

TOURNEZ MANÈGE !

UNE ACTIVITÉ EXPÉRIMENTALE SUR L'ACCÉLÉRATION CENTRIPÈTE
À FAIRE AVEC SON SMARTPHONE !

DANS CETTE ACTIVITÉ, ON FAIT QUOI ?



On cherche à étudier un mouvement de rotation à l'aide d'un smartphone. On pourra ainsi tester et exploiter la relation entre la coordonnée normale du vecteur accélération (accélération dite *centripète*) et la vitesse d'un point. Grâce à son gyroscope et son accéléromètre, le smartphone permet de mesurer à la fois les trois coordonnées, dans le référentiel du "laboratoire", de son accélération et sa vitesse angulaire autour de chacun des trois axes.

L'ÉCHAUFFEMENT « PHYPHOX »

Télécharger l'application Phyphox, et découvrez comment l'utiliser sur ce tuto : <https://tinyurl.com/PhyphoxTuto>

Pour apprendre à utiliser le gyroscope, voici un petit échauffement ludique : <https://tinyurl.com/tutogyro>



DU CÔTÉ DES MODÈLES



On rappelle que, pour un point animé d'un mouvement circulaire de rayon R , la vitesse v de ce point est liée à la vitesse angulaire ω par la relation $v = R \omega$.

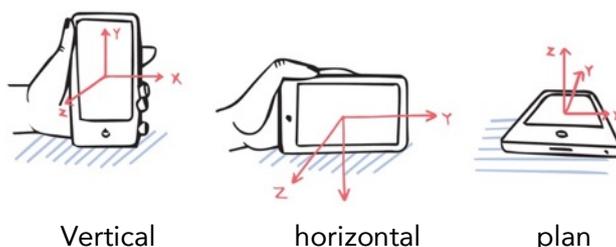
- 1) En faisant un schéma indiquant le repère de Frenet, rappeler l'expression vectorielle de l'accélération centripète dans le cas d'un mouvement circulaire.
- 2) Exprimer cette accélération centripète en fonction de R , de la vitesse de rotation ω et d'un vecteur unitaire à définir sur le schéma précédent.

L'EXPÉRIENCE N°1 : UNE ROTATION TOUTE SIMPLE

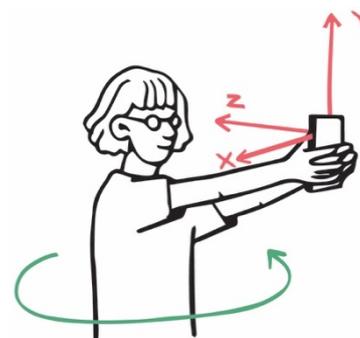


Démarrer Phyphox et cliquer sur le bouton "+" puis choisir "ajouter expérience à partir d'un QR code". Viser avec votre smartphone le QR Code ci-contre ou cliquer sur ce lien *depuis le smartphone* : <https://tinyurl.com/lyceecentripete>
Une nouvelle ligne "Lycée - accélération centripète" doit apparaître dans le menu "Mécanique". La sélectionner.

Les trois onglets proposés « Vertical », « Horizontal », « Plan » correspondent à ces configurations :



En tournant sur soi-même et en tenant le smartphone comme sur le schéma ci-contre, faire un enregistrement en choisissant l'onglet qui convient.



- 1) Relever la valeur de l'accélération et celle de la vitesse angulaire, puis, en exploitant la relation écrite précédemment, estimer la taille de vos bras.
- 2) Vérifier à l'aide de deux autres enregistrements que l'on détermine des valeurs voisines de la longueur de bras avec des vitesses angulaires différentes. Présenter clairement les résultats.

L'EXPÉRIENCE N°2 : L'EFFET DU RAYON

- 1) Proposer un protocole, inspiré de l'expérience n°1, qui permette d'étudier la relation entre l'accélération centripète et le rayon, la vitesse angulaire étant constante.



Réaliser les expériences correspondantes avec au moins trois mesures.

- 2) Analyser les résultats et conclure.
- 3) Indiquer dans quel cas la valeur de la vitesse est la plus grande.

L'EXPÉRIENCE N°3 : OÙ EST L'ACCÉLÉROMÈTRE ???

On cherche dans cette partie à utiliser la relation entre l'accélération centripète et la vitesse angulaire pour déterminer la position approximative de l'accéléromètre dans le smartphone. Pour ceci on utilise **soit** une essoreuse à salade **soit** un tourne-disque.

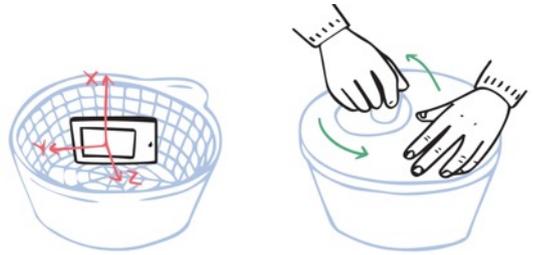
Option 1 : avec une essoreuse à salade

On pose le téléphone comme indiqué sur le dessin ci-contre.



Faire tourner en enregistrant (ne pas tourner trop vite et maintenir une vitesse la plus constante possible).

1) Exploiter les mesures pour, à l'aide d'un schéma, indiquer la position possible de l'accéléromètre du téléphone. On portera un regard critique sur le résultat.



POUR ALLER PLUS LOIN

Une fois le rayon fixé, *Phyphox* permet d'afficher en temps réel deux courbes : la valeur de l'accélération centripète en fonction de la vitesse angulaire et en fonction du carré de la vitesse angulaire pour différentes valeurs de vitesse angulaire.

2) Prévoir l'allure des deux courbes qu'on devrait obtenir selon l'expression établie dans la partie "Du côté des modèles".



En utilisant l'expérience de *Phyphox* "accélération centripète" en haut du menu « mécanique », faire un enregistrement en faisant varier le plus possible la vitesse angulaire de l'essoreuse.

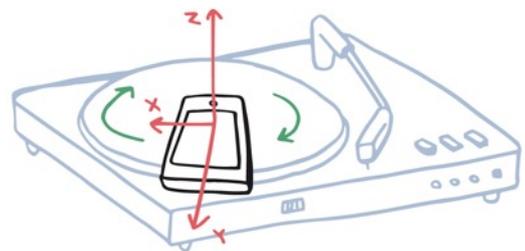
3) Comparer le résultat obtenu et la prévision faite à la question précédente.

4) En déduire la valeur du rayon de la trajectoire circulaire de l'accéléromètre (on choisira la représentation graphique la plus adaptée).

5) Indiquer si cette méthode paraît plus ou moins précise que la détermination précédente.

Option 2 : avec un tourne-disque

On utilise cette fois un tourne-disque pour faire tourner le téléphone. On pose le téléphone comme indiqué sur le schéma ci-contre (attention à ce que le téléphone ne touche pas le bras du tourne-disque quand celui-ci va tourner).



Faire tourner à 33 tours/min. Effectuer l'enregistrement.

6) Vérifier si la valeur de la vitesse angulaire de rotation du tourne-disque est celle attendue.

7) Exploiter les mesures pour, à l'aide d'un schéma, indiquer où peut se trouver l'accéléromètre du téléphone. On portera un regard critique sur le résultat.

8) Vérifier que la position de l'accéléromètre est indépendante de la vitesse angulaire de la platine.

À TRAVERS LA MATIÈRE

UNE ACTIVITÉ EXPÉRIMENTALE POUR TESTER LA LOI DE BEER-LAMBERT

DANS CETTE ACTIVITÉ, ON FAIT QUOI ?



On veut évaluer la diminution de l'intensité lumineuse lorsque de la lumière traverse de la matière (un solide transparent, une solution aqueuse). On souhaite tester l'influence de la distance parcourue à travers le matériau ainsi que celle de la concentration d'une espèce chimique dans une solution aqueuse.

L'ÉCHAUFFEMENT « PHYPHOX »

Télécharger l'application Phyphox pour découvrir comment l'utiliser sur ce tutoriel : <https://tinyurl.com/PhyphoxTuto>

Pour apprendre à utiliser le capteur de luminosité, voici un petit échauffement ludique : <https://tinyurl.com/enigmelumiere>

Attention, le capteur de luminosité n'est pas disponible sur les smartphones Apple.



DU CÔTÉ DES MODÈLES



La loi de Beer-Lambert relie une grandeur physique A , appelée absorbance, à la distance parcourue par la lumière dans la matière et à la concentration d'un soluté dans une solution aqueuse.

Elle s'écrit pour des solutions peu concentrées et pour des sources de lumière monochromatiques :

$$A = \varepsilon \cdot \ell \cdot C$$

où ℓ est la longueur de solution traversée par la lumière (généralement exprimée en cm)

C est la concentration du soluté (généralement en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)

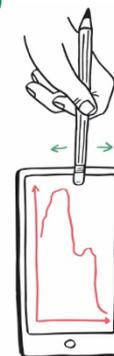
ε est un coefficient de proportionnalité nommé coefficient d'absorption molaire (généralement en $\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$).

L'EXPÉRIENCE N°1 : OÙ EST LE CAPTEUR DE LUMINOSITÉ ?



Démarrer Phyphox, et choisir le module Luminosité.

Le capteur de luminosité est généralement situé sur la face avant du téléphone dans la partie haute. Déplacer un crayon lentement devant le haut de l'écran du téléphone. Lorsque l'intensité lumineuse chute fortement, c'est que le crayon vient d'occulter le capteur de luminosité.



L'EXPÉRIENCE N°2 : INFLUENCE DE LA DISTANCE PARCOURUE À TRAVERS LA MATIÈRE

Matériel :

- Une lampe de bureau
- Une feuille plastique transparente incolore lisse (pochette plastique, protège-cahier)
- Une pièce sombre



Découper la feuille de plastique transparent en petits carrés de 2-3 cm de côté.

Placer le smartphone à plat sur une table, capteur de luminosité vers le haut, et une lampe de bureau allumée au-dessus du capteur de luminosité. Lancer « Luminosité » sur Phyphox et choisir l'onglet « Composantes ». Attendre que la valeur d'intensité lumineuse affichée se stabilise. Noter cette valeur.

Placer 1 carré de plastique sur le capteur de luminosité et noter la nouvelle valeur de l'intensité lumineuse.

Répéter la mesure pour 2 carrés posés sur le capteur, puis 3 carrés, 4 carrés, etc.

1) Renseigner les valeurs mesurées dans la colonne "intensité lumineuse transmise" du tableau ci-dessous puis calculer :

- le pourcentage d'intensité lumineuse qui a été absorbée par les couches (noté P),
- le pourcentage d'intensité lumineuse qui a été transmise (noté T),
- l'absorbance $A = -\log(T)$ (utiliser la touche log de votre calculatrice)



Nombre de couches	Intensité lumineuse transmise (lux)	P (% d'intensité lumineuse absorbée)	T (% d'intensité lumineuse transmise)	Absorbance
0				
1				
...				

2) Tracer l'évolution de l'absorbance en fonction du nombre de couches de plastique.

Après avoir rappelé la loi de Beer-Lambert, étudier quantitativement l'influence de la distance ℓ parcourue par la lumière dans la matière traversée. Conclure.

L'EXPÉRIENCE N°3 : INFLUENCE DE LA CONCENTRATION D'UNE ESPÈCE CHIMIQUE EN SOLUTION

Matériel :

- Une lampe de bureau
- Un sachet plastique de congélation
- Un verre à fond plat
- Du colorant alimentaire (en vente en supermarché au rayon pâtisserie)
- Une cuillère à café
- Éventuellement, un morceau de tissu noir (par exemple un T-shirt ou une housse de petit matériel électronique)



Enfermer le smartphone dans un sachet congélation propre et sec en évitant d'enfermer trop d'air. Placer le smartphone emballé à plat sur une table, capteur de luminosité vers le haut, sous la lampe de bureau qui l'éclaire. Lancer « Luminosité » sur Phyphox et choisir l'onglet « Composantes » (vous pouvez contrôler le smartphone à travers le sachet). Passer en mode paysage, de façon à éloigner l'affichage de la mesure du capteur de lumière. Attendre quelques minutes que la valeur affichée se stabilise.

Remplir à moitié un verre avec de l'eau, entourer les parois latérales du verre avec le tissu noir. Poser le verre sur le smartphone emballé, au-dessus du capteur de luminosité. Mesurer la luminosité avec Phyphox et noter la valeur obtenue.

À partir de maintenant, toutes les manipulations doivent se faire sans déplacer le dispositif expérimental : smartphone, verre, et lampe. Si l'un de ces éléments est déplacé, il faut recommencer à partir de cette étape.

Introduire une goutte de colorant alimentaire. Mélanger précautionneusement avec la cuillère, sans déplacer le verre. Noter la valeur de l'intensité lumineuse. Recommencer avec 2, 3, etc... gouttes de colorant.

1) Dans un tableau analogue au précédent en remplaçant le nombre de couches par le nombre de gouttes, calculer les grandeurs P , T et A .

2) Comment varie la concentration du colorant dans le verre avec le nombre de gouttes introduites ?

3) Après avoir rappelé la loi de Beer Lambert, tracer l'évolution de l'absorbance en fonction du nombre de gouttes de colorant introduites. Conclure.?

Pour aller plus loin :

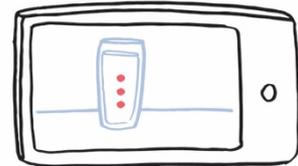
Tester ce qui se passe si la source lumineuse est colorée ou si l'on pose du plastique coloré entre le capteur de luminosité et le fond du verre.

ILLUSION DE MOUVEMENT

UNE ACTIVITÉ EXPÉRIMENTALE POUR RÉALISER ET EXPLOITER
DES CHRONOPHOTOGRAPHIES AVEC UN SMARTPHONE

DANS CETTE ACTIVITÉ, ON FAIT QUOI ?

On cherche à réaliser et à exploiter la chronophotographie de la chute d'une goutte d'eau dans de l'huile. Elle sera réalisée avec l'application "Motion shot" sur smartphone.



L'ÉCHAUFFEMENT

Télécharger « Motion shot » sur smartphone.
Réaliser la chronophotographie d'un système en mouvement rectiligne.
Commenter les chronophotographies en précisant à chaque fois la nature du mouvement.

DU CÔTÉ DES MODÈLES



On rappelle que la trajectoire d'un point en mouvement (ou d'un système modélisé par un point) est l'ensemble des positions successives occupées par ce point au cours de son mouvement.

Si la trajectoire est une portion de droite, alors le mouvement est rectiligne.

Si la norme de la vitesse est constante au cours du mouvement, on dit que le mouvement est uniforme.

Énoncé du principe d'inertie (valable dans un référentiel galiléen) :

« Un système modélisé par un point matériel, soumis à aucune force ou à des forces qui se compensent, est, soit au repos, soit en mouvement rectiligne et uniforme. »

L'EXPÉRIENCE : CHUTE D'UNE GOUTTE D'EAU DANS L'HUILE

Matériel :

En classe :

- éprouvette graduée de 50 mL
- pipette pasteur
- huile
- colorant alimentaire
- smartphone avec application "motionshot"

À la maison :

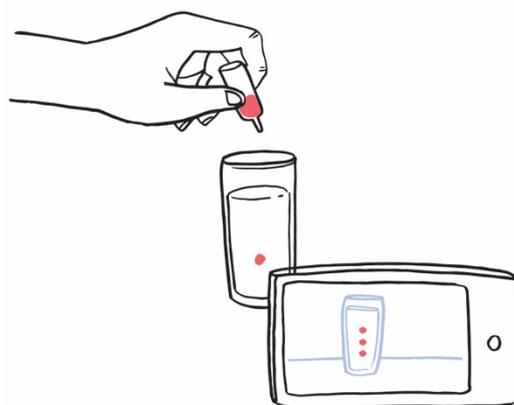
- un verre haut et transparent
- huile
- colorant alimentaire (ou encre)
- fourchette ou pic en bois
- smartphone avec application "motionshot"



Remplir une éprouvette ou le verre d'huile.

Déposer une goutte de colorant alimentaire à l'aide de la pipette ou d'une fourchette (ou d'un pic en bois).

Filmer la chute de la goutte dans l'huile à l'aide de l'application "motionshot".



- 1) Décrire le mouvement obtenu.
- 2) Conduire l'inventaire des actions que s'exercent sur la goutte. Que peut-on conclure ?

Exploitation :

- 3) Ouvrir la chronophotographie obtenue avec Regressi.
- 4) Choisir le repère et indiquer l'échelle.
- 5) Tracer $y=f(t)$. Commenter la courbe obtenue.

POUR ALLER PLUS LOIN

6) À l'aide d'un programme Python, exploiter les données obtenues sur Regressi pour tracer les vecteurs position, déplacement et vitesse.



7) Réaliser une chronophotographie d'un système en mouvement circulaire.

QUAND GALILÉE LÂCHE SON SMARTPHONE

UNE ACTIVITÉ EXPÉRIMENTALE SUR L'ACCÉLÉRATION
LORS D'UNE CHUTE VERTICALE AVEC UN SMARTPHONE.

DANS CETTE ACTIVITÉ, ON FAIT QUOI ?



On utilise l'accéléromètre du smartphone pour estimer la valeur du champ de pesanteur lors d'une chute du smartphone. La mesure permettra :

- de tester la validité du modèle de la chute libre pour décrire la chute du smartphone ;
- d'en déduire la hauteur de chute mais aussi l'équation-horaire du mouvement vertical ;
- d'étudier la nature de la force exercée par l'air.

Attention, dans cette activité, on fait tomber un smartphone ! Quelques consignes sont donc à respecter pour ne pas l'endommager... (voir plus loin)

L'ÉCHAUFFEMENT « PHYPHOX »

Télécharger l'application Phyphox pour découvrir comment l'utiliser sur ce tutoriel : <https://tinyurl.com/PhyphoxTuto>

Pour apprendre à utiliser l'accéléromètre, voici un petit échauffement ludique : <https://tinyurl.com/tutoaccelerometre>



DU CÔTÉ DES MODÈLES



On modélise dans un premier temps la chute par une chute libre : on néglige donc les frottements de l'air. On note \vec{g} le champ de pesanteur terrestre et on prend pour sa norme : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

- 1) Établir l'expression du vecteur accélération dans le cadre de ce modèle.
- 2) Rappeler l'équation horaire dans le cas d'une chute sans vitesse initiale.
- 3) Toujours dans le cas d'une chute sans vitesse initiale, établir la loi empirique de Galilée sur "la chute des corps", qui relie la hauteur de chute h et la durée de chute Δt . Cette loi est considérée comme la première loi de la physique moderne.

CONSIGNES DE SÉCURITÉ : ATTENTION À VOTRE SMARTPHONE !

Quand vous lâchez votre smartphone, prévoir un gros coussin bien mou et si possible épais

Éviter les matelas car le smartphone risque de rebondir !

Ne pas lâcher de plus de 2 m de haut.

Ne pas ôter la coque ou toute protection si le smartphone en possède une.

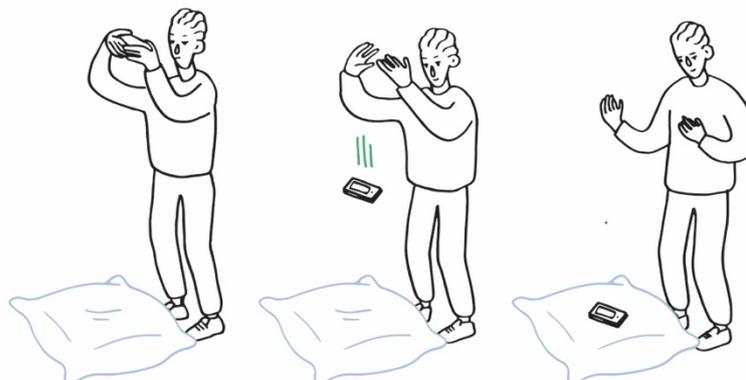
Lâcher à plat écran vers le haut pour éviter le rebond.

L'EXPÉRIENCE N°1 : LA DURÉE DE CHUTE



Choisir sur l'application "Phyphox" l'expérience "Accélération sans g" ou, si elle n'est pas disponible sur votre smartphone, "Accélération avec g".

Après avoir lancé l'enregistrement, lâcher le smartphone en le maintenant initialement horizontal à peu près à hauteur de vos yeux (bien respecter les **consignes de sécurité**).



Utiliser les fonctionnalités de Phyphox pour déterminer la valeur de la durée de chute Δt . En observant la courbe obtenue, évaluer la durée de la chute en repérant la grande variation de la valeur de l'accélération lorsqu'on lâche le smartphone et celle observée lorsque le smartphone touche le sol.

Reproduire l'expérience une ou deux fois pour vérifier qu'on trouve toujours approximativement la même durée de chute.

- 1) Indiquer la valeur de la durée de chute notée Δt (en faisant éventuellement une moyenne des deux ou trois valeurs obtenues).
- 2) Mesurer la hauteur de chute, notée h , à 5 cm près (se faire éventuellement aider).
- 3) En déduire la valeur du champ de pesanteur g et commenter.
- 4) Transformer son smartphone en règle à mesurer : en refaisant une expérience, et en utilisant la valeur $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$, mesurer sa propre taille avec son smartphone.

POUR ALLER PLUS LOIN : ET LA MASSE DANS TOUT ÇA ?

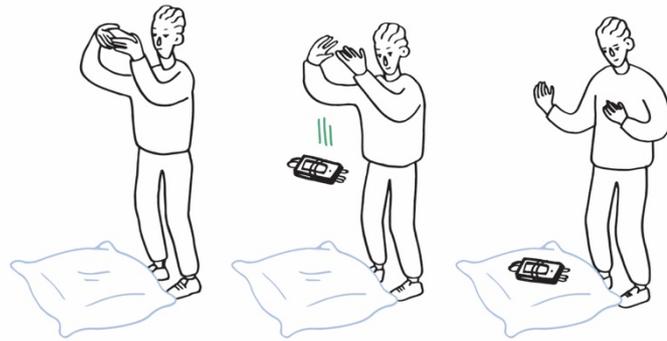
5) Le modèle prévoit-il que la masse influence la durée de chute ?



Alourdir le téléphone en y accrochant quelques cuillères à café avec un élastique comme montré ci-contre, puis laisser tomber le tout avec les cuillères en dessous.



6) Indiquer les résultats obtenus et conclure quant à l'effet du changement de masse sur la durée de la chute.



L'EXPÉRIENCE N°2 : VITESSE ET POSITION

Cette expérience peut être traitée après ou indépendamment de l'expérience 1

On s'intéresse ici à la valeur de l'accélération pendant la chute selon l'axe vertical.

En refaisant une mesure selon le même protocole que dans l'activité 1, exporter les données dans le format qui convient le mieux au tableur utilisé pour traiter ces données.

- 1) Dans le tableur, sélectionner seulement les données comprises entre la date de lâcher et la date à laquelle le smartphone touche le coussin.
- 2) Créer une nouvelle variable temporelle telle que l'origine des temps ($t = 0$ s) corresponde au début de la chute.
- 3) Faire afficher dans le tableur l'évolution de l'accélération selon la direction verticale Oz en fonction de la variable temps ainsi définie. Discuter l'accord de l'enregistrement avec le modèle de la chute libre.

On cherche maintenant à calculer la vitesse du smartphone selon la direction verticale aux différents dates de mesure de l'accélération effectuées par le smartphone. Pour cela, on utilise une méthode dite discrète, en considérant que l'accélération à une date t_i est la valeur moyenne entre les dates t_i et t_{i+1} .

4) En adoptant cette approximation, exprimer l'accélération a_i à la date t_i en fonction des vitesses v_{i+1} , v_i , de t_i et t_{i+1} .

5) Exprimer la vitesse v_{i+1} et utiliser les fonctions du tableur pour calculer les différentes valeurs de la vitesse (on n'oubliera pas de déclarer que v est nulle pour $t = 0$)

6) Faire afficher l'évolution de la coordonnée de la vitesse selon la direction verticale en fonction de la variable temps.

7) En établissant l'expression de la vitesse dans le cas du modèle de la chute libre, comparer cette expression et l'évolution obtenue par cette méthode discrète.

Pour aller plus loin :

Recommencer les opérations ci-dessus pour calculer puis représenter les positions successives au cours du temps. Comparer à l'équation horaire selon la direction verticale.

L'EXPÉRIENCE N°3 : L'INFLUENCE DES FROTTEMENTS

Cette expérience ne peut être traitée qu'après avoir réalisé l'expérience 2

Lorsque le smartphone chute, sa vitesse augmente et donc les frottements avec l'air également.

1) En utilisant la 2^{ème} loi de Newton, indiquer comment évolue la norme du vecteur accélération au cours de la chute si on tient compte des frottements.

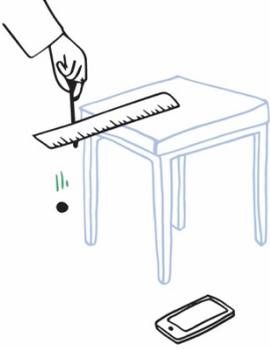
2) Vérifier votre réponse précédente à l'aide de l'acquisition de l'expérience 2 ou à l'aide d'une nouvelle mesure.

3) En physique, on utilise couramment deux modèles pour décrire la force de frottement fluide : un modèle qui indique une force de norme est proportionnelle à la vitesse ($F = kv$), un autre qui indique une norme proportionnelle à la vitesse au carré ($F = k'v^2$). Exploiter les données permettant de choisir le modèle de force de frottement le plus adapté. On exposera la démarche et les résultats.

LE BRUIT DE LA CHUTE

UNE ACTIVITÉ EXPÉRIMENTALE QUI PERMET DE MESURER UNE HAUTEUR
À L'AIDE D'UN SMARTPHONE ET D'UNE LOI PHYSIQUE.

DANS CETTE ACTIVITÉ, ON FAIT QUOI ?



On cherche à déterminer la valeur de la hauteur d'une table en exploitant une loi de mécanique connue depuis Galilée relative à la chute des objets, qui relie la hauteur de chute et la durée de celle-ci. Pour réussir à faire cela, on va donc utiliser un chronomètre... sonore !

L'ÉCHAUFFEMENT « PHYPHOX »

Télécharger l'application Phyphox pour découvrir comment l'utiliser sur ce tutoriel : <https://tinyurl.com/PhyphoxTuto>

Puis dans l'expérience "Chronomètre sonore" de Phyphox, essayer de faire deux claquements de doigts (des "snaps") ou de mains espacés d'une seconde le plus précisément possible. Si le chronomètre se déclenche n'importe quand, même quand on ne tape pas, il faut alors augmenter un peu la valeur du paramètre "seuil". Si, au contraire, le chronomètre ne réagit pas au claquement, baisser celle-ci.



DU CÔTÉ DES MODÈLES



La loi utilisée dans cette activité a été formulée par Galilée. Elle indique que la hauteur de la chute d'un objet est proportionnelle au carré de la durée de celle-ci et que la constante de proportionnalité vaut la moitié de la valeur du champ de pesanteur g (à la surface de la Terre g vaut approximativement $9,8 \text{ m.s}^{-2}$). Cette loi permet de modéliser convenablement la chute des objets tant que l'action de l'air peut être négligée.

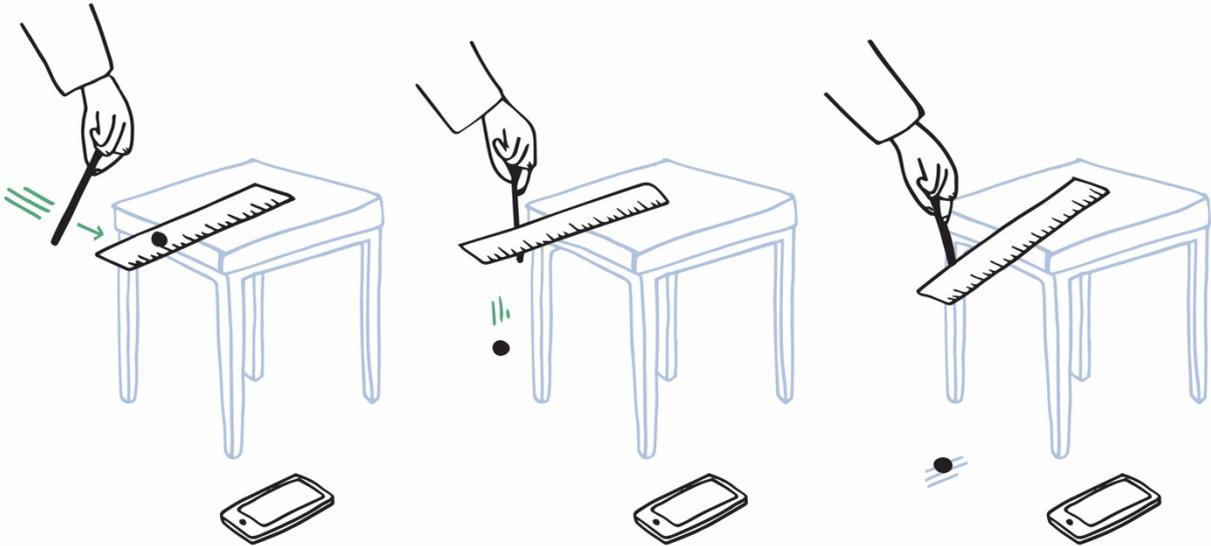
1) En désignant par h la hauteur de chute et par Δt la durée de celle-ci, indiquer la relation qui rend compte de la loi de Galilée.

L'EXPÉRIENCE : LA DURÉE DE CHUTE



Choisir un objet pas trop lourd, pas trop volumineux mais assez dur pour qu'il fasse un bruit lorsqu'il tombe au sol, par exemple une pièce de monnaie ou une bille.

Disposer cet objet sur une règle elle-même posée sur la table dont on doit déterminer la hauteur par rapport au sol (voir schéma ci-dessous)



Taper brusquement sur le bord de la règle pour la pousser horizontalement et provoquer la chute de l'objet, par exemple avec un crayon. Vérifier qu'on distingue clairement le bruit fait lorsqu'on frappe la règle et le bruit fait par l'objet lorsqu'il touche le sol. Si la distinction claire des deux bruits est assurée, démarrer Phyphox et choisir l'expérience "Chronomètre sonore".

Reproduire à nouveau une chute : le premier bruit doit déclencher le chronomètre, le deuxième l'arrêter. Si ce n'est pas le cas, modifier le seuil sur Phyphox.

2) Refaire l'expérience une dizaine de fois, noter les valeurs obtenues, et en déduire une estimation de l'incertitude-type sur la mesure de la durée.

3) À partir de la moyenne des mesures effectuées et de la valeur de g , calculer la hauteur de la table.

4) Indiquer si la valeur trouvée est en accord avec une mesure directe de la hauteur de la table..
Que peut-on en conclure sur la loi utilisée ?

À VOS PUPITRES !

UNE ACTIVITÉ EXPÉRIMENTALE POUR ANALYSER DES SONS AVEC UN SMARTPHONE.

DANS CETTE ACTIVITÉ, ON FAIT QUOI ?



On cherche à enregistrer et à déterminer les caractéristiques de sons émis par des instruments ou par la voix. On réalisera aussi le spectre des sons enregistrés. Les enregistrements et leur exploitation seront réalisés avec un smartphone.

L'ÉCHAUFFEMENT « PHYPHOX »

Télécharger l'application Phyphox pour découvrir comment l'utiliser sur ce tutoriel : <https://tinyurl.com/PhyphoxTuto>

Utiliser l'application Phyphox, onglet « générateur de son ». Augmenter la valeur de la fréquence du son émis et noter la valeur de la fréquence maximale d'un son audible. Faire l'expérience avec plusieurs personnes d'âges différents (frères, sœurs, parents, grands-parents...). Que constatez-vous ?



DU CÔTÉ DES MODÈLES



Signal périodique

Le capteur enregistre l'amplitude du signal sonore reçu en fonction du temps. On peut souligner que l'ordonnée est improprement nommée intensité. Dans le cas d'un signal périodique : le même motif se répète identique à lui-même à intervalle de temps régulier. La durée de ce motif est appelée « période » (en seconde). Le nombre de fois où ce signal se répète pendant une seconde est appelé « fréquence » (en hertz, Hz). Ainsi 400 Hz signifie que le motif se répète 400 fois par seconde. Période (T) et fréquence (f) sont reliées par la relation :



$$f = 1 / T \text{ (avec } f \text{ en Hz et } T \text{ en s).}$$

Analyse spectrale d'un signal sonore périodique

Un signal sonore périodique peut se décomposer en une somme de signaux sinusoïdaux. Le spectre du son est composé de plusieurs pics : le premier correspond à la fréquence de la fondamentale, les autres pics correspondent aux harmoniques dont les fréquences sont des multiples de la fréquence de la fondamentale. La fréquence de la fondamentale donne la hauteur du son.

L'EXPÉRIENCE N°1 : LA HAUTEUR D'UN SON



Enregistrer deux signaux sonores correspondant à deux notes différentes d'un même instrument de musique à l'aide de l'application Phyphox, onglet « autocorrélation audio » puis « données brutes ». Si vous ne disposez pas d'instruments de musique, vous pouvez chanter deux notes différentes.

1) Observer et décrire le signal.

2) Déterminer la période puis la fréquence du son pour les deux signaux sonores précédents, comparer aux valeurs indiquées sur l'application, onglet « autocorr. ».

Pour aller plus loin :



Taper sur un tube : une colonne d'air soumise à une perturbation peut entrer en vibration pour certaines fréquences particulières f_n . À chacune de ces fréquences f_n est associée un mode propre de vibration de la colonne d'air appelé mode harmonique de rang n . La plus petite de ces fréquences, notée f_1 , est appelée fréquence fondamentale.

Les tubes cylindriques ouverts à une extrémité et fermés à l'autre résonnent approximativement à des fréquences de :

$$f_n = (2n-1) v / 4L$$

où « n » est un nombre entier (1, 2, 3...) représentant le mode de résonance, « L » est la longueur du tube et « v » est la vitesse du son dans l'air (qui est approximativement de 344 mètres par seconde à 20 °C et au niveau de la mer).

À partir de la vidéo <https://youtu.be/K5nbA9xdFP0>, déterminer la valeur de la fréquence du son émis par le tuyau PVC et vérifier que le résultat est cohérent avec la formule donnant la fréquence de résonance d'un tube en fonction de sa longueur.

L'effet Doppler : cet effet se manifeste pour les ondes sonores par la perception de la hauteur du son émis par une source sonore différente selon qu'elle soit fixe ou en mouvement par rapport au récepteur. La hauteur d'un son mesurée par un récepteur est différente selon que la source sonore se rapproche du récepteur (le son étant alors perçu plus aigu) ou s'en éloigne (le son est alors perçu plus grave).

Dans la vidéo <https://youtu.be/88Pvmxn2Kk8>, étudier la variation de la fréquence du son émis par le klaxon suivant que la voiture s'approche ou s'éloigne. Pour la mesure, on peut utiliser l'onglet « historique des fréquences ».

L'EXPÉRIENCE N°2 : SON PUR, SON COMPLEXE



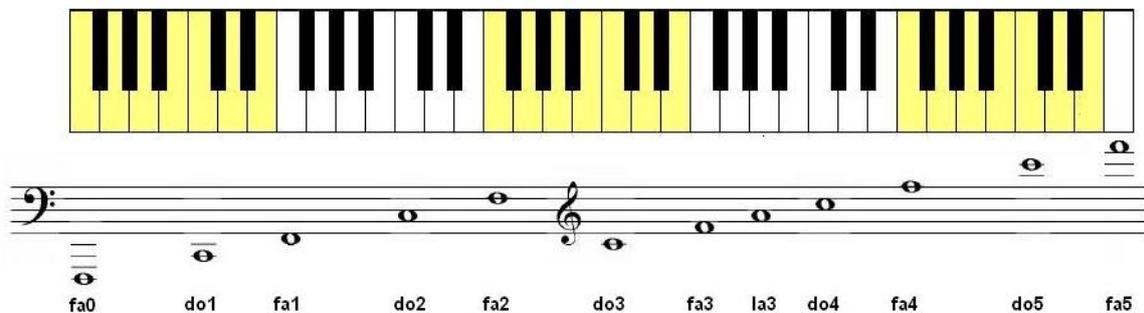
Enregistrer le signal sonore émis par un diapason (La3) et le La3 d'un instrument de musique à l'aide de l'application Phyphox, onglet « autocorrélation audio ». À la maison, on peut remplacer le diapason par un générateur de son en ligne. Si on ne dispose pas d'instrument de musique, on peut chanter la note.

Observer et comparer les courbes associées au signal émis par le diapason et au signal émis par l'instrument.

L'EXPÉRIENCE N°3 : LES SPECTRES



Enregistrer le signal sonore émis par un diapason La3 (440 Hz), et le La3 d'un instrument de musique à l'aide de l'application Phyphox, onglet « spectre audio » ou l'application Advanced spectrum . À la maison, on peut remplacer le diapason par un générateur de son en ligne. Si on ne dispose pas d'instrument de musique, on peut chanter la note.



- 1) Comparer le spectre d'un son pur et celui d'un son complexe.
- 2) Dans le cas d'un son complexe, vérifier que les fréquences des harmoniques sont des multiples de la fréquence de la fondamentale.

L'EXPÉRIENCE N°4 : QUINTE, OCTAVE



Enregistrer les signaux sonores correspondant à un Do3 et un Do4 d'un instrument de musique à l'aide de l'application Phyphox, onglet « autocorrélation audio ».

- 1) Noter les valeurs des deux fréquences et calculer le rapport f_{do4}/f_{do3} . Si l'instrument est bien accordé, ce rapport vaut 2; conclure.



Enregistrer les signaux sonores correspondant à un Do3 et un Sol3 avec un instrument de musique à l'aide de l'application Phyphox, onglet « autocorrélation audio ».

- 2) Noter les valeurs des deux fréquences et calculer le rapport f_{sol}/f_{do} . Si l'instrument est bien accordé, ce rapport vaut 3/2; conclure.

L'octave et la quinte sont des intervalles consonants. Les deux notes d'un intervalle consonant ont des harmoniques communes ce qui le rend harmonieux.



Réaliser le spectrogramme des signaux sonores associés aux deux notes successivement : Do3 et Sol3 (quinte), puis Do3 et Do4 (octave).

- 2) Vérifier que les signaux sonores associés aux deux notes de l'intervalle ont bien des harmoniques communes.

POUR ALLER PLUS LOIN

Résoudre cette énigme :

<https://view.genial.ly/5eef7a5a8146ce0d750c1182/interactive-content-timer-escape-son>

EN AVANT LA MUSIQUE !

UNE ACTIVITÉ EXPÉRIMENTALE POUR ANALYSER DES SONS AVEC UN SMARTPHONE.

DANS CETTE ACTIVITÉ, ON FAIT QUOI ?



On cherche à enregistrer et à déterminer les caractéristiques de sons émis par des instruments de musique ou par la voix. Les enregistrements et leur exploitation sont réalisés avec un smartphone.

L'ÉCHAUFFEMENT « PHYPHOX »

Télécharger l'application Phyphox pour découvrir comment l'utiliser sur ce tuto : <https://tinyurl.com/PhyphoxTuto>

Utiliser l'application Phyphox, onglet « générateur de son ». Augmenter la fréquence du son émis et noter la fréquence maximale audible. Faire l'expérience avec plusieurs personnes d'âges différents (frères, soeurs, parents, grand-parents...). Que constatez-vous ?



DU CÔTÉ DES MODÈLES



Le capteur enregistre le signal sonore en fonction du temps. Dans le cas d'un signal périodique : le même motif se répète identique à lui-même à intervalle de temps régulier.

La durée de ce motif est appelée « période » (en seconde). Le nombre de fois où ce signal se répète pendant une seconde est appelé « fréquence » et s'exprime en hertz (Hz). Ainsi, pour un signal de fréquence 400 Hz signifie que le motif se répète 400 fois par seconde.

Période (T) et fréquence (f) sont reliées par la relation :

$$f = 1 / T \text{ (avec } f \text{ en Hz et } T \text{ en s).}$$



L'EXPÉRIENCE N°1 : LA HAUTEUR D'UN SON



Enregistrer deux notes différentes d'un même instrument de musique à l'aide de l'application Phyphox, onglet « autocorrélation audio » puis « données brutes ». Si vous ne disposez pas d'instruments de musique, vous pouvez chanter deux notes différentes.

1) Observer et commenter l'allure du signal.

2) A l'aide de l'outil « détail d'une mesure », déterminer la période puis la fréquence du son pour chaque note enregistrée, comparer à la valeur calculée par l'application dans l'onglet « autocorr. ».

Pour aller plus loin :

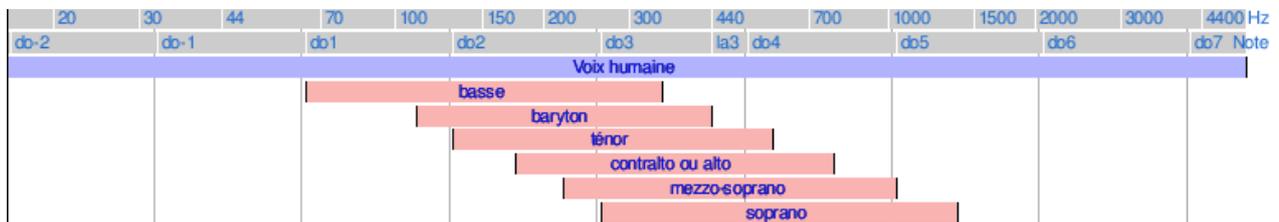


Concours de justesse :

Chanter un son de fréquence la plus proche possible de 300 Hz et envoyer la copie d'écran à votre enseignant

La tessiture :

Dans le domaine musical, la tessiture, également appelée registre, est l'ensemble continu des notes qui peuvent être émises par une voix.



Déterminer la tessiture de Jakub Joseph Orlinski à partir de cet enregistrement de « Sento in seno » de Vivaldi (écouter et analyser la page entre 0:24 et 1:00):

<https://youtu.be/mnD9NsBdU7Q>

Déterminer la note la plus aiguë chantée par Mariah Carey dans « Emotions » : <https://youtu.be/NrJEFrth27Q>

Dark Vador avec des bouteilles :

Une bouteille remplie partiellement d'eau émet une note quand on souffle dedans. La hauteur de la note va dépendre du volume d'air dans la bouteille. En ajoutant plus ou moins d'eau à l'intérieur on peut donc modifier la note émise.



À l'aide de trois bouteilles plus ou moins remplies, jouer le début du thème de Dark Vador "The imperial March".



L'EXPÉRIENCE N°2 : LE TIMBRE D'UN SON



Enregistrer une même note produite par deux instruments différents à l'aide de l'application Phyphox, onglet « mesure du son ».

Si vous ne disposez pas de deux instruments, vous avez votre voix et vous pouvez utiliser un instrument simulé en ligne (par exemple : <https://virtualpiano.net/>).

Observer et commenter l'allure du signal obtenu pour les deux instruments.

L'EXPÉRIENCE N°3 : LE NIVEAU SONORE



Mesurer le niveau sonore produit par un diapason, puis par deux diapasons.

Produire un son avec chacun des diapasons, puis avec les deux en même temps et mesurer à chaque fois le niveau d'intensité sonore avec l'application phyphox, onglet « intensité sonore » ou une appli sonomètre.

S'entraîner pour que les niveaux sonores produits par chaque diapason seul soient voisins.

Vérifier qu'ensemble, les deux diapasons produisent un niveau d'intensité sonore supérieur de 3dB environ à celui d'un diapason seul.

Pour aller plus loin :

Déterminer le plus petit niveau d'intensité sonore que l'on peut mesurer à l'aide de phyphox.

ET BIEN CHANTEZ MAINTENANT !

UNE ACTIVITÉ EXPÉRIMENTALE SUR LE SON AVEC UN SMARTPHONE.

DANS CETTE ACTIVITÉ, ON FAIT QUOI ?



On cherche à explorer la représentation du son en fonction du temps, ainsi que la notion de période et de fréquence.

L'ÉCHAUFFEMENT « PHYPHOX »

Télécharger l'application Phypox pour découvrir comment l'utiliser sur ce tuto : <https://tinyurl.com/PhypoxTuto>

Pour apprendre à utiliser le micro, voici un petit échauffement ludique : <https://tinyurl.com/enigmeson>



DU CÔTÉ DES MODÈLES



Le micro produit un signal électrique lorsqu'il est atteint par une onde sonore. La représentation de ce signal en fonction du temps est une image du signal sonore.

Dans certains cas, le signal est périodique : un même motif se répète identique à lui-même à intervalle de temps régulier. La durée du plus court motif qui se répète est appelée "période" (donnée en seconde ou en milliseconde en général).

Le nombre de fois où ce signal se répète pendant une seconde est appelé « fréquence », et s'exprime en hertz. Ainsi, pour un signal de fréquence 400 Hz, le motif se répète 400 fois par seconde. Période (T) et fréquence (f) sont reliées par la relation :

$$f = 1 / T \text{ (avec } f \text{ en Hz et } T \text{ en s).}$$

L'EXPÉRIENCE N°1 : VISUALISATION DU SIGNAL SONORE EN FONCTION DU TEMPS



À l'aide de l'application phyphox, lancer l'expérience "mesure du son" de la catégorie "acoustique".

Déclencher l'enregistrement en appuyant sur "play", et chanter une note en continu devant le micro pendant quelques secondes.

Mettre l'expérience sur pause pour figer une représentation qui montre clairement le caractère périodique du son.

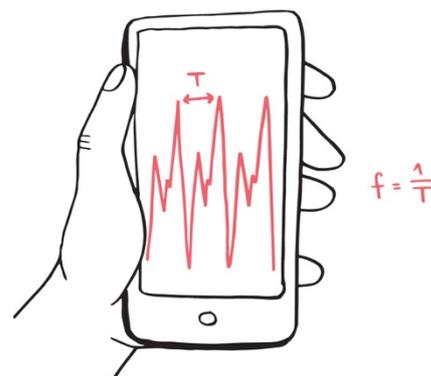
1) Faire une copie d'écran du signal, et représenter la période sur le schéma (vous pouvez jouer sur la durée de l'enregistrement et sur le zoom du graphe).

Chanter un "a", puis chantez un "o".

2) Comparer la forme du motif qui se répète entre ces deux sons.

Ouvrir un navigateur et chercher un site qui permet de générer un son pur à une fréquence donnée (chercher « online tone generator » ou « générateur de son en ligne »). Émettre un son et observer la forme du signal qui se répète.

3) Comparer cette forme à celles obtenues pour les sons « a » et « o » ?



L'EXPÉRIENCE N°2 : MESURE DE LA PÉRIODE ET DE LA FRÉQUENCE



À l'aide de l'application phyphox, lancer l'expérience « mesure du son » de la catégorie « acoustique ». Déclencher l'enregistrement en appuyant sur « play », et jouer avec un instrument une note en continu devant le micro.

Mettre l'expérience sur pause pour figer une représentation qui montre clairement le caractère périodique du son.

Utiliser l'outil « Détail d'une mesure » (accessible en cliquant sur le graphe) pour mesurer la période directement sur le graphe.

1) Mesurer la période du signal. Pour mesurer la période plus précisément, mesurer le temps entre plusieurs motifs successifs (quatre par exemple), et diviser cette durée par ce nombre.

2) Refaire la mesure 10 fois sur le même signal. Regrouper les valeurs de toute la classe dans un tableau.

a) Calculer la moyenne de la valeur de la période.

b) Calculer l'écart-type des mesures.

c) Ecrire la valeur de la période obtenue avec son incertitude-type.

Pour aller plus loin

Le défi : dire « Aaaa » le plus naturellement et déterminer sa fréquence naturelle de parole. Envoyer une copie d'écran avec son résultat à son enseignant.

L'EXPÉRIENCE N°3 : CHANGER DE FRÉQUENCES



À l'aide de l'application phyphox, lancer l'expérience « mesure du son » de la catégorie « acoustique ».

Déclencher l'enregistrement en appuyant sur « play », et, avec un instrument de musique, jouer une note devant le micro.

Mettre l'expérience sur pause pour figer une représentation qui montre clairement le caractère périodique du son.

1) Mesurer la période du signal. Pour mesurer la période directement sur le graphe, utiliser l'outil « Détail d'une mesure » (accessible en cliquant sur le graphe).

2) Recommencer en jouant une note une octave plus haut, puis une octave plus bas. Comment changent les fréquences quand on change d'octave ?

DEUX DÉFIS POUR ALLER PLUS LOIN !



défi n°1:

Déterminer la fréquence la plus basse et la fréquence la plus haute que vous arrivez à émettre en chantant un « Aaaa ». Rechercher sur internet quelle est votre tessiture. La tessiture est l'ensemble des notes que vous pouvez chanter.



défi n°2 : Qui chante le plus juste ?

une note la plus proche possible de 300 Hz. l'application phyphox avec l'expérience « autocorrélation » pour vérifier la fréquence votre note. Envoyer une copie d'écran de votre meilleure performance à votre enseignant.