

Savoir faire
un compte-rendu de TP
Smartphonique

Licence L2 - 2018-2019

Julien Bobroff et Frédéric Bouquet

UE Smartphonique

Calcul de l'accélération de la pesanteur à l'aide de l'application Phyphox dans le cadre du modèle Newtonien de la gravité

Introduction

Ce rapport a pour but de présenter les résultats d'une expérience menée le 01/02/2019. L'objectif du travail expérimental qui suit est de développer une méthode nous permettant de calculer l'accélération de la pesanteur, afin de répondre à la problématique suivante : Le modèle Newtonien de la gravité est-il vérifié expérimentalement ?

Pour ce faire, nous avons utilisé l'application Phyphox avec le capteur « accélération (without g) » qui permet de mesurer l'accélération subie par un smartphone en chute libre.

Nous avons donc réalisé une série de mesures du temps de chute dans le cas de chutes libres sans vitesses initiales pour trois altitudes initiales (z_0) différentes (dans le but de tester le modèle qui nous permet de calculer l'accélération de la pesanteur g), ainsi que deux séries de mesures par valeur de z_0 (afin de tester la reproductibilité du modèle en réduisant au minimum les sources d'incertitudes sur les mesures en effectuant l'expérience un « grand » nombre de fois).

Grâce à l'application nous pourrions déterminer le temps de chute du smartphone et ainsi obtenir des valeurs expérimentales de l'accélération de la pesanteur grâce au modèle théorique de la chute libre d'un corps.

I. Protocole expérimental et méthode d'extraction des données

Nous nous plaçons à différentes hauteurs z_0 et lâchons le téléphone. Un système d'amortisseur est placé au sol, comme l'illustre la figure 1.

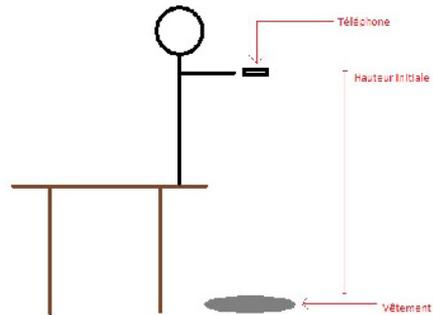


Figure 1: schéma du dispositif expérimental

Introduction

Ce rapport a pour but de présenter les résultats d'une expérience menée le 01/02/2019. L'objectif du travail expérimental qui suit est de développer une méthode nous permettant de calculer l'accélération de la pesanteur, afin de répondre à la problématique suivante **Le modèle Newtonien de la gravité est-il vérifié expérimentalement ?**

Pour ce faire, nous avons utilisé l'application Phyphox avec le capteur « accélération (without g) » qui permet de mesurer l'accélération subie par un smartphone en chute libre.

Nous avons donc réalisé une série de mesures du temps de chute dans le cas de chutes libres sans vitesses initiales pour trois altitudes initiales (z_0) différentes (dans le but de tester le modèle qui nous permet de calculer l'accélération de la pesanteur g), ainsi que deux séries de mesures par valeur de z_0 (afin de tester la reproductibilité du modèle en réduisant au minimum les sources d'incertitudes sur les mesures en effectuant l'expérience un « grand » nombre de fois).

Grâce à l'application nous pourrions déterminer le temps de chute du smartphone et ainsi obtenir des valeurs expérimentales de l'accélération de la pesanteur grâce au modèle théorique de la chute libre d'un corps.

problématique clairement posée

I. Protocole expérimental et méthode d'extraction des données

Nous nous plaçons à différentes hauteur z_0 et lâchons le téléphone. Un système d'amortisseur est placé au sol, comme l'illustre la figure 1.

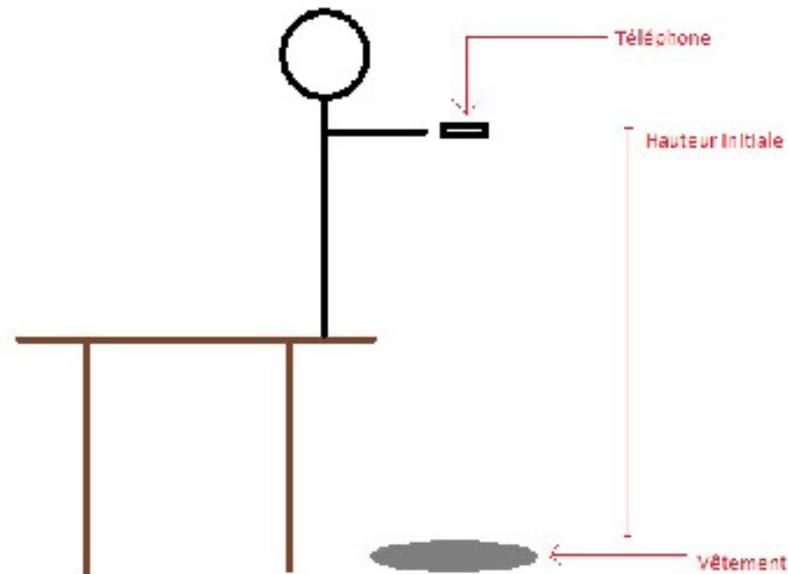
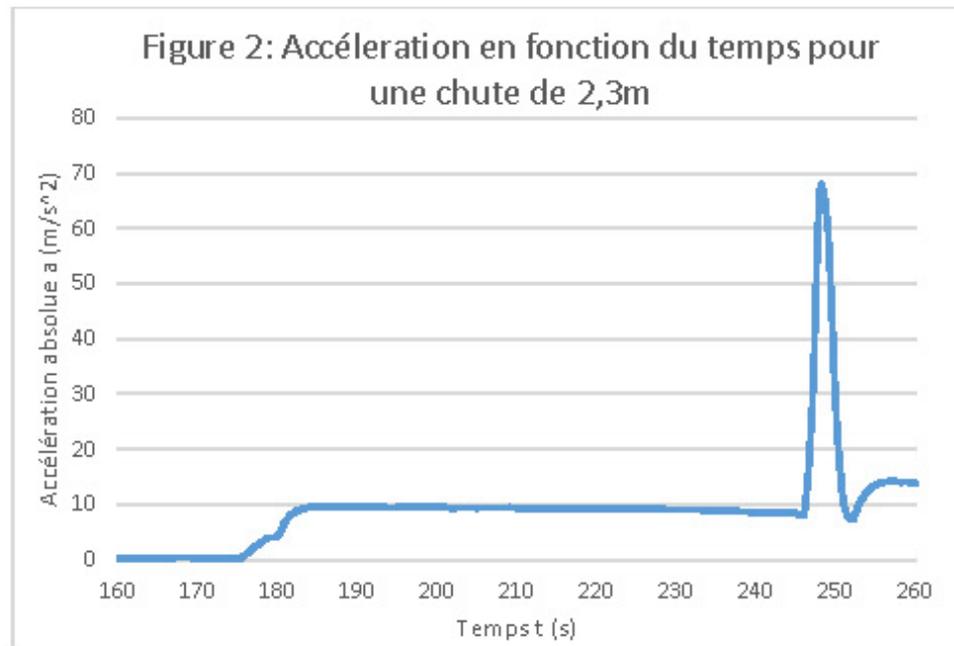


Figure 1: schéma du dispositif expérimental

schéma de l'expérience clair

L'application crée ensuite un graphique (figure 2) représentant l'accélération en fonction du temps.



Sur la figure 2, le moment auquel le téléphone est lâché correspond à $t_1=175s$ (l'accélération augmente progressivement jusqu'à un plateau autour de $a=10$). L'arrêt du téléphone par le sol correspond à l'instant $t_2=245s$. En effet, l'accélération absolue augmente brusquement, ce qui correspond au freinage brusque du téléphone par le sol.

exemple de mesure « brute » avant analyse
et description de la courbe et commentaire
sur son sens

Accélération du téléphone en fonction du temps

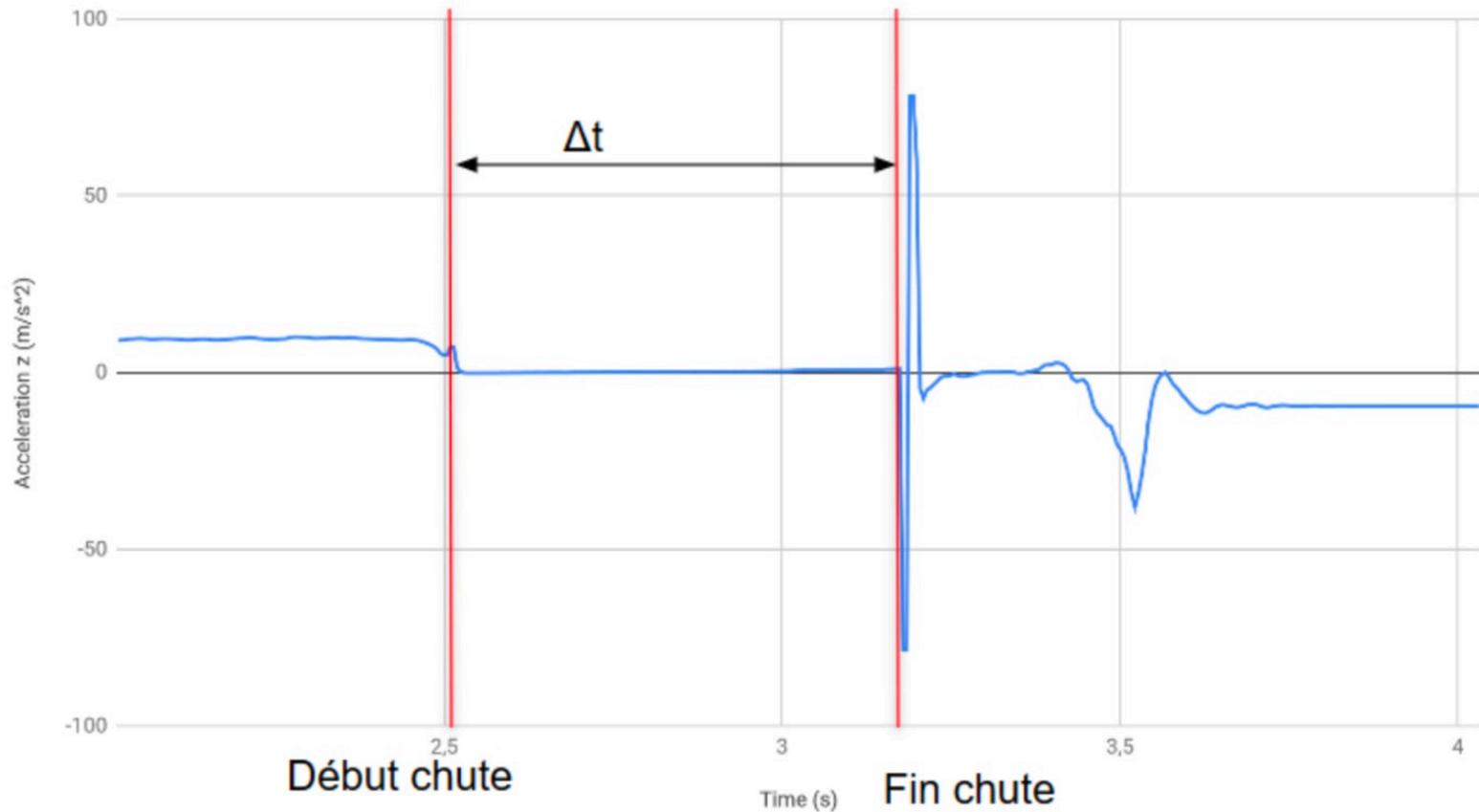


FIGURE 2 – Exemple de graphe donné par l'application

encore mieux : on précise comment on utilise cette mesure brute pour l'analyse et description de la courbe et commentaire

II. Présentation du modèle théorique

Arrivé à ce point de la démarche, il nous faut présenter le modèle théorique qui nous permettra de déduire l'accélération de la pesanteur g de nos données expérimentales, pour cela nous utiliserons le modèle Newtonien de la gravité.

Pour obtenir la relation entre g , z_0 , et Δt , il faut partir du principe fondamental de la dynamique projeté sur l'axe Oz appliqué au téléphone de masse m soumis à son seul poids :

$$P = ma$$

Avec a l'accélération du téléphone, m sa masse et P son poids. On remplace P par la valeur qui nous est donnée par la théorie Newtonienne de la gravité :

$$mg = ma$$

Ainsi, les m se simplifient et on trouve que l'accélération du téléphone est égale à l'accélération de la pesanteur g :

$$a = g$$

Par intégrations successives (l'accélération étant la dérivée de la vitesse par rapport au temps, elle-même étant la dérivée de la position par rapport au temps), on trouvera l'équation du mouvement : une fonction qui nous donne l'altitude z en fonction du temps t .

$$v = v(t=0) + gt$$

(La vitesse initiale est nulle)

$$z = z(t=0) - \frac{1}{2}gt^2$$

Soit

$$z = z_0 - \frac{1}{2}gt^2$$

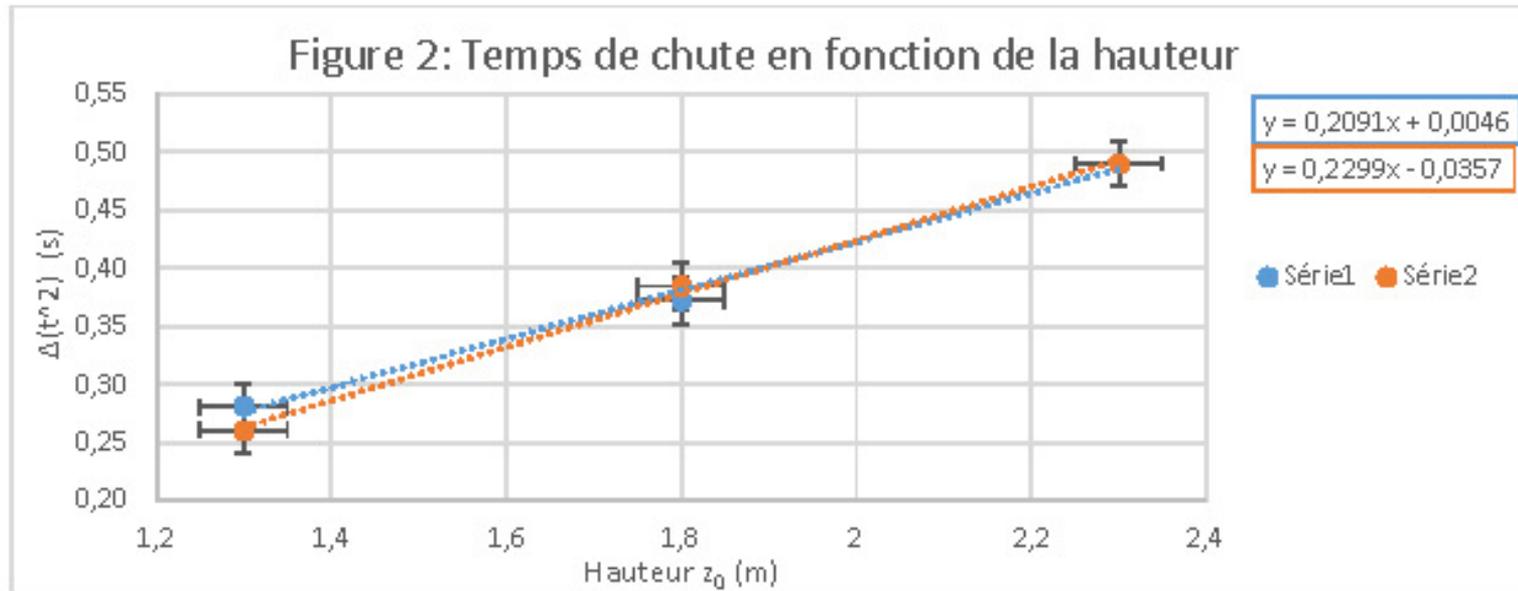
Comme nous mesurons le temps de chute depuis l'altitude initiale z_0 jusqu'au sol, on prendra $z=0$ et t le temps de la chute. Ainsi nous pouvons écrire l'équation qui nous permet de calculer g à partir des résultats expérimentaux :

$$g = \frac{2z_0}{t^2}$$

présentation
de la théorie
claire, peut-
être un peu
trop détaillée.

III. Présentation et analyse des résultats expérimentaux

Notre but étant de déterminer si le modèle Newtonien est valide nous réalisons la figure 2 présentant nos résultats expérimentaux pour les deux séries de mesures. Cette figure va nous permettre d'étudier la reproductibilité et la validité du modèle.



Nous avons tracé Δt^2 en fonction de z_0 afin d'obtenir une relation linéaire : $\Delta t^2 = \frac{2}{g} z_0$, la pente

- présentation résultats et test du modèle :
- datas expérimentaux en « points » avec barres d'erreur
 - ajustement (fit, courbe de tendance) en trait continu

Nous avons tracé Δt^2 en fonction de z_0 afin d'obtenir une relation linéaire : $\Delta t^2 = \frac{2}{g} z_0$, la pente correspondant ainsi à $\frac{2}{g}$. Il nous est donc facile de déterminer g pour les deux séries de mesures. Nous observons que pour une même valeur fixée de la hauteur les points expérimentaux des deux séries de mesure concordent, la reproductibilité du modèle est donc validée.

De plus en faisant varier la hauteur nous observons que les points expérimentaux peuvent être approximés par une droite, cela correspond à la relation linéaire attendue par le modèle.

Nous effectuons un ajustement linéaire pour les deux séries de mesures. Grâce à la pente de ces deux ajustements linéaires nous obtenons les valeurs suivantes de g :

$$\text{Première série de mesure : } g_{exp} = \frac{2}{0,2091} = 9,56 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Seconde série de mesure : } g_{exp2} = \frac{2}{0,2299} = 8,69 \text{ m/s}^2$$

Nous remarquons pour la première série nous sommes assez proche de la valeur attendue, l'écart entre la valeur théorique attendu qui est $g_{théorique} = 9,81 \frac{m}{s^2}$ et la valeur expérimentale peut s'expliquer par les incertitudes. Cependant pour la deuxième série nous sommes plus éloignés de la valeur attendue, cela peut être dû aux incertitudes mais également au fait qu'assimiler des points expérimentaux à une droite n'est pas optimal.

- justification du choix du tracé
- discussion de la validité du modèle
- analyse des valeurs extraites de l'ajustement – comparaison avec valeurs connues dans la littérature

En utilisant la relation $g = \frac{2z}{\Delta t^2}$ nous obtenons les résultats suivants :

Hauteur z_0 (m)	Valeur de g (m/s^2)	
	1 ^{ère} Série de mesures	2 ^{ème} Série de mesure
2,30	9,38	9,38
1,80	9,67	9,36
1,30	9,25	9,99

Tableau 1 : Valeurs de g en fonction de z_0

En calculant g directement nous obtenons des résultats correspondant à la valeur attendue en tenant compte des incertitudes. La valeur de g reste dans l'ordre de grandeur attendu lorsque l'on fait varier la hauteur.

Nos résultats expérimentaux concordent bien avec le modèle théorique attendu, lorsque nous ne faisons pas d'approximation par une droite. Nous pouvons donc dire que le modèle théorique est validé expérimentalement.

- attention, le calcul direct de g à partir d'un point est moins précis que tenir compte de toutes les mesures via l'ajustement.

Conclusion

Lors de ce travail nous avons souhaité déterminer expérimentalement l'accélération de la pesanteur terrestre g afin de vérifier la théorie newtonienne de la chute des corps. Nous obtenons une valeur de $g = 9,50 \frac{m}{s^2}$ ce qui correspond à la valeur attendue en tenant compte des incertitudes. Nous pouvons donc dire que nous avons vérifié et validé expérimentalement le modèle Newtonien de la gravité.

Les incertitudes sur les mesures proviennent essentiellement de l'inclinaison du mètre lors de la mesure de la hauteur initiale et du fait que le smartphone n'est pas un objet ponctuel contrairement à la considération faite dans les équations de Newton. L'inclinaison dans l'air du téléphone peut également modifier la hauteur parcourue par le capteur dans sa chute et donc également modifier les résultats obtenus. Néanmoins, en considérant la précision des résultats expérimentaux, on en conclut que cette erreur peut être négligée.

Nous pourrions améliorer la précision de nos résultats en travaillant avec un accéléromètre plus ponctuel, et en effectuant un plus grand nombre de mesures expérimentales afin de disperser au maximum les incertitudes.

Par ailleurs, choisir un amortisseur plus droit pour faciliter la mesure de la hauteur initiale et mesurer cette hauteur à l'aide d'un dispositif plus rigide qu'un mètre de sorte qu'il soit plus droit par rapport au sol permettrait d'augmenter d'avantage la précision des mesures.

conclusion : revient bien sur la problématique initiale.
Discussion sur les sources d'erreur et améliorations possibles.

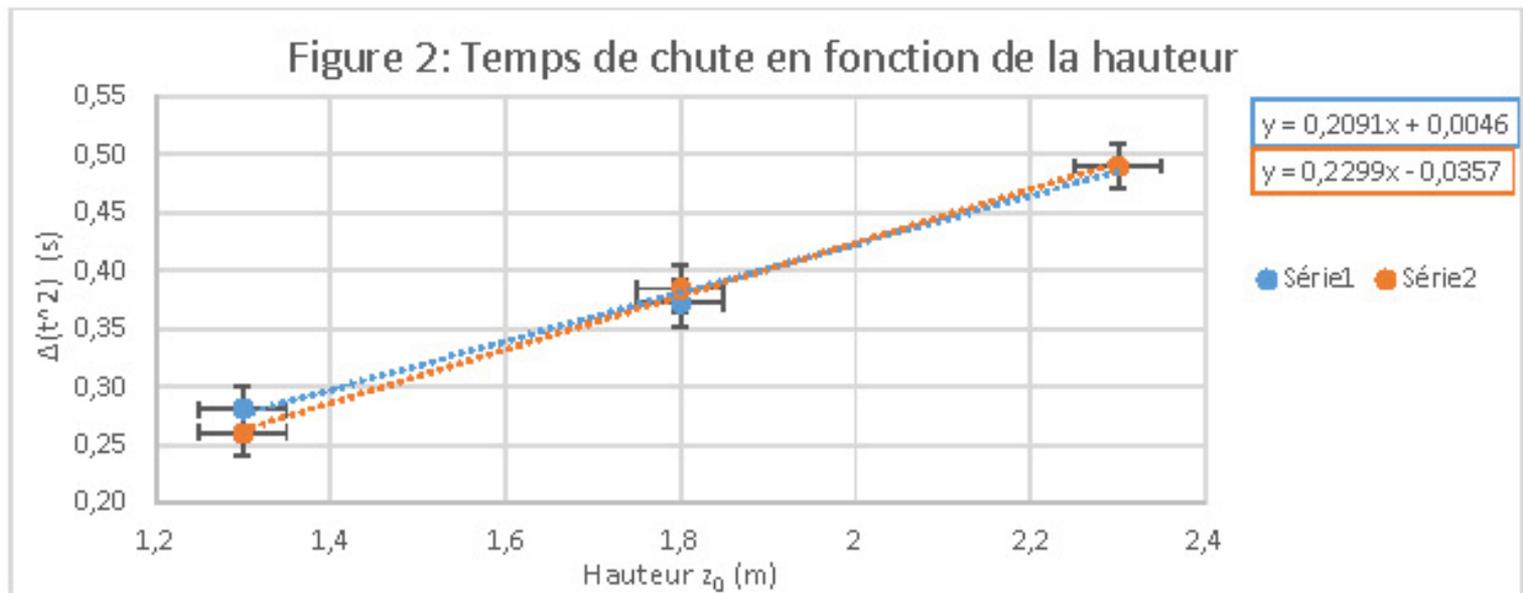
Comment analyser le data ?

chiffres significatifs : doivent être compatibles avec l'incertitude

$$g=9,5637 \pm 0,04 \text{ m/s}^2$$

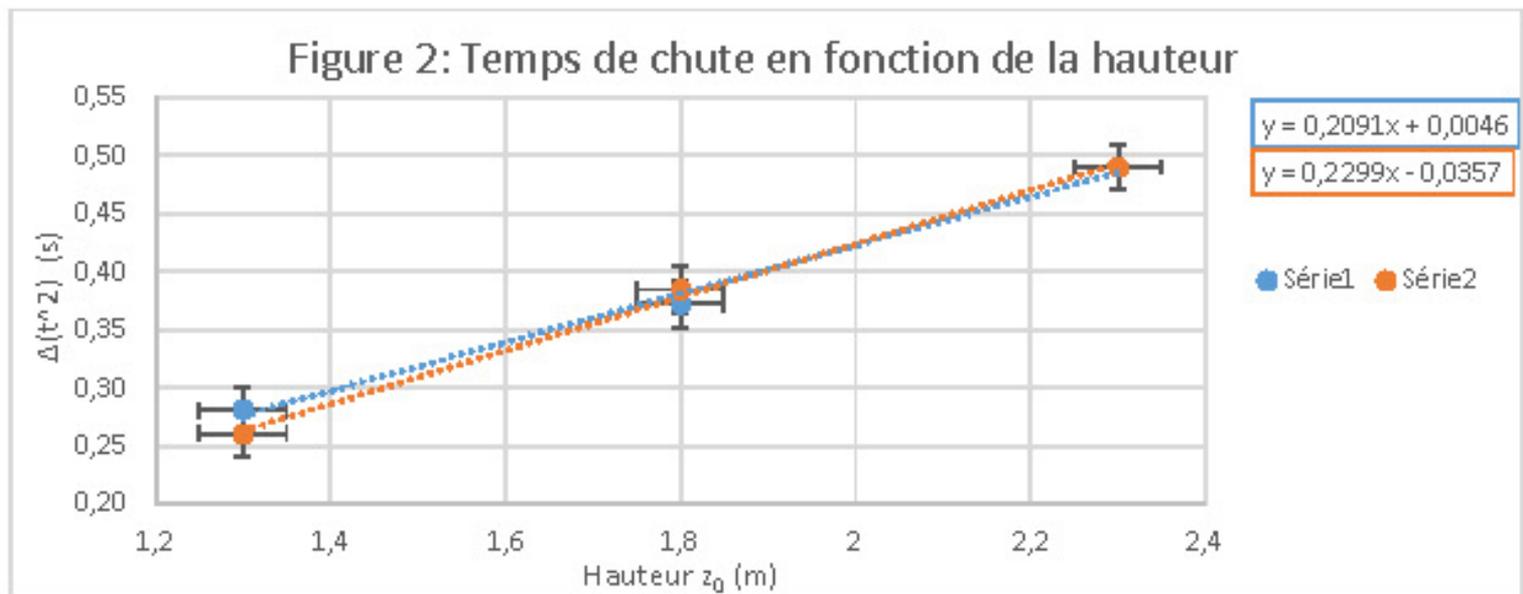
non : seulement 2 chiffres significatifs

correction : $g=9,56 \pm 0,04 \text{ m/s}^2$



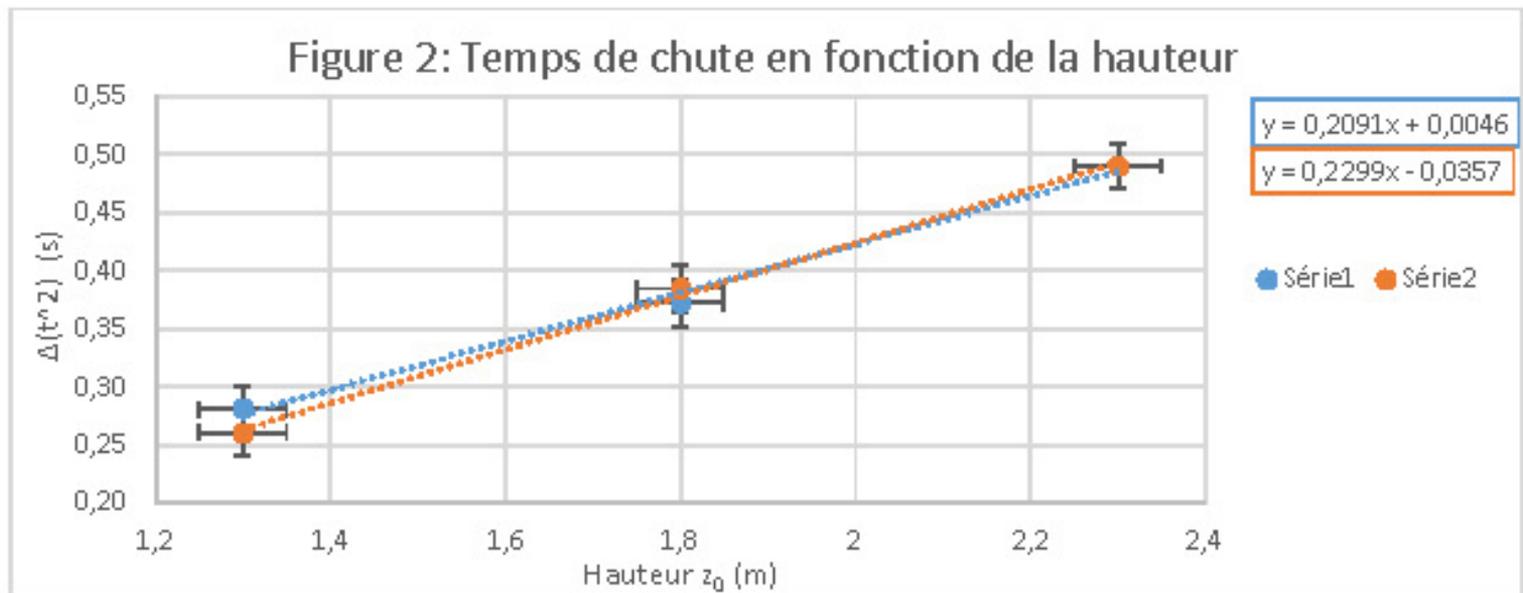
Nous avons tracé Δt^2 en fonction de z_0 afin d'obtenir une relation linéaire : $\Delta t^2 = \frac{2}{g} z_0$, la pente

- 1) décrire qualitativement le résultat avant l'analyse :
 « On observe un comportement linéaire pour t^2 en fonction de z »



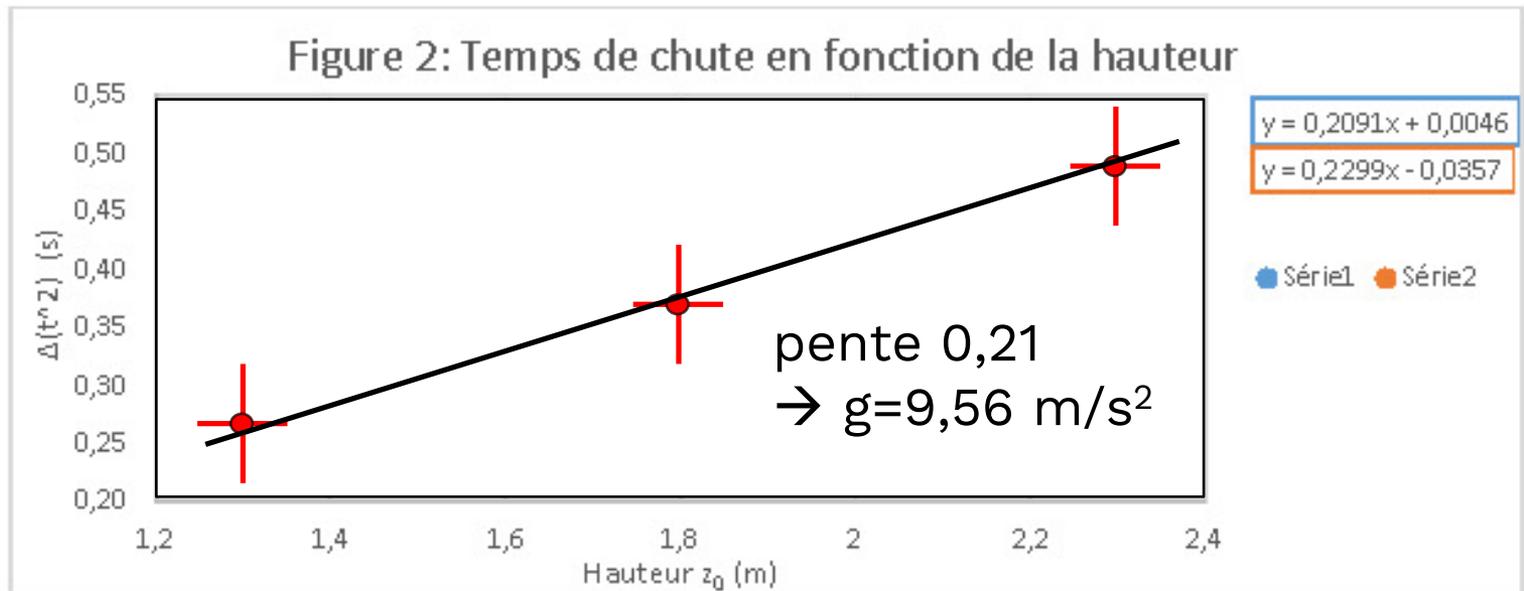
Nous avons tracé Δt^2 en fonction de z_0 afin d'obtenir une relation linéaire : $\Delta t^2 = \frac{2}{g} z_0$, la pente

2) comparaison quantitative data et modèle :
 « L'ajustement linéaire est compatible avec le data vu les incertitudes donc le modèle de la chute des corps z proportionnel à t^2 décrit bien les résultats expérimentaux. »



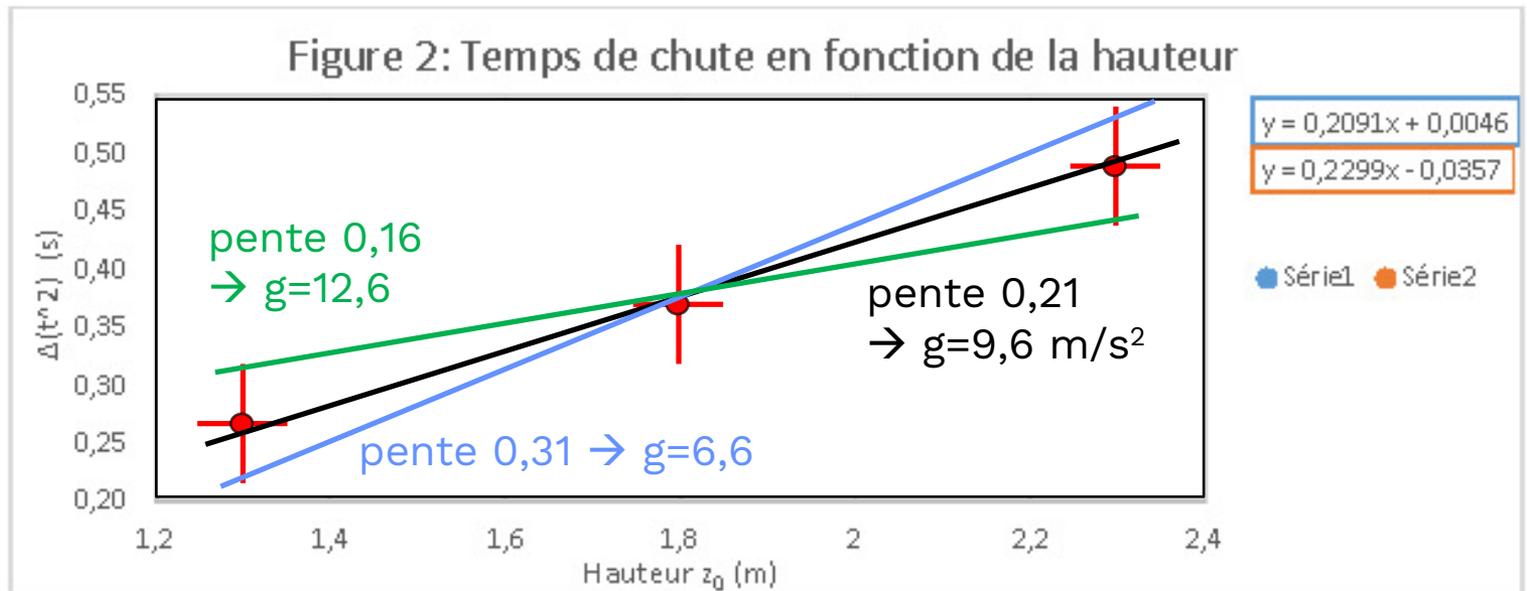
Nous avons tracé Δt^2 en fonction de z_0 afin d'obtenir une relation linéaire : $\Delta t^2 = \frac{2}{g} z_0$, la pente

3) mesure de g :
 d'après la pente de l'ajustement
 Ici $y=0,2091 x$ d'où $g=9,56\text{m/s}^2$



Nous avons tracé Δt^2 en fonction de z_0 afin d'obtenir une relation linéaire : $\Delta t^2 = \frac{2}{g} z_0$, la pente

4) incertitudes sur g : chercher les ajustements extrêmes autorisés par les incertitudes



Nous avons tracé Δt^2 en fonction de z_0 afin d'obtenir une relation linéaire : $\Delta t^2 = \frac{2}{g} z_0$, la pente

3) incertitudes sur g : chercher les ajustements extrêmes autorisés par les incertitudes

Ici g compris entre 6,6 et 12,6 : $g=9,6 \pm 3,0 \text{ m/s}^2$

Hauteur (m)	Temps de chute (s)	Valeur de g m/s ²
1,9 ± 0,05	0,64 ± 0,05	9,25 ± 0,18
	0,61 ± 0,05	10,21 ± 0,19
	0,62 ± 0,05	9,88 ± 0,18
1,7 ± 0,1	0,57 ± 0,05	10,46 ± 0,20
	0,59 ± 0,05	9,76 ± 0,19
	0,59 ± 0,05	9,76 ± 0,19
1,5 ± 0,1	0,55 ± 0,05	9,91 ± 0,21
	0,53 ± 0,05	10,67 ± 0,22
	0,55 ± 0,05	9,91 ± 0,21

C'est mieux de déterminer g d'après toutes les mesures via l'analyse précédente qu'individuellement pour chaque point (ou sinon, faire au moins une moyenne de toutes ces déterminations individuelles de g)

CHANGEMENT D'EMPLOI DU TEMPS :

S4 le 1^{er} mar s- pas cours le 22 février