

Mesures et incertitudes

Défi scientifique

Sciences / mesures

Collège - Lycée

Durée du défi	55 minutes
Matériel	Téléphone ou tablette avec l'application Fizziq Ordinateur muni d'un tableur grapheur (Excel, Google Sheets, Regressi...).
Phénomènes ou notions abordés	Le protocole proposé peut être mis en place en choisissant un capteur parmi les nombreux disponibles. Ce choix peut se faire par exemple en fonction des notions abordées lors de la séquence dans laquelle est incluse l'activité. Exemple 1 - cycle 4 : Signaux sonores - notion de fréquence : sons audibles. On pourra utiliser la mesure de la fréquence fondamentale dans le menu <i>Microphone</i> . Exemple 2 - terminale, spécialité physique-chimie : Capteurs capacitifs – Expliquer le principe de fonctionnement de quelques capteurs capacitifs. Exemple 3 - enseignement scientifique 1^{ère} : ce défi répond aux objectifs du projet expérimental et numérique (voir la partie Programmes Officiels de ce document).
Lexique	Incertitudes, capacités numériques, Python, distribution des mesures, série de mesures indépendantes (loi normale), histogramme.

Défis lancés aux élèves

Nous vous proposons ci-dessous, différents exemples de formulation. La formulation du défi diffèrera selon le contexte de l'activité et le niveau de la classe mais l'objectif reste le même : faire réfléchir les élèves sur les notions de précisions des mesures

Un défi général peut être énoncé comme suit :

« la valeur de ... (grandeur mesurée : fréquence fondamentale d'un son, accélération de la pesanteur, ...) est-elle vraie ? Tu devras, avec tes camarades, en faire un compte-rendu clair, mesures à l'appui. »

Autres exemples de défis pouvant être proposés à des élèves sachant déjà calculer des moyennes et des écarts-types.

- Ex 1 : mesure de fréquence : **« Déterminer de la façon la plus précise possible la fréquence fondamentale d'un son émis à l'aide d'une générateur basse fréquence ».**
- Ex 2 : mesure d'inclinaison : **« Placer votre téléphone de la façon la plus horizontale possible ».**
- *Variantes* : **« Placer votre téléphone de la façon la plus verticale possible »** ou **« Incliner votre téléphone à 45° par rapport à l'horizontale ».**

- Ex 3 : « **Déterminer qui est capable de reproduire au plus juste le son émis à l'aide d'un générateur basse fréquence** »
- Ex 4 : « **Comment rendre compte de la dispersion des mesures, par exemple lors d'une mesure d'angle, de luminosité, ... avec Fizziq ?** »
- Ex 5 : « **Comparer la mesure de « g » à différentes altitudes** » pour des élèves situés près de montagnes.
- Ex 6 : « **Comparer la mesure du champ de pesanteur « g » à différents endroits de la planète** » par exemple pour les élèves du réseau AEFE....

Une fois le défi lancé, vous pouvez laisser les élèves réfléchir à un protocole à mettre en œuvre. Ils explorent les appareils de mesures de FizziQ afin de répondre au défi qui leur a été attribué. Ce travail préliminaire peut également être demandé en amont de la séance en classe de façon individuelle ou en groupe.

Tutoriel vidéo : réaliser une série de mesure et exporter les données sous la forme d'un fichier csv : [lien vidéo](#)

L'exemple de cette vidéo est fait en mesurant la fréquence fondamentale de sons chantés. Le protocole sera le même quel que soit le capteur utilisé.

Un deuxième tutoriel est proposé à la fin de cette fiche-défi en deux parties pour :

- Réaliser une série de mesure et exporter les données sous la forme d'un fichier csv.
- Utiliser les données à l'aide d'un programme écrit en langage Python.

Prérequis éventuels

La durée de ce défi dépendra de la maîtrise de l'application par les élèves. Si c'est la première fois qu'ils l'utilisent, il serait utile de leur présenter l'application et les différentes possibilités qu'elle offre.

- Demander aux élèves d'installer l'application en amont de la séance.
- La prise en main se fait assez facilement à l'aide du tutoriel vidéo.

Aides

Ces aides sont à destination des enseignants ou des élèves.

Vous pouvez envisager différentes manières de vous en servir :

- Les « lire » aux élèves (en les reformulant éventuellement) au fur et à mesure de leur expérimentation.
- Les imprimer, les découper et les distribuer selon le besoin (par groupe par exemple).

Liens vers quelques sites utiles et notice

- <https://www.fondation-lamap.org/fr/fizziq> : Vous retrouverez ici les différents documents pédagogiques proposés en lien avec l'utilisation de l'application FizziQ, notamment des défis pour les élèves que vous pouvez adapter en fonction de vos objectifs et de vos classes.
- <https://www.fizziq.org/>: Vous y retrouverez notamment des protocoles donc vous pouvez vous inspirer pour créer vos propres protocoles.
- <https://www.youtube.com/channel/UCa3FIR94qwb3iaohwjGzchw/featured> : Vous y trouverez des vidéos de moins de 2 min chacune permettant une prise en main rapide de l'application.

Vous trouverez ci-dessous les informations concernant les mesures réalisables dans le cadre de ce défi avec le capteur « microphone » des tablettes ou téléphones.

Ces mesures et leurs exploitations sont transposables à l'utilisation des autres capteurs gérés par l'application Fizziq.

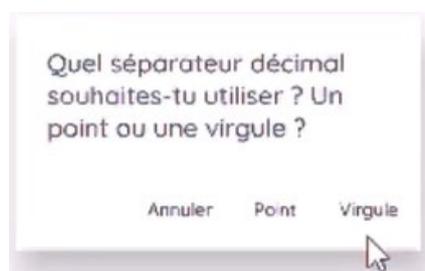
Réalisation du défi

Avant de répondre au défi....

- Demandez aux élèves de réaliser une mesure ponctuelle d'une grandeur physique : la fréquence d'un son, une accélération, une absorbance, une inclinaison... de nombreuses possibilités sont offertes avec fizziq !
- Les résultats peuvent amener à des questionnements concernant les différences: valeurs successives différentes pour un même dispositif, d'un groupe d'élèves à l'autre...
- Une fois que les élèves ont compris que l'on observe une dispersion aux niveaux des mesures ponctuelles, il s'agit de faire émerger l'intérêt de réaliser un grand nombre de mesures, pour chaque groupe et donc avec un dispositif de mesure identique. C'est le début du travail sur les mesures et les incertitudes.

Points de vigilance

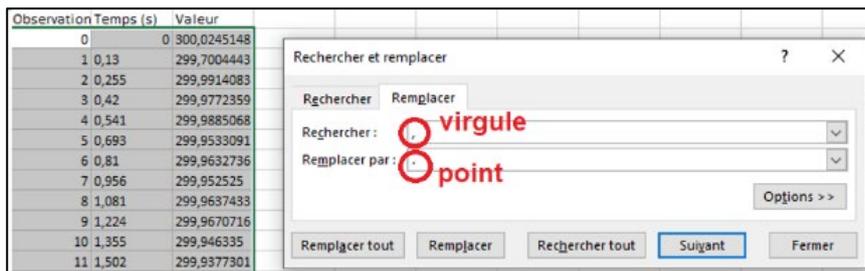
- Vous pouvez exporter avec fizziq un fichier csv. Vous avez alors le choix entre un séparateur de décimal « point » ou virgule.



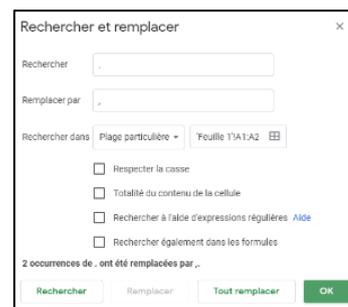
Tester les deux options et vérifier quel fichier s'ouvre correctement avec votre tableur-grapheur.

- Pour la lecture des données d'un fichier csv à l'aide d'un programme python, il faudra s'assurer que le séparateur de décimal soit un point.

Si ce n'est pas le cas, sélectionner les données et utiliser l'outil remplacer (virgule par point). Sur Excel® et sur Google sheet®, le raccourcis est « CTRL + H ».



Excel®



Google sheet®

- Vérifier que les mesures de la grandeur désirée sont réalisées « tout autre paramètre restant stable par ailleurs »... Ne pas bouger le téléphone, ne pas bouger autour...

Exemple de mesures

Dans cet exemple, on mesure la fréquence fondamentale d'un son émis par un synthétiseur (exemple de synthétiseur de son avec fréquence et intensité réglables : <https://www.audionotch.com/app/tune/>). La mesure est un son pur de fréquence égale à **300 Hz**, pendant **2 minutes**, ce qui permet de disposer d'environ 1000 mesures.

Exemple de fichier csv original fourni par fizziq (données utilisées pour les exemples ci-dessous) : [Lien fichier](#)

Points de vigilance

- Vérifier que les mesures de fréquence sont réalisées « tout autre paramètre restant stable par ailleurs »... il faut donc veiller à se trouver dans une pièce qui sera le moins possible soumise aux bruits ambiants, à ne pas déplacer le téléphone pendant la mesure...
- Des phénomènes peuvent rendre les résultats de mesure difficilement interprétables. En particulier, pour certaines fréquences, des phénomènes de résonance semblent apparaître. Il faut donc prendre soin de tester les mesures en amont pour éviter de rencontrer ces difficultés ou, à défaut, de vérifier à quoi ressemble la dispersion des mesures réalisées par les élèves pour leur demander de modifier la fréquence du son synthétisé si nécessaire.
- Éviter de travailler à des fréquences trop élevées, l'audition des sons correspondants est très désagréable...

Remarque

Faire un histogramme avec Openoffice® ou Libre Office® n'est pas aisé. Il est plus facile de le faire avec Excel® ou en ligne avec Google Sheet®. Ce seront les deux outils présentés ci-dessous. Il est aussi possible d'utiliser un programme Python (fourni et présenté aussi ci-dessous).

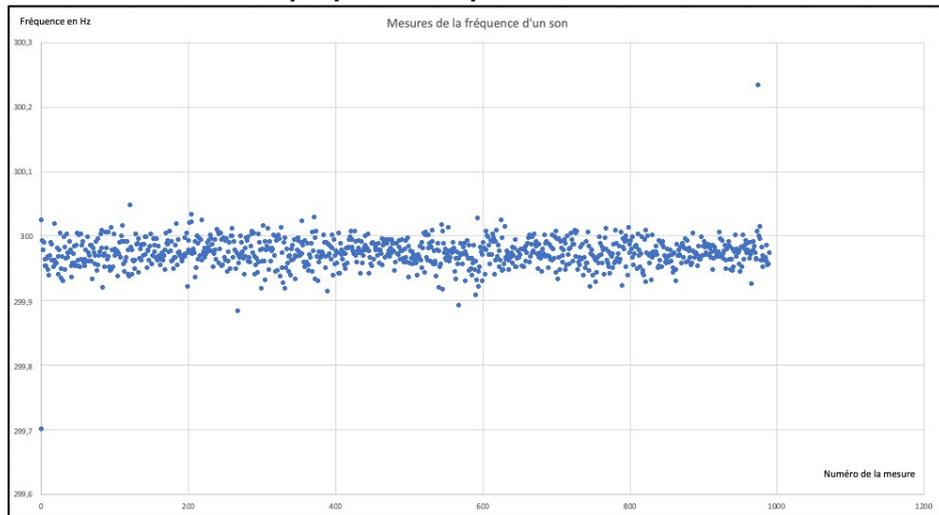
Exemple de traitement des mesures avec le logiciel Excel®

Vous pouvez télécharger un fichier Excel® ayant permis d'obtenir :

- dans un onglet un graphique permettant de visualiser la dispersion des mesures ;
- dans un autre onglet, un histogramme.

Lien de téléchargement : [Lien fichier](#)

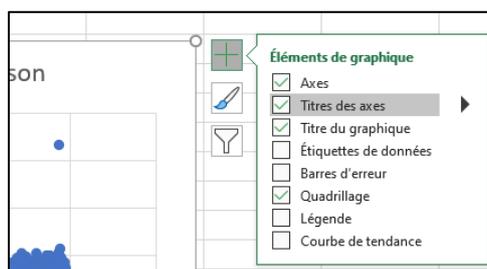
Graphique de la dispersion des mesures

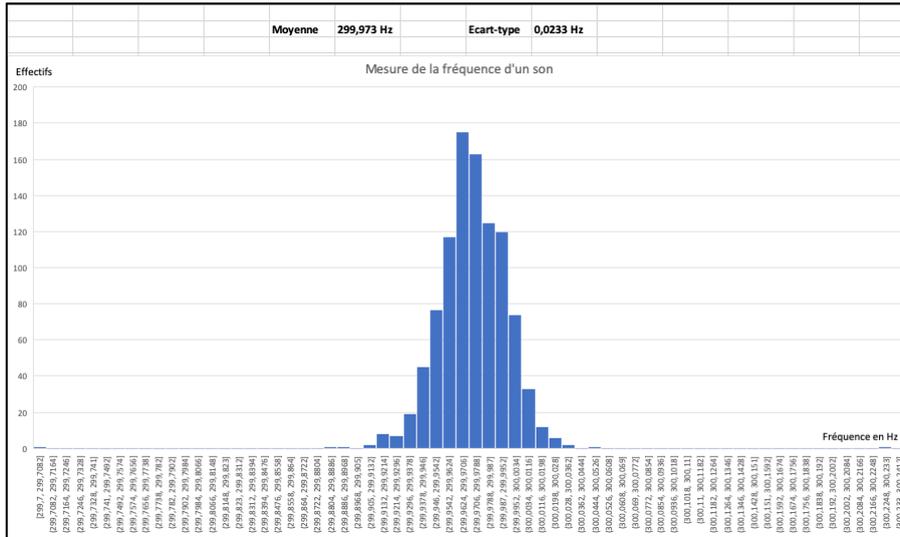


Protocole pour obtenir ce graphique (quelques clics suffisent) : (1) sélectionner les cases contenant l'ensemble des mesures, (2) cliquer sur *Insertion* puis sélectionner (3 et 4) *Nuage de points*.

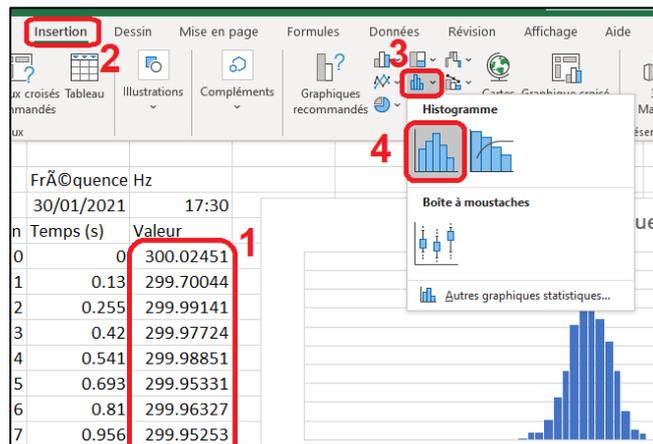
Temps (s)	Valeur
0	300.02451
1	299.70044
2	299.99141
3	299.97724
4	299.98851
5	299.95331
6	299.96327
7	299.95253
8	299.96374

Conseil : il semble important de demander aux élèves de légendier correctement les axes.



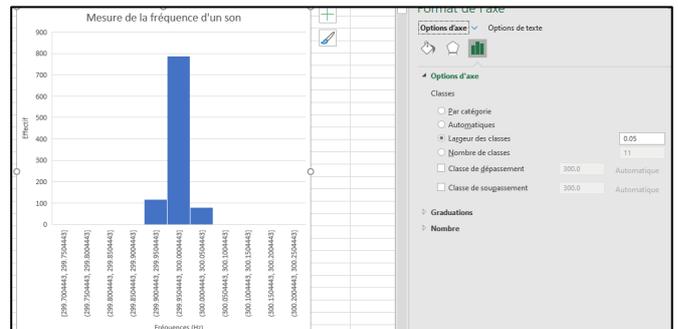
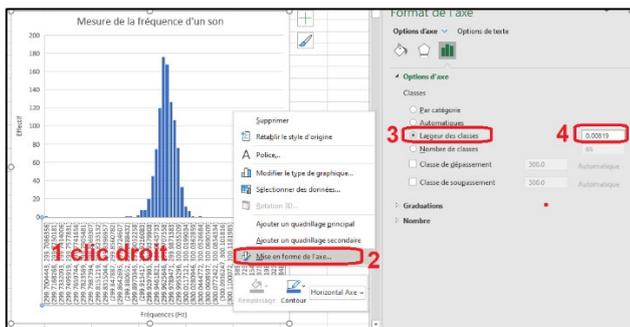


Protocole pour obtenir ce graphique (quelques clics suffisent) : (1) sélectionner les cases contenant l'ensemble des mesures, (2) cliquer sur *Insertion* puis *Sélectionner* (3 et 4) *Histogramme*.



Conseil : il semble important de demander aux élèves de légénder correctement les axes. Cela permet de bien différencier ce que représentent le premier graphique et l'histogramme.

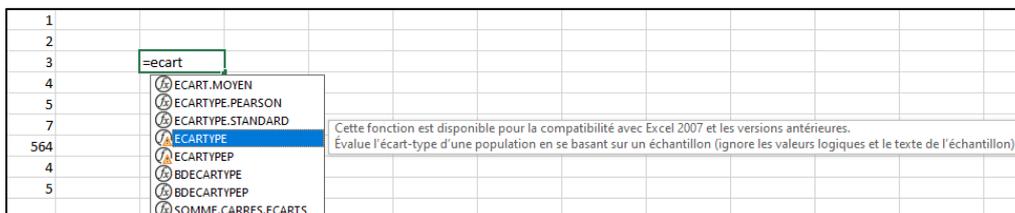
Une fois l'histogramme obtenu, il peut être intéressant de modifier la largeur des classes. Pour cela, (1) clic-droit sur les données de l'axe des abscisses : un menu apparaît. (2) Cliquer sur *Mise en forme de l'axe*. (3) *Largeur des classes* puis (4) *Largeur* à définir puis *Entrée*.



Plus d'informations sur les histogrammes avec Excel : <https://www.cours-gratuit.com/tutoriel-excel/tutoriel-excel-les-histogrammes>

Avec Excel, il est aisé de calculer une moyenne et un écart-type.

Formules pour le calcul de la moyenne : =MOYENNE(plage de mesure) ou =AVERAGE(plage de mesure)



Formules pour le calcul de l'écart-type : =ECARTYPE.STANDARD(plage de mesure) ou =STDEVA(plage de mesure).

La fonction ECARTYPE.STANDARD utilise la formule comme il est indiqué dans le [support en ligne Microsoft®](#).

$$\sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{(n-1)}}$$

La fonction ECARTYPE.PEARSON utilise la formule comme il est indiqué dans le [support en ligne Microsoft®](#).

$$\sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}}$$

Exemple de traitement des mesures en ligne avec Google Sheet®

L'ensemble des mesures doit être copier dans un fichier Google Sheet® vierge. Il faut penser à vérifier que le séparateur décimal est au bon format (point ou virgule).

Voici ce qui peut être obtenu :

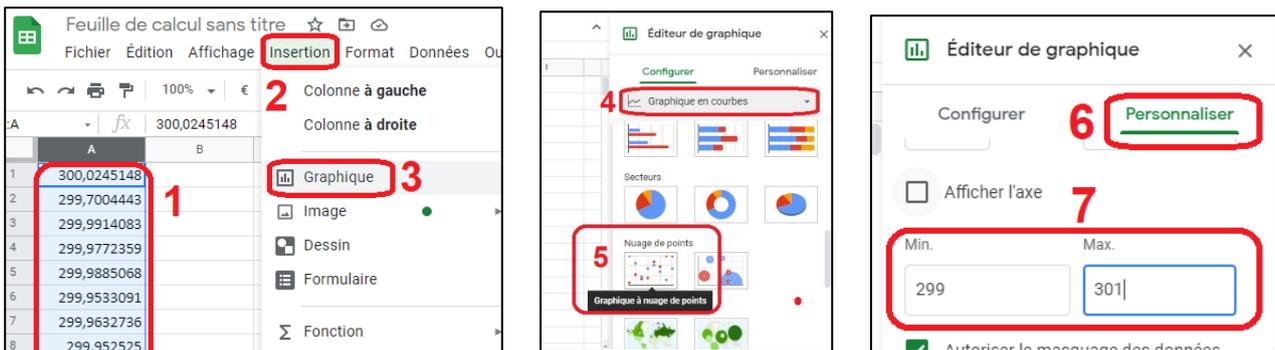
https://docs.google.com/spreadsheets/d/1oTvdjNDhPa0ooL_fUTrEDDF2z8K6rJN7t2IV5Rx6ePw/edit?usp=sharing

Graphique de la dispersion des mesures.

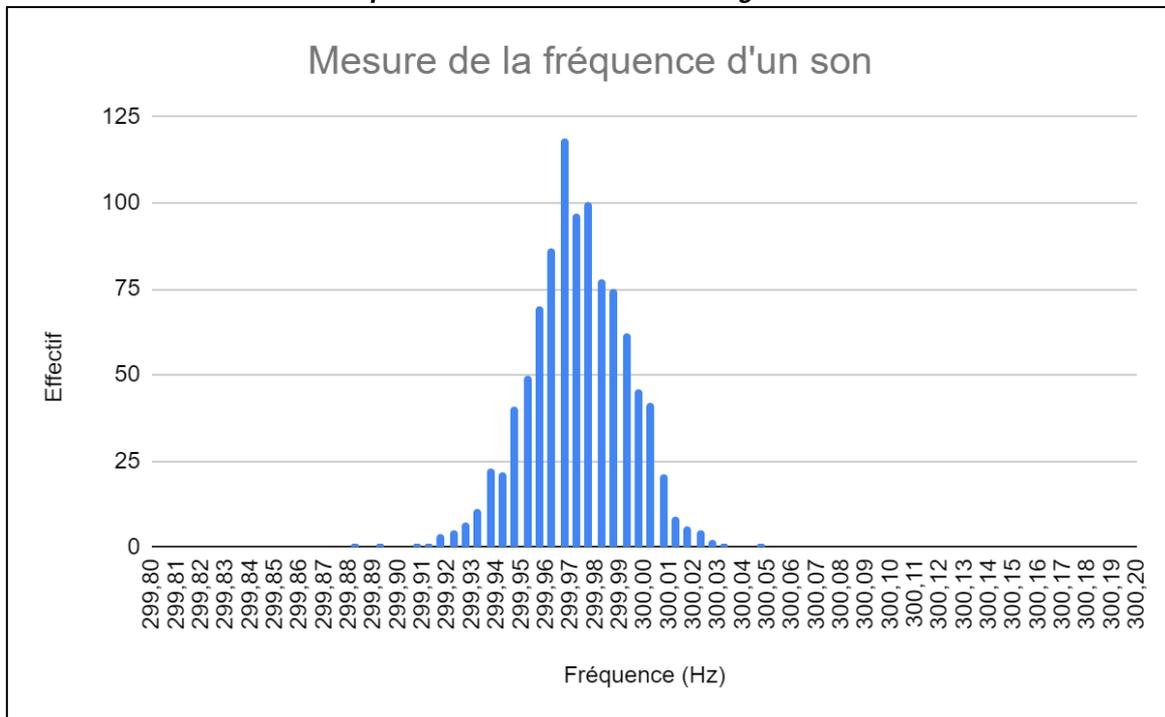


Protocole pour obtenir ce graphique:

- (1) Sélectionner les données. Cliquer sur *Insertion* (2)
- puis *Graphique* (3). Un éditeur de graphique apparaît à droite.
- Cliquer sur *Graphique en courbes* (4) puis sélectionner *Nuage de points* (5) pour faire apparaître la dispersion des mesures.
- Dans l'onglet *Personnaliser* (6) de l'éditeur de graphique, vous pouvez légendrer,
- choisir les minimums et maximums des axes (7).



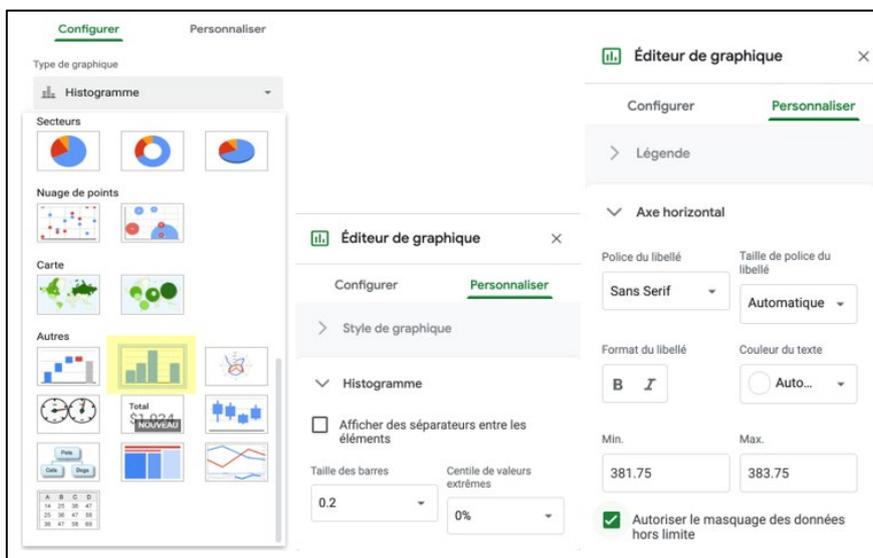
Représentation sous forme d'histogramme.



Pour obtenir un histogramme, il suffit de sélectionner *Histogramme* à l'étape (5).

Puis dans le menu *Personnaliser* de l'éditeur de graphique :

- Dans le sous-menu *Axe horizontale*, imposer les bornes gauches et droites de l'axe des abscisses, et donc des classes.
- Dans le sous-menu *Histogramme*, écrire en écriture décimale l'étendue des classes que l'on souhaite imposer.

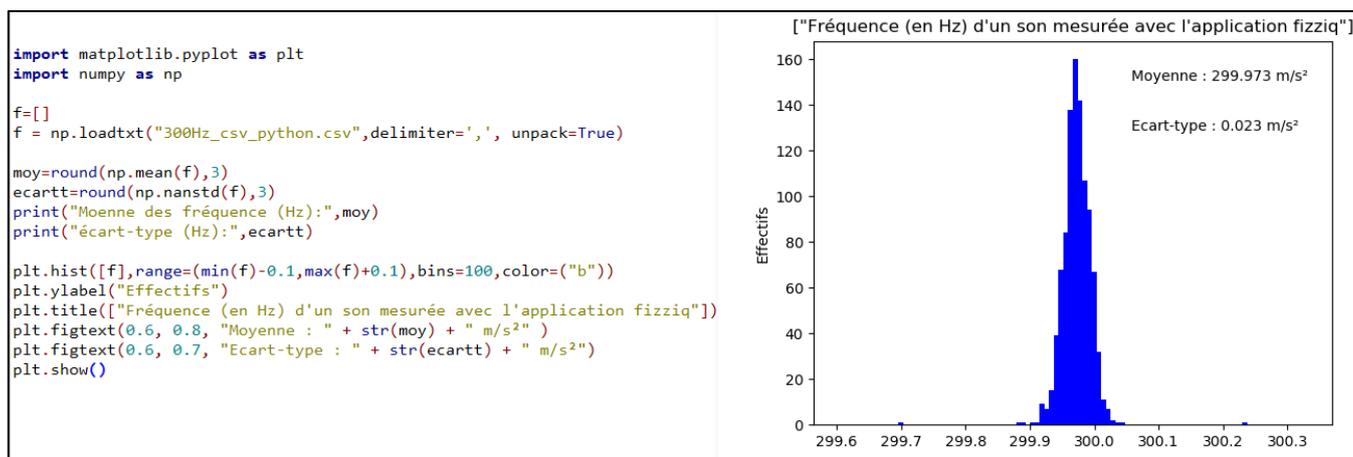


Exemple de traitement des mesures avec un programme écrit en Python

Un tutoriel vidéo complète le tutoriel initial en montrant comment utiliser le fichier de données exporté par fizziq pour l'utiliser par un programme python :

[Lien vidéo](#)

Représentation sous forme d'histogramme à l'aide d'un programme python.



Le programme python proposé est téléchargeable à partir de ce lien :

[Lien fichier](#)

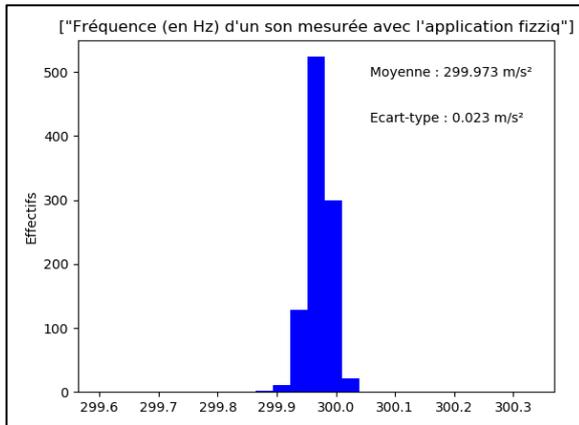
Le fichier csv original a été modifié pour être lu par le programme python. Voici la version obtenue :

[Lien fichier](#)

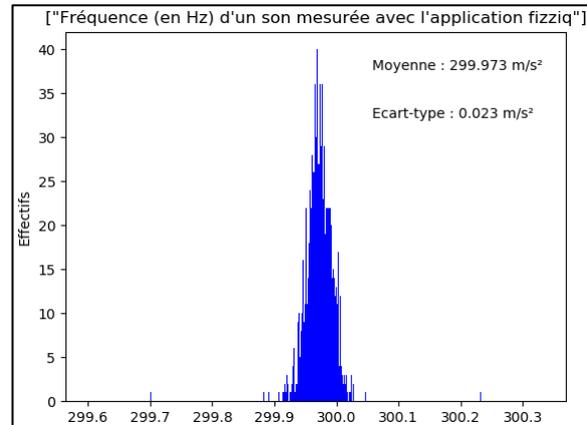
Dans la ligne de code

```
plt.hist([f],range=(min(f)-0.1,max(f)+0.1),bins=100,color=("b")) ,
```

il peut être intéressant de jouer sur le paramètre *bins* pour modifier le nombre de classes.



exemple avec bins = 25



exemple avec bins = 500

Il est toujours possible de mentionner la règle de Rice qui permet d'obtenir un nombre k de classes en fonction du nombre N d'observations : $k \approx 2 N^{1/3}$. Cette règle simple fonctionne dans bon nombre de cas. Dans ce cas, écrire `bins='rice'`.

A retenir

Au cycle 4

Lorsqu'on réalise la mesure d'une grandeur physique plusieurs fois dans les mêmes conditions, les valeurs obtenues ne sont pas toujours identiques : les différences peuvent avoir différentes causes (expérimentateur, protocole, capteurs utilisés...).

C'est pour cela qu'au laboratoire on réalise souvent des séries de mesures. Calculer une valeur moyenne ou déterminer un intervalle de valeurs acceptables peut donner une information sur la valeur recherchée. Aucun développement théorique n'est exigible mais ce défi permet aux élèves de découvrir qu'il y a des incertitudes de mesures à prendre en compte lorsqu'on pratique des démarches scientifiques.

Au lycée essai 2

Représenter l'histogramme associé à une série de mesures est une première étape pour découvrir la notion de variabilité de la mesure d'une grandeur physique. C'est d'ailleurs une capacité numérique exigible dès la seconde.

Pour évaluer la dispersion d'une série de mesures indépendantes et décrire un ensemble d'observations, on peut se restreindre à seulement deux paramètres :

1. un premier qui indique la position approximative de l'histogramme sur l'axe des abscisses, par exemple la valeur moyenne;
2. un second indique sa dispersion, autrement dit son étalement. C'est ce travail que les élèves découvrent progressivement de la seconde à la terminale (écart-type, incertitudes-types).

Les mesures proposées dans ce défi permettent ainsi de sensibiliser les élèves à l'écriture d'un résultat et à la comparaison à une valeur de référence.

Programmes officiels

Cycle 4

Pratiquer des démarches scientifiques

- Identifier des questions de nature scientifique.
- Proposer une ou des hypothèses pour répondre à une question scientifique.
- Mesurer des grandeurs physiques de manière directe ou indirecte.
- Interpréter des résultats expérimentaux, en tirer des conclusions et les communiquer en argumentant.
- Développer des modèles simples pour expliquer des faits d'observations et mettre en œuvre des démarches propres aux sciences.

Concevoir, créer, réaliser

- Concevoir et réaliser un dispositif de mesure ou d'observation.

Mobiliser des outils numériques

- Utiliser des outils d'acquisition et de traitement de données.
- Produire des documents scientifiques grâce à des outils numériques, en utilisant l'argumentation et le vocabulaire spécifique à la physique et à la chimie.

Spécialité physique en 2^{nde}, 1^{ère} et T^{ale}.

Variabilité de la mesure d'une grandeur physique.

Exploiter une série de mesures indépendantes d'une grandeur physique : histogramme, moyenne et écart-type. Discuter de l'influence de l'instrument de mesure et du protocole. Évaluer qualitativement la dispersion d'une série de mesures indépendantes.

Capacité numérique : Représenter l'histogramme associé à une série de mesures à l'aide d'un tableur (2^{nde}, 1^{ère} et T^{ale}) ou d'un langage de programmation (T^{ale}).

Prolongement : en terminale, les nombreuses mesures obtenues pourront être comparées à ce qui peut être obtenu par simulation.

Capacité numérique : Simuler, à l'aide d'un langage de programmation, un processus aléatoire illustrant la détermination de la valeur d'une grandeur avec incertitudes-types composées.

Enseignement scientifique de première générale

Projet expérimental et numérique

Le projet s'articule autour de la mesure et des données qu'elle produit, qui sont au cœur des sciences expérimentales.

L'objectif est de confronter les élèves à la pratique d'une démarche scientifique expérimentale, de l'utilisation de matériels (capteurs et logiciels) à l'analyse critique des résultats.

Le projet expérimental et numérique comporte trois dimensions :

- utilisation d'un capteur éventuellement réalisé en classe ;
- acquisition numérique de données ;
- traitement mathématique, représentation et interprétation de ces données.

La dimension numérique repose sur l'utilisation de matériels (capteur éventuellement associé à un microcontrôleur) et de logiciels (tableur, environnement de programmation).

Prérequis et limites

Ce projet remobilise certains acquis des classes antérieures : **mesure et incertitudes**, manipulation de capteurs et microcontrôleurs, données structurées et leur traitement, information chiffrée et statistique descriptive, utilisation d'un tableur et d'un environnement de programmation. L'objectif n'est pas d'introduire des notions nouvelles.

Auteurs

Yanick CLEMENT, Philippe RIGOT

Remerciements

Aline CHAILLOU, Christophe CHAZOT

En partenariat avec Trapeze.digital



Date de publication

Novembre 2020

Licence

Ce document a été publié par la Fondation *La main à la pâte* sous la licence Creative Commons suivante : Attribution + Pas d'Utilisation Commerciale + Partage dans les mêmes conditions.



Le titulaire des droits autorise l'exploitation de l'œuvre originale à des fins non commerciales, ainsi que la création d'œuvres dérivées, à condition qu'elles soient distribuées sous une licence identique à celle qui régit l'œuvre originale.

Fondation *La main à la pâte*

43 rue de Rennes

75 006 Paris

01 85 08 71 79

contact@fondation-lamap.org

Site: www.fondation-lamap.org

