

## Savoirs scientifiques vs croyances

### Scénario pédagogique

Le travail se fait en petits groupes (de préférence 3 à 5 élèves par groupe).

**Durée** : deux heures

Les élèves travaillent sur 3 affirmations (vérités scientifiques ou croyances) :

1. Lorsqu'un corps brûle, le feu qu'il a à l'intérieur s'en échappe. (*hypothèse erronée du phlogistique*)
2. Le son et les communications sont instantanés dans l'espace. (*non, même quand il y en a*)
3. Deux objets lâchés en même temps de la même hauteur arrivent au sol en même temps. (*les frottements peuvent faire une différence*)

### Organisation de la séance

#### Étape 1 : Méthode type *world café*

Dans une salle, 6 tables de travail (îlots) sont mises en place avec une feuille A3 sur chacune. Sur chacune des 6 feuilles A3 est inscrite une des affirmations.

Chaque groupe se positionne sur un îlot et écrit sur l'affiche ce qu'il pense de l'affirmation : « oui, c'est vrai parce que... », « non, c'est faux parce que... », « j'ai vu, j'ai entendu que... » etc.

Les groupes effectuent une rotation d'îlot en îlot toutes les 10 minutes environ pour que chaque groupe ait travaillé sur toutes les affirmations.

Une fois les rotations terminées, les groupes reviennent sur l'îlot de départ. Chaque groupe fait alors un résumé oral pour la classe de la trace écrite laissée par leurs camarades.

## Étape 2 : Analyse des affirmations

Chaque groupe approfondit une affirmation à l'aide de documents supports.

Les élèves d'un groupe s'appuient sur une expérience qu'ils peuvent réaliser. Certaines mesures peuvent être faites à partir d'une application utilisant les capteurs d'un téléphone portable (type Phyphox<sup>1</sup> ou Fizziq<sup>2</sup>), et sur des documents montrant l'évolution des connaissances scientifiques. Le travail à réaliser est guidé par des questions.

## Étape 3 : Présentation du travail

Un élève de chaque groupe présente à l'oral l'ensemble du travail effectué et la conclusion du groupe.

Leur présentation doit montrer les outils nécessaires mobilisés (expériences, données, documents de référence...) pour distinguer ce qui relève de la croyance et du savoir.

## Étape 4 : Bilan

On distribue à chaque groupe un morceau différent d'un puzzle qui représente une étape de la démarche scientifique.

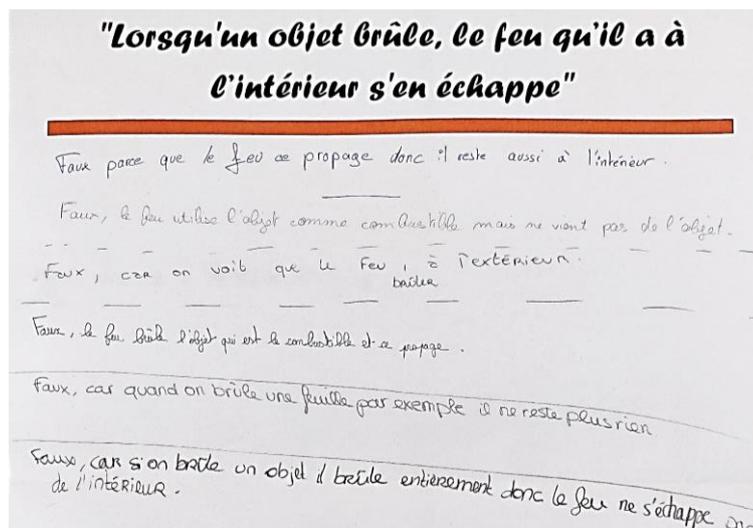
Les élèves discutent entre eux de l'ordre des étapes et symboliquement un membre de chaque groupe apporte sa pièce du puzzle et ils construisent ensemble le document complet.

## Travaux d'élèves et analyse

### Affirmation 1 : Lorsqu'un objet brûle, le feu qu'il a à l'intérieur s'en échappe

#### Analyse disciplinaire

Voici des opinions d'élèves concernant l'affirmation 1 :



<sup>1</sup> <https://phyphox.org/>

<sup>2</sup> <https://www.fizziq.org/>

La phrase originale est : « lorsqu'un corps brûle, le feu fixé dans la matière s'en échappe » en lien avec la théorie d'une substance appelée « phlogistique » contenue dans chaque corps. Elle a été reformulée, avant de la soumettre aux élèves, tout en gardant son sens, car des élèves testeurs assimilaient « corps » à « corps humain ». À l'unanimité, les élèves pensent que l'affirmation est fautive et s'accordent à dire que le feu n'est pas localisé à l'intérieur de l'objet, mais se propage. Cette conclusion leur vient de leur observation. Il est intéressant de voir qu'aucun n'a pensé à la combustion comme étant une transformation chimique en présence de dioxygène pourtant au programme en cycle 4. Cet oubli peut être révélé lors d'une évaluation diagnostique avant le chapitre « D'une espèce chimique à l'autre : la transformation chimique ».

Une analyse des réponses faites à certaines aux questions est réalisée ci-dessous.

**Question 1 :** Faire un bref résumé de l'évolution de la théorie sur la combustion.

En mettant du Mercure dans un récipient fermé relié  
 Plus la flamme va consommer l'oxygène  
 Au XVII<sup>ème</sup> siècle, il pensais que le feu était à l'intérieur  
 des objets (feu fixé) mais au XVIII<sup>ème</sup> siècle, Lavoisier  
 à montrer quand ~~met~~ faisant chauffer du mercure dans un récipient  
 fermé relié dans une cloche disposée au dessus de l'eau et quand  
 une couche rouge apparaît au dessus du mercure, l'eau monte et il  
 n'y a plus d'oxygène, l'oxygène est sur le mercure.

Il semble que les documents et la vidéo n'ont pas été totalement compris. « L'oxygène est sur le mercure » : même si la notion de consommation du réactif semble claire, celle de la transformation chimique ne l'est pas.

Il convient de reprendre les documents, de relever les mots de vocabulaire qui ont pu biaiser la compréhension. Il est également nécessaire de diagnostiquer les difficultés de compréhension de la notion de transformation chimique, notamment avec un QCM, et d'y remédier à l'aide d'une expérience par exemple, comme l'oxydation de la paille de fer.

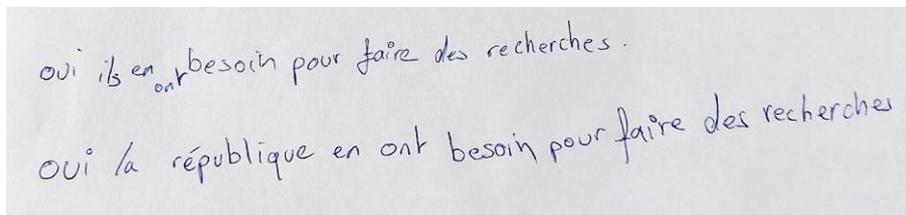
**Question 3 :** Déterminer le pourcentage en gaz « oxygène » puis en gaz « azote » dans le mélange de Lavoisier.

Il y a <sup>83%</sup> 80% d'azote et <sup>17%</sup> 20% d'oxygène.

Les élèves n'ont posé aucun calcul. Dans un premier temps, les élèves ont mobilisé leurs connaissances puis en relisant la consigne, un calcul a été fait avec les données des documents : « le volume d'air, sous la cloche, avait alors diminué de 0,14 L ». La rigueur voudrait que l'expression littérale soit posée, suivie de l'application numérique et d'une phrase répondant à la question.

## Analyse des valeurs de la République

Question 4 : Commenter la phrase « La République n'a pas besoin de savants »



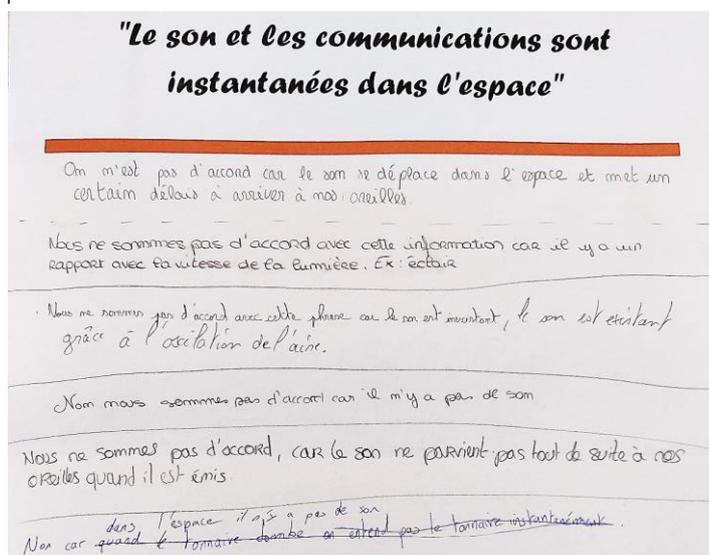
Il faut situer le procès d'Antoine de Lavoisier dans son contexte historique. Nous nous situons quelques années après la Révolution française de 1789 et à cette époque l'Académie des sciences, comme plusieurs autres institutions intellectuelles, est supprimée. Lors de son procès, le scientifique demande à poursuivre ses expériences, mais le tribunal révolutionnaire refuse en le condamnant à mort et en prononçant la phrase « La République n'a pas besoin de savants ». Cela montre à quel point la science n'est pas une priorité à ce moment-là de la révolution, mais également le danger qu'elle peut représenter pour un régime qui se placerait dans un refus total de progrès ou qui voudrait imposer sa vision des choses.

Les élèves devaient commenter la phrase « La République n'a pas besoin de savants » prononcée le jour du procès de Antoine de Lavoisier.

D'après les principes de la République, celle-ci proclame et garantit des libertés publiques inscrites dans le préambule : droits individuels, civils et politiques, proclamés dans la Déclaration des droits de l'homme et du citoyen du 26 août 1789 avec notamment les libertés de conscience et d'expression dont Lavoisier n'a pas profité. Ainsi les élèves trouvent que les savants ont un rôle à jouer dans cette République, qui permet la liberté d'expression et de pensée pour tous.

## Affirmation 2 : Le son et les communications sont instantanés dans l'espace

Ci-dessous, les opinions des élèves concernant l'affirmation 2 :



## Analyse disciplinaire

Les élèves ont acquis la notion de propagation du son en parlant de délai pour arriver jusqu'au récepteur ainsi que la nécessité d'avoir un milieu matériel pour assurer cette propagation de proche en proche avec l'image de l'oscillation de l'air.

Cependant, le vocabulaire doit être plus précis, en effet l'air n'oscille pas et le rapport avec la vitesse de la lumière sous-entend une volonté de la part de l'élève de faire une comparaison entre célérité de la lumière et vitesse du son, mais elle reste floue.

**Question 1 :** En vous aidant des documents, commenter l'affirmation.

1) D'après les documents on peut remarquer que le son a besoin de molécules pour se propager. Comme notre atmosphère contient énormément de molécules le son peut se propager dans l'air, tandis que dans l'espace, les molécules sont rares ce qui empêche le son de se propager. Cependant le son se propage par vibration des ondes radiales. De plus on peut voir que grâce à l'expérience de François Arago, Louis Joseph Gay-Lussac et Gaspard de Prony que le son met un certain temps à arriver d'un point à un autre.

**Question 2 :** À partir du matériel mis à disposition, montrer que le son a besoin d'un milieu matériel pour se propager (expérience 1) et trouver la valeur de la vitesse du son dans l'air (expérience 2).

2) D'après l'expérience 1, lorsque que le réveil sonne avec de l'air les décibels sont à environ 100, tandis que quand il sonne dans le vide, les décibels sont à environ 80. On peut en déduire que moins il y a d'air, moins le son a de facilité à se propager.

D'après l'expérience 2;  $d = 2,8 \text{ m}$   $t = 2,8 \text{ s}$   
 $2,8 - 0,15 = 2,6 \text{ s}$   $= 0,15 \text{ s}$

$$v = \frac{d}{t} = \frac{2,8}{2,6} = 1,04 \text{ m/s}$$

L'expérience 1 est réalisée à l'aide d'une cloche à vide sous laquelle se trouve un réveil émettant un son et un sonomètre. On note le raisonnement des élèves qui observent en citant des valeurs (100 dB puis 80 dB) et qui concluent quant à la propagation du son dans un milieu dans lequel le nombre de molécules diminue. Il y a toutefois une confusion entre le nom de la grandeur du niveau d'intensité sonore et l'unité.

L'expérience 2 se fait à l'aide du chronomètre sonore de l'application Phyphox. La relation permettant de calculer la vitesse est exacte mais il y a une confusion entre la date  $t$  et la durée  $\Delta t$ . La vitesse du son trouvée par les élèves est fautive et après analyse, ils ont convenu qu'il était nécessaire de refaire plusieurs fois leur expérience et de mener une analyse des résultats. Un approfondissement est approprié avec cette expérience pour une étude complète avec réalisation d'un histogramme et détermination de l'écart-type expérimental puis de l'incertitude-type pour vérifier la compatibilité ou non de la valeur moyenne avec une valeur de référence.

## Analyse des valeurs de la République

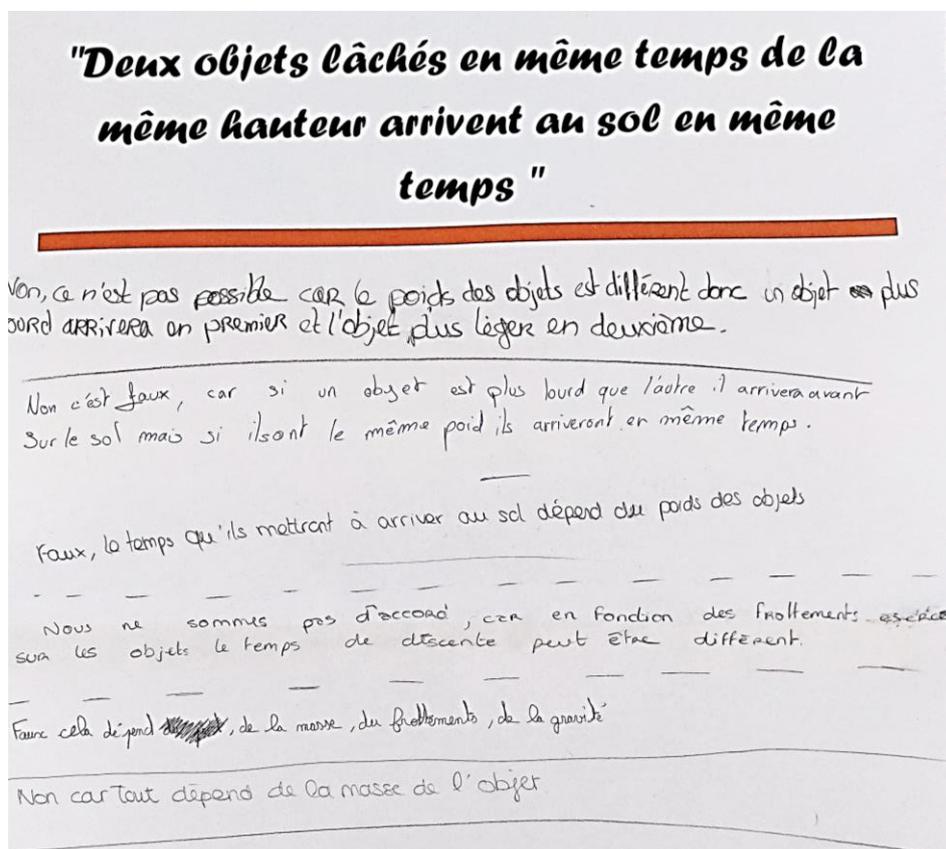
**Question 4 :** Expliquer ce qu'apporte l'expérimentation à la compréhension des phénomènes que nous observons.

L'objectif pour l'enseignant est de montrer la place prépondérante et nécessaire de l'expérimentation comme de la possibilité de tester les hypothèses proposées.

L'expérimentation ici permet de voir qu'il est nécessaire de revenir sur certains paramètres des hypothèses pour affiner les recherches.

## Affirmation 3 : Deux objets lâchés en même temps de la même hauteur arrivent au sol en même temps

Ci-dessous, les opinions des élèves concernant l'affirmation 2 :



## Analyse disciplinaire

Tous les élèves s'accordent à dire que l'affirmation est fautive, mais seuls deux trinômes poussent leur réflexion au-delà de la seule observation et font référence aux frottements.

On remarque que la gravité est un concept large pour eux dans lequel on retrouve pêle-mêle le poids et l'interaction gravitationnelle : la force gravitationnelle et la gravité représentent la même chose pour faire un bilan des forces.

Par ailleurs, il subsiste encore la confusion entre les termes poids et masse malgré les connaissances qui devraient être acquises en cycle 4.

Une analyse des réponses faites à certaines questions est réalisée ci-dessous.

**Question 1 :** Rédiger un bref résumé des documents décrivant l'évolution de la théorie sur la chute des corps.

1) En -385, le philosophe grec Aristote découvre la chute des corps. Pour lui, la chute des corps dans l'air est un phénomène analogue qu'il explique avec les éléments différents. Ainsi, il pensait que plus une boule était massive plus elle tombait vite. Puis la théorie aristotélicienne, que fut Galilée, vient contredire l'explication d'Aristote. Puis Galilée fait une expérience pour contester celle d'Aristote mais il s'avère que Galilée s'est trompé depuis le début et qu'Aristote a raison.

Cela manque de données et l'ensemble reste flou. La méthode de l'analyse de documents doit être revue.

L'expérience de pensée avancée par Aristote permet, certes, de faire avancer un raisonnement, de provoquer un débat, mais il manque les faits, les mesures, les observations apportées par l'expérimentation qui viennent valider ou invalider l'expérience de pensée.

**Question 2 :** Expérience 1 : À l'aide du matériel disponible et des documents, proposer une expérience pour mesurer le temps de chute d'un objet. Une seule mesure suffit-elle pour conclure ?

Les élèves disposent de 3 cylindres de même volume, mais faits de matériaux différents (laiton, PVC et acier). Ces cylindres sont accrochés à un ballon de baudruche et, à l'aide de l'application Phyxox et du chronomètre sonore, les élèves mesurent la durée qui s'écoule entre l'éclatement du ballon et la chute du cylindre au sol. La hauteur du cylindre suspendu est mesurée avec un appareil à ultrasons. L'expérience aurait pu être réalisée à l'aide de l'application Fizziq qui possède un déclencheur activé et arrêté au-delà d'un certain niveau d'intensité sonore que l'on peut fixer.

dist = 1,86  
 béton = 0,584s = 93g.  
 plastique = 0,553s = 12,9g.  
 Acier = 0,608s = 85,4g.

Le manque de rigueur est à noter avec une distance notée sans unité et surtout une utilisation inappropriée du signe égale. Après un échange avec les élèves, il est apparu nécessaire de réaliser plusieurs mesures, car les valeurs du temps de chute sont proches

quand les masses sont différentes. Par ailleurs, les élèves ont remarqué que les masses ne sont pas précises, car la précision de la balance n'est qu'au dixième.

Les élèves ont alors réalisé plusieurs fois la chute du cylindre en acier et estimé une incertitude-type. Les résultats sont en annexe.

Les élèves ont réalisé plusieurs chutes successives dans les mêmes conditions expérimentales (même hauteur de chute, ballon gonflé de la même façon, éclatement identique, même position du smartphone pour déclencher l'application Phyxox).

Les élèves ont consigné leurs résultats dans un tableau et ont utilisé leur calculatrice pour faire l'étude statistique. Ils ont spontanément écarté la première valeur ( $\Delta t = 0,550$  s), car ils l'ont trouvée très différente des autres, elle est donc considérée par les élèves comme étant aberrante.

L'étude statistique permet de trouver, pour une hauteur de chute de 1,82 m, une durée de  $\Delta t = 0,6103$  s avec une incertitude-type de  $u(\Delta t) = 0,0009$  s.

**Question 3 :** Expérience 2 : À l'aide du matériel disponible et des documents, proposer une expérience pour montrer l'influence des forces de frottements.

Après avoir visionné la chute d'une plume et d'une boule de bowling dans le vide, les élèves ont voulu voir si la surface de contact avec l'air avait son importance. Ils ont décidé de vérifier l'influence des forces de frottement en laissant tomber une feuille de papier en même temps qu'une pièce de 2 euros. La pièce arrive en premier au sol. Puis ils ont plié la feuille sous la forme d'un carré de telle sorte que la surface de contact avec l'air soit quasiment la même que la pièce de 2 euros. Les deux touchent le sol presque en même temps, alors que leur masse n'est pas identique.

### Analyse des valeurs de la République

**Question 4 :** Quelle est l'importance de l'expérience dans la proposition des lois scientifiques ?

4) L'importance de l'expérience est de pouvoir prouver avec des valeurs si une chose est vraie ou fausse.  
↳ expérience

Donc on en conclut que l'affirmation est fausse car plusieurs éléments doivent être pris en compte tel que la masse de l'objet, l'air et les frottements.

Les élèves voient bien l'importance de devoir s'appuyer sur des valeurs expérimentales pour pouvoir prouver si une chose est vraie ou fausse. Ils ont bien compris que pour valider ou invalider une hypothèse, il était nécessaire de réaliser une activité expérimentale. Cette étape est nécessaire dans toute démarche critique.

Les élèves mettent en évidence la nécessité d'une expérience pour remettre en cause une loi (notion de vrai ou faux). Il serait intéressant d'interroger les élèves sur la polysémie du mot « loi » au regard de son utilisation dans différents domaines.

## Annexe : Estimation d'une incertitude-type par une série de mesures de la durée de chute d'un cylindre en acier

Donnée : hauteur de chute :  $h = 1,82$  m.

Le tableau suivant rassemble les mesures de la durée de chute en secondes et leur effectif :

Durée $\Delta t$ en secondes	0,550	0,605	0,607	0,608	0,612	0,616
Effectif	1	1	2	6	5	3

La valeur moyenne est alors calculée sur 17 mesures (première mesure est écartée par les élèves). À l'aide de la calculatrice, nous obtenons :  $\overline{\Delta t} = 0,6102941$  s et l'écart-type expérimental est  $\sigma_x = 0,0034778$ . Elle sera notée  $\sigma_{n-1}$ .

L'écart-type est très faible, les mesures sont très peu dispersées autour de la valeur moyenne.

Le nombre de mesures réalisées est égal à  $n = 17$ .

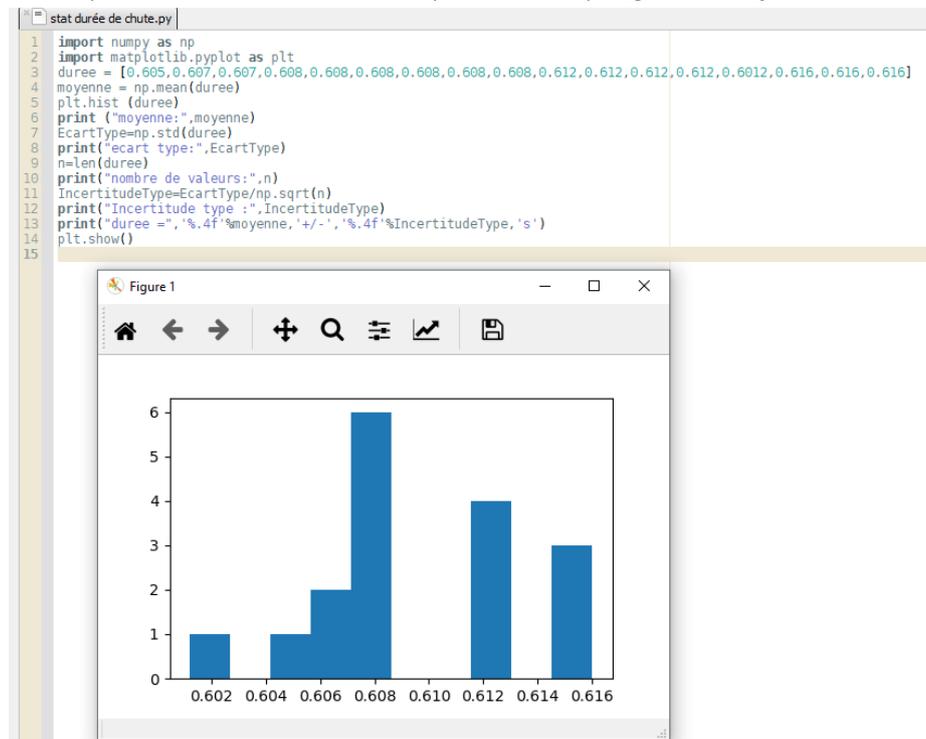
L'incertitude-type se calcule à l'aide de la relation :  $u(\Delta t) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$ .

Application numérique :  $u(\Delta t) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}} = \frac{0,0034778}{\sqrt{17}} = 0,000\ 843\ 5$  s.

La durée peut s'exprimer :  $\Delta t = 0,610\ 3$  s avec une incertitude-type  $u(\Delta t) = 0,000\ 9$  s.

**Compatibilité avec la valeur de référence attendue** : pour une hauteur de chute de  $h = 1,82$  m, la durée attendue est de  $0,609$  s. Ici la valeur moyenne et la valeur attendue ont une différence de l'ordre de l'incertitude-type et sont donc compatibles.

Autre possibilité d'étude statistique avec un programme Python :



## Bilan global

### Points forts

Les élèves ont partagé et échangé en toute liberté leurs opinions sur les différentes croyances. La méthode inspirée du *world café* leur a permis de partager leurs opinions et la lecture des différentes idées de chacun au fur et à mesure de la rotation les a poussés parfois à remettre en cause leurs propres opinions. Les travaux expérimentaux de chaque îlot ont levé certaines incertitudes ou confusions.

À travers les différents documents supports, ils se sont rendu compte de l'évolution d'une théorie et compris les obstacles rencontrés par les scientifiques. Ils ont pratiqué la démarche scientifique en imaginant notamment le protocole à réaliser avec le matériel disponible pour valider ou invalider une affirmation que l'on pourrait trouver sur n'importe quel support d'information (internet, documents, manuels scolaires, etc...). Le bilan réalisé à l'aide du puzzle permet à l'élève de prendre conscience que le rôle du scientifique est d'expliquer de façon rationnelle le monde réel par la reproductibilité des expériences et qu'un savoir scientifique se construit avec des observateurs indépendants dans un climat de tolérance et de respect mutuel (voir [la vision et le rayon lumineux : Alhazen](#) : ressource du GRIESP sur l'histoire des sciences). La communauté scientifique n'a pas pour but de valider ou invalider des postures religieuses ou philosophiques (sens de propagation de la lumière vue comme un feu divin intérieur).

Il est nécessaire de montrer à nos élèves, futurs citoyens, ce qu'est la science, sa démarche, mais aussi ses limites. L'enseignement dans nos classes de la démarche scientifique participe à la formation du futur citoyen.

### Points faibles

C'est une activité relativement longue. Il est peut-être nécessaire pour être plus efficace de la réaliser en co-animation. Une autre alternative est de ne traiter qu'une seule croyance en début de chapitre pour diagnostiquer les idées reçues.

### Difficultés rencontrées par les élèves

Les difficultés rencontrées par les élèves sont essentiellement lexicales. Pour y remédier, l'enseignant peut lever certains doutes sur le vocabulaire en circulant dans les îlots.

### Pistes d'amélioration

Pour accentuer l'importance de la notion de coopération et de partage entre pairs, les élèves auraient pu faire leurs expériences devant leurs camarades.

## Prolongements possibles

Autres affirmations possibles en classe de seconde :

- La propagation de la lumière est instantanée. (*non, sa vitesse est finie*)
- Regarder à travers une lentille déforme les objets. (*plusieurs facteurs peuvent intervenir dans la déformation*)
- La couleur d'une étoile est due à son éloignement. (*l'éloignement est lié à un décalage vers le rouge mais ne dicte pas la couleur*)

## Références biblio/sitographiques

### Affirmation 1 : Lorsqu'un objet brûle, le feu qu'il a à l'intérieur s'en échappe

- Vidéo [Expérience de Lavoisier](#) issue du site Média Chimie.
- <https://www.lachimie.net/index.php?page=17#.YfVylJqZOUk>
- <https://www.universalis.fr/encyclopedie/antoine-laurent-lavoisier/3-les-grands-travaux-scientifiques/>

### Affirmation 2 : Le son et les communications sont instantanés dans l'espace

- [https://www.francetvinfo.fr/sciences/espace/video-apollo-17-je-pose-le-dernier-pas-de-lhomme-sur-la-lune-declarait-l-astronaute-eugene-cernan-en-1972\\_3581265.html](https://www.francetvinfo.fr/sciences/espace/video-apollo-17-je-pose-le-dernier-pas-de-lhomme-sur-la-lune-declarait-l-astronaute-eugene-cernan-en-1972_3581265.html)

### Affirmation 3 : Deux objets lâchés en même temps de la même hauteur arrivent au sol en même temps

- <http://phymain.unisciel.fr/chutes-comparees-dune-piece-et-dune-feuille/>
- Vous pouvez consulter la vidéo [La chute des corps expliquée par Etienne Klein](#) qui définit l'expérience de pensée.
- Vous pouvez consulter la vidéo [Une boule de bowling et une plume tombent en même temps](#). Cette chute a lieu au « Space Power Facility » de la NASA dans l'Ohio.

### Schéma bilan de la démarche scientifique qui a servi de base au puzzle

- *L'esprit critique*, Isabelle Bauthian et Gally, édition Delcourt

### Laïcité et sciences

- [Quels sont les principes républicains ?](#) : une contribution du Conseil des sages de la laïcité
- [La laïcité des sciences et de l'école face aux créationnismes](#), Guillaume Lecointre

### Utilisation de Phyphox

- *Smartphonique : expériences de Physique avec un smartphone*, Ulysse Delabre, éditions Dunod
- Page pour [phyphox](#) sur le site Smartphonique.fr