique). Utiliser la NOTICE en lien : <https://bit.ly/TUTOhisto>

Déterminer alors

la valeur moyenne $\overline{t_{exp}}$:

l'écart-type σ :

le nombre de mesures réalisées (correspondant à la taille) : $n =$

Calculer : $U(t_{exp})$ l'incertitude-type sur t_{exp} : $U(t_{exp}) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} =$

Ecrire la durée de chute sous la forme : $t_{exp} = \overline{t_{exp}} \pm U(t_{exp}) = \dots \pm \dots$ ($\pm$ signifie plus ou moins)

☞ 6. Compléter le tableau ci-dessous à l'aide des résultats des autres binômes :

Valeurs expérimentales moyennes										Quest. 3 ↓ t_{mod} (en s)
hauteur	golf			tennis			ping-pong			
z_0 (en m)	$\overline{t_{exp}}$ (en s)	$U(t_{exp})$	VAL	$\overline{t_{exp}}$ (en s)	$U(t_{exp})$	VAL	$\overline{t_{exp}}$ (en s)	$U(t_{exp})$	VAL	
4,60	0,84	0,03								
8,50	1,24	0,03								
12,50	1,58	0,02								

☞ 7. La durée de chute théorique t_{mod} est-elle comprise dans l'intervalle $[\overline{t_{exp}} - U(t_{exp}) ; \overline{t_{exp}} + U(t_{exp})]$?

Remplir les cases **VAL** : oui si $t_{mod} \in [\overline{t_{exp}} - U(t_{exp}) ; \overline{t_{exp}} + U(t_{exp})]$ ou non si ce n'est pas le cas.

Le modèle de la chute libre décrit-il correctement le mouvement de chute d'une balle quelle que soit la balle ? quelle que soit l'altitude du lâcher ?

☞ 8. Conclure sur les limitations du modèle. En particulier, dire quelles sont les hypothèses du modèle qui ne semblent plus convenir. Proposer une explication.

☞ 9. POUR LES PLUS RAPIDES : A l'aide d'un tableur (*Regressi* ou *Calc*) ou de votre calculatrice, tracer, sur un même graphique, les représentations graphiques $t_{exp} = f(\sqrt{z_0})$ et $t_{mod} = f(\sqrt{z_0})$.