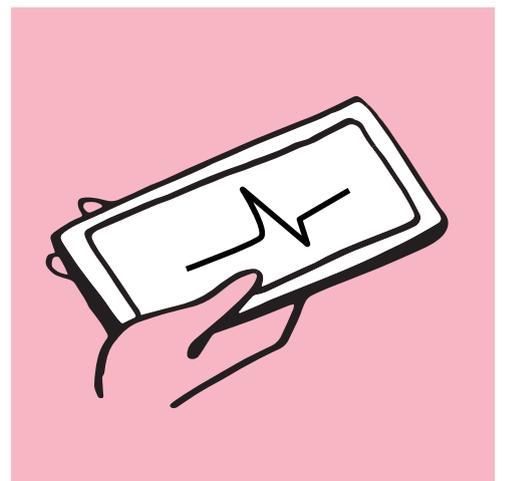
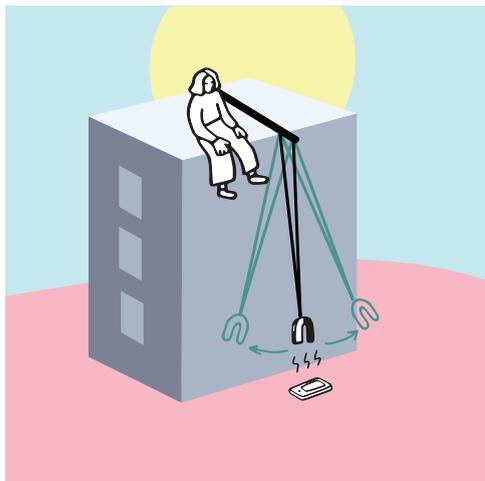
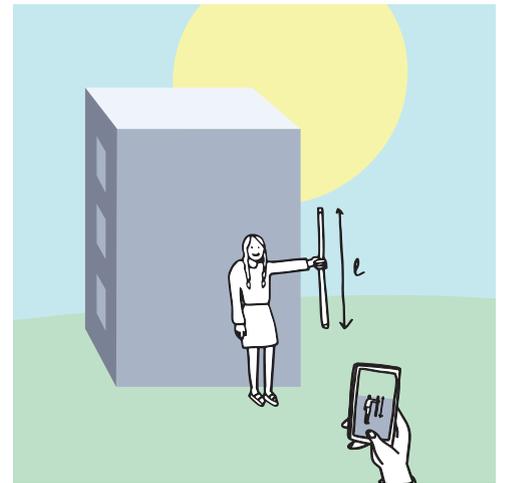


La sélection **MÉCANIQUE**

Toutes les méthodes mêlant mécanique et smartphones pour déterminer la hauteur d'un bâtiment.



Découvrez **Le Smartphone Physics Challenge** sur VULGARISATION.FR

équipe « La Physique Autrement » (Université Paris-Saclay)



Précision : haute



Difficulté : basse

N°1. Chute libre du smartphone

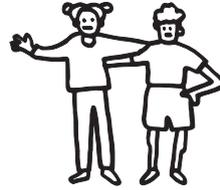
Formule

$$\begin{cases} H = \frac{1}{2}gt^2 \\ H = \int \int \ddot{z} dt \end{cases}$$

Matériel



1 drap

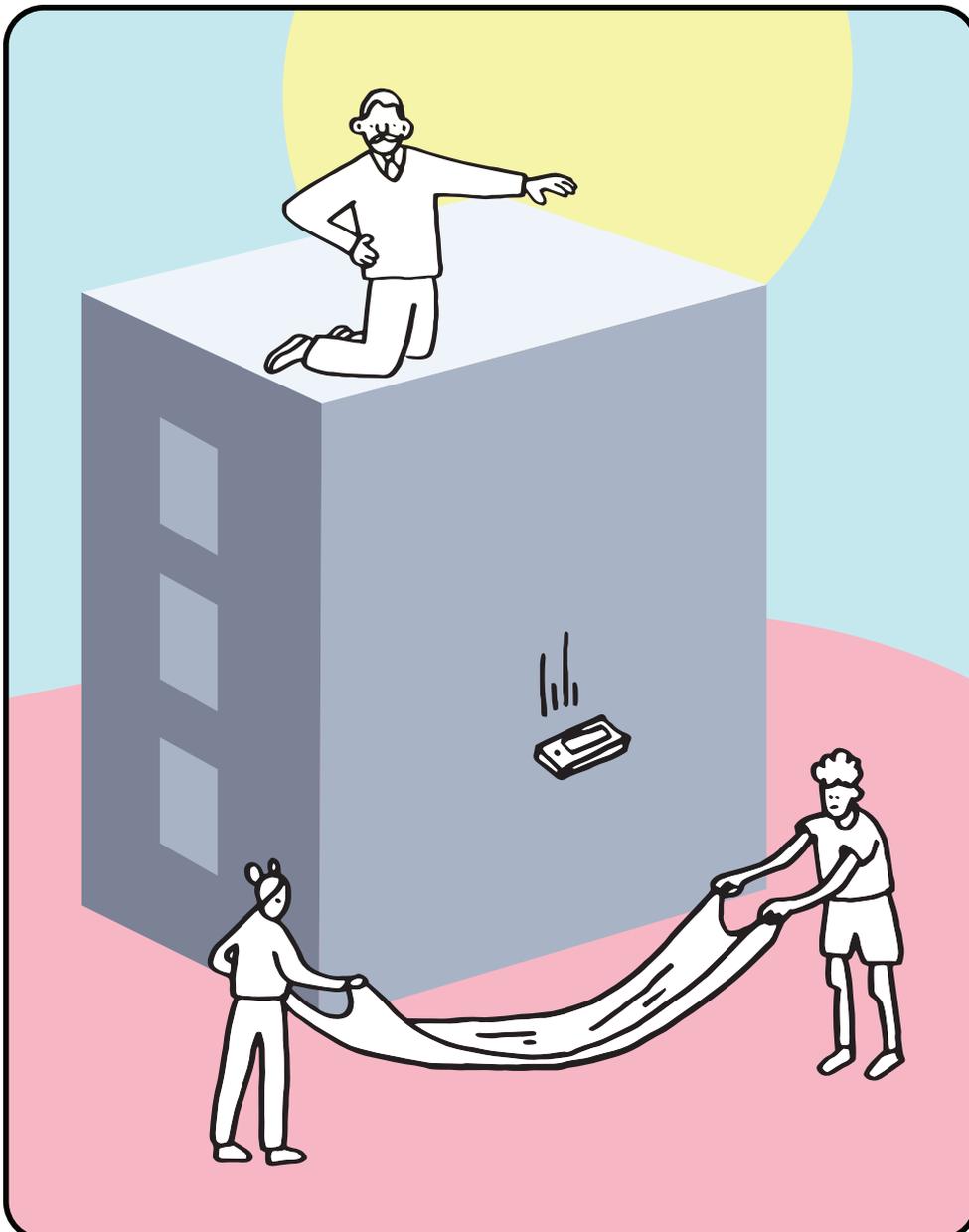


deux amis

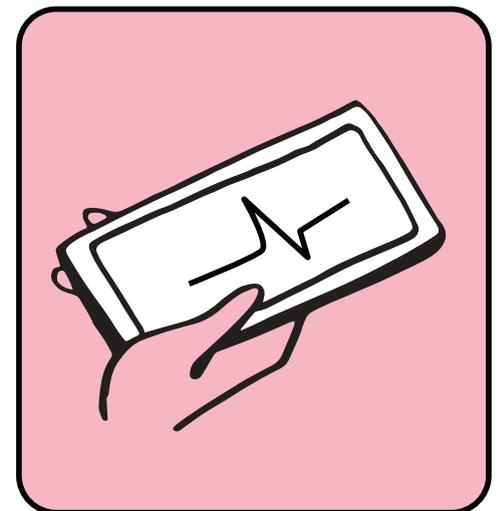


1 smartphone

Capteur :
accéléromètre



Lâchez votre smartphone du haut du bâtiment, vos amis le réceptionnant en bas dans un drap, à la façon de pompiers. L'enregistrement des données de l'accéléromètre permet de déterminer le temps de chute, et la valeur de l'accélération permet de mesurer l'effet des frottements de l'air.



t = temps de chute du smartphone, \ddot{z} = accélération du smartphone, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$



Précision : moyenne



Difficulté : minimale

N°2. Chute libre & chronomètre

Formule

$$H = \frac{1}{2} g t^2$$

Matériel

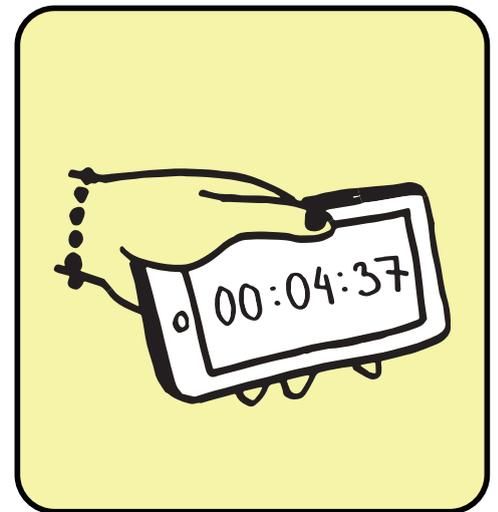
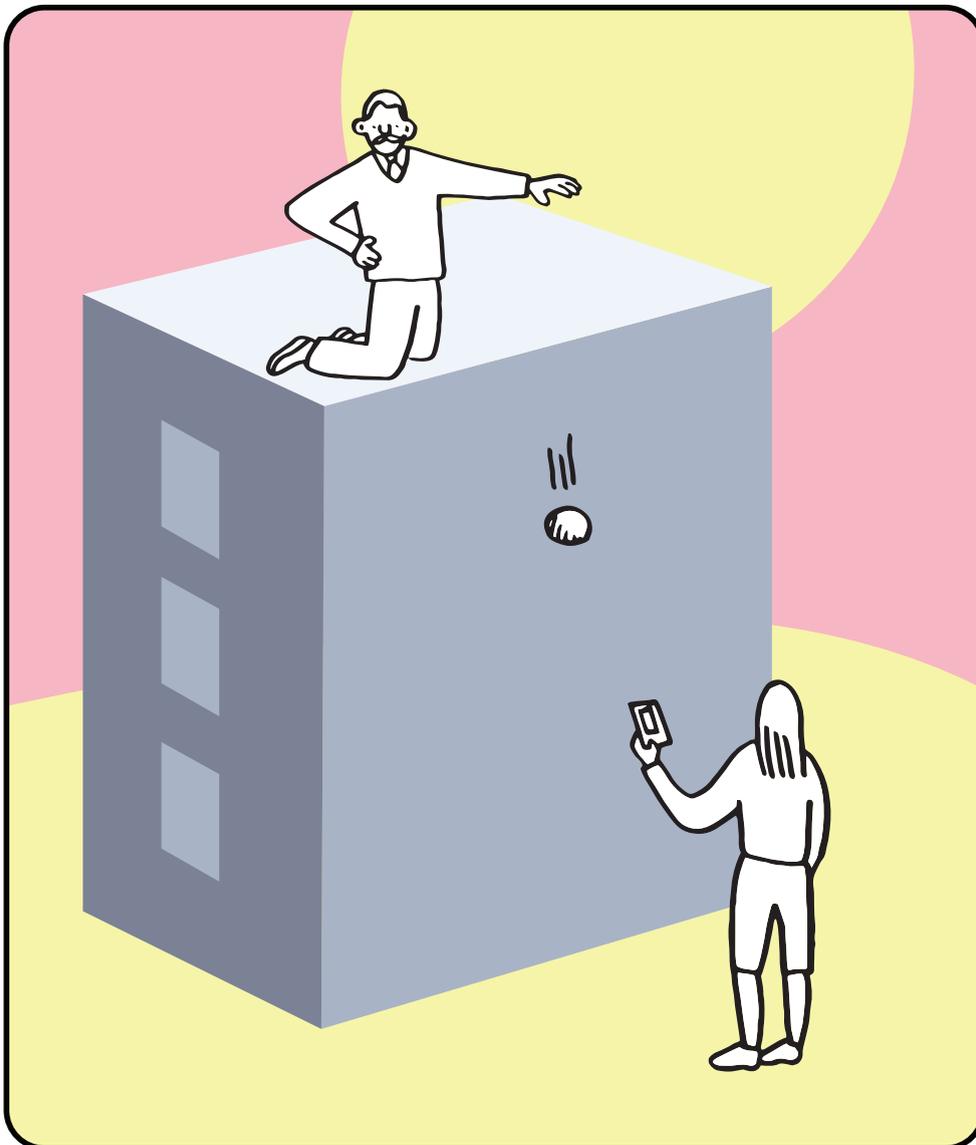


1 balle



Capteur :
chronomètre

1 smartphone



Lâchez la balle du haut du bâtiment. Chronométrez la chute.

t = temps de chute de la balle,
 $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

Les frottements de l'air peuvent perturber cette mesure.



Précision : haute



Difficulté : minimale

N°3. Chute libre filmée

Formule

$$H = \frac{1}{2} g t^2$$

Matériel

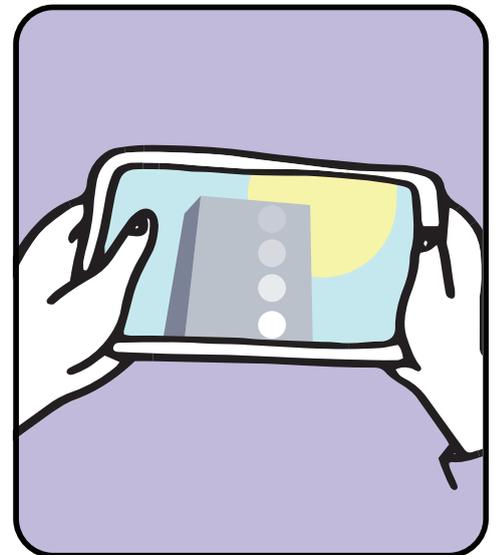
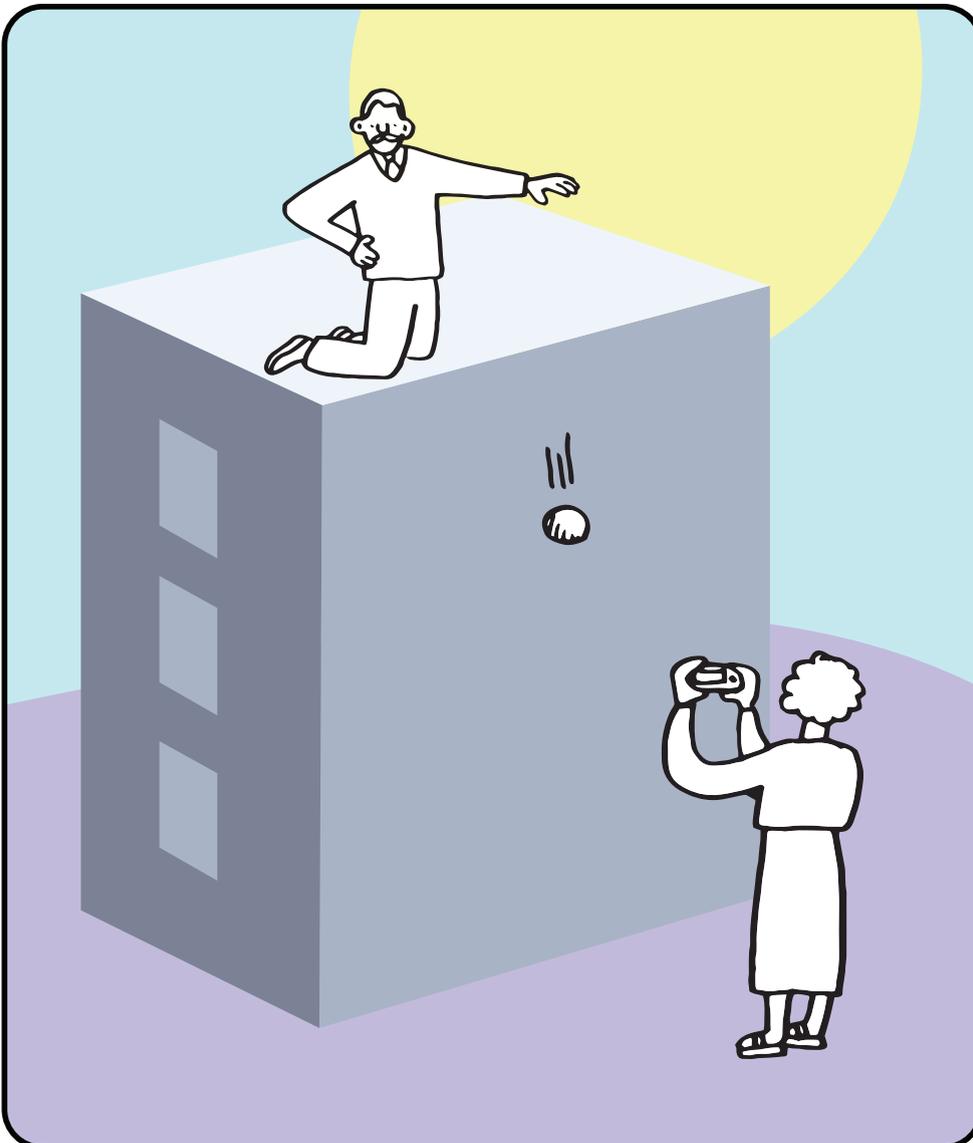


1 balle



Capteur :
caméra

1 smartphone



Lâchez la balle du haut du bâtiment. Filmez la chute pour en déterminer la durée.

t = temps de chute de la balle,
g = 9.8 ms⁻²

Les frottements de l'air peuvent perturber cette mesure.



Précision : haute



Difficulté : basse

N°4. Son d'une chute libre

Formule

$$H = \frac{1}{2} g t^2$$

Matériel



1 balle

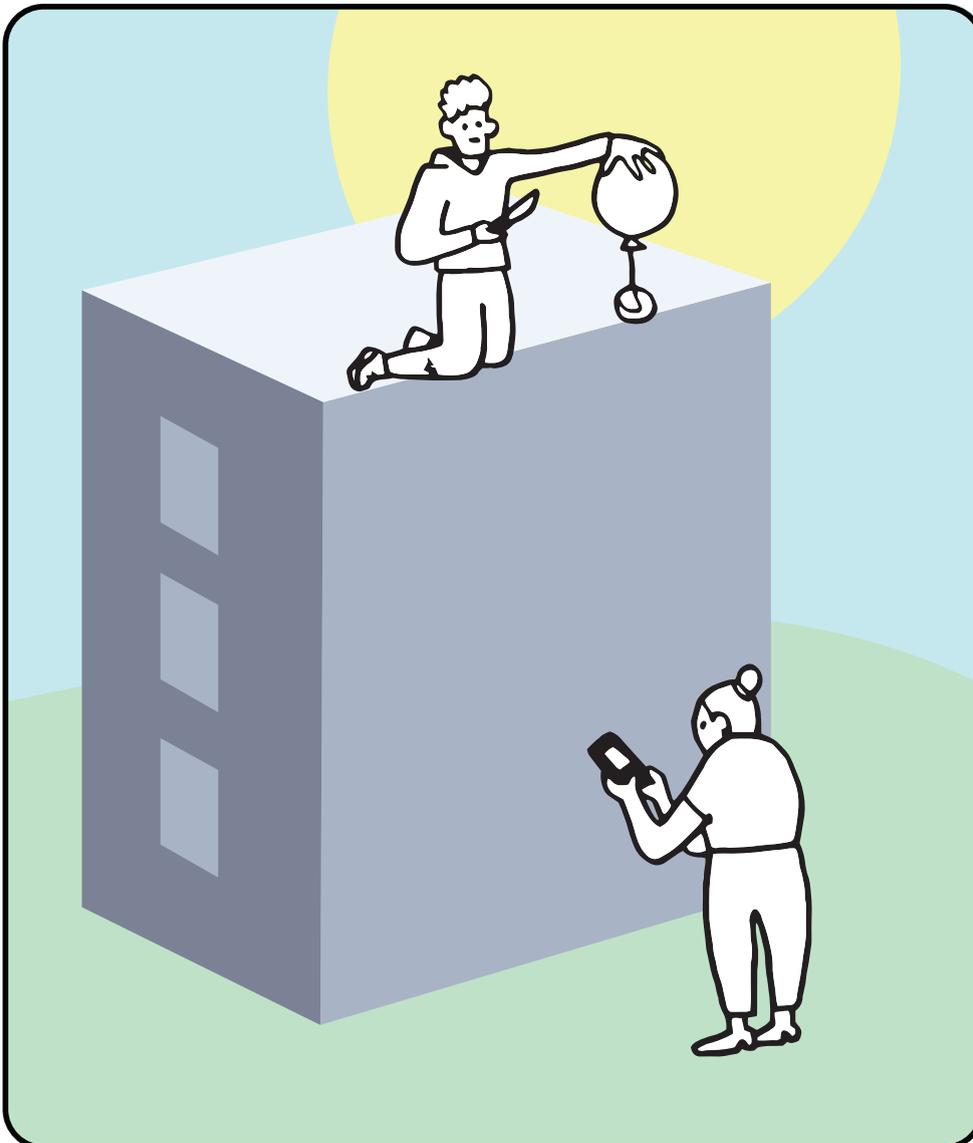


1 ballon



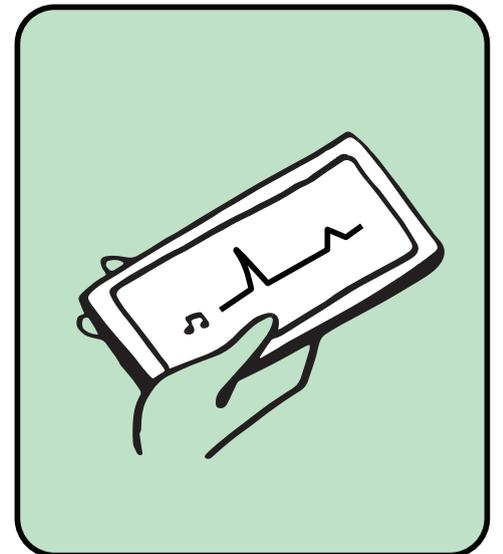
Capteur :
micro

1 smartphone



Attachez la balle au ballon de baudruche. Montez en haut du bâtiment, et laissez chuter la balle en éclatant le ballon. Le smartphone, en bas du bâtiment, enregistre le son et permet de déterminer le temps de chute.

t = temps de chute de la balle, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$



Les frottements de l'air peuvent perturber cette mesure.



Précision : moyenne



Difficulté : basse

N°5. Fin de chute filmée

Formule

$$H = \frac{v^2}{2g}$$

Matériel



1 balle

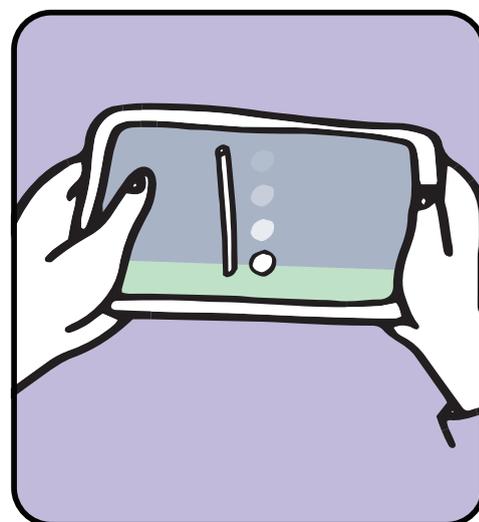
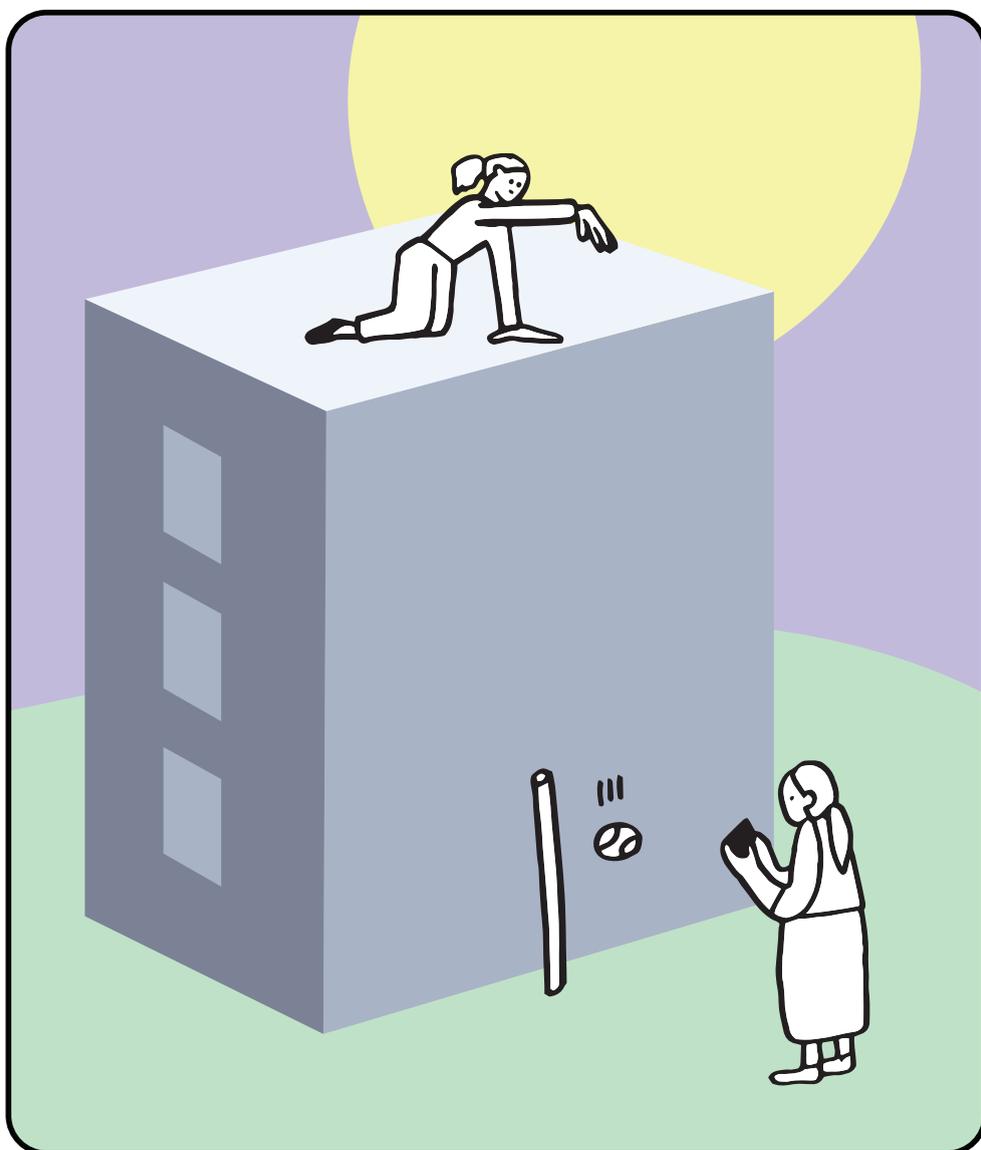


1 barre de
taille connue



Capteur :
caméra

1 smartphone



Lâchez la balle du haut du bâtiment. Filmez les derniers instants de la chute de la balle, la barre servant d'échelle. Déterminez la vitesse de la balle.

v = vitesse finale de la balle,
 $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

Les frottements de l'air peuvent perturber cette mesure.



Précision : moyenne



Difficulté : moyenne

N°6. Fin de chute & Doppler

Formule

$$H = \frac{v^2}{2g}$$

Matériel



1 haut-parleur bluetooth

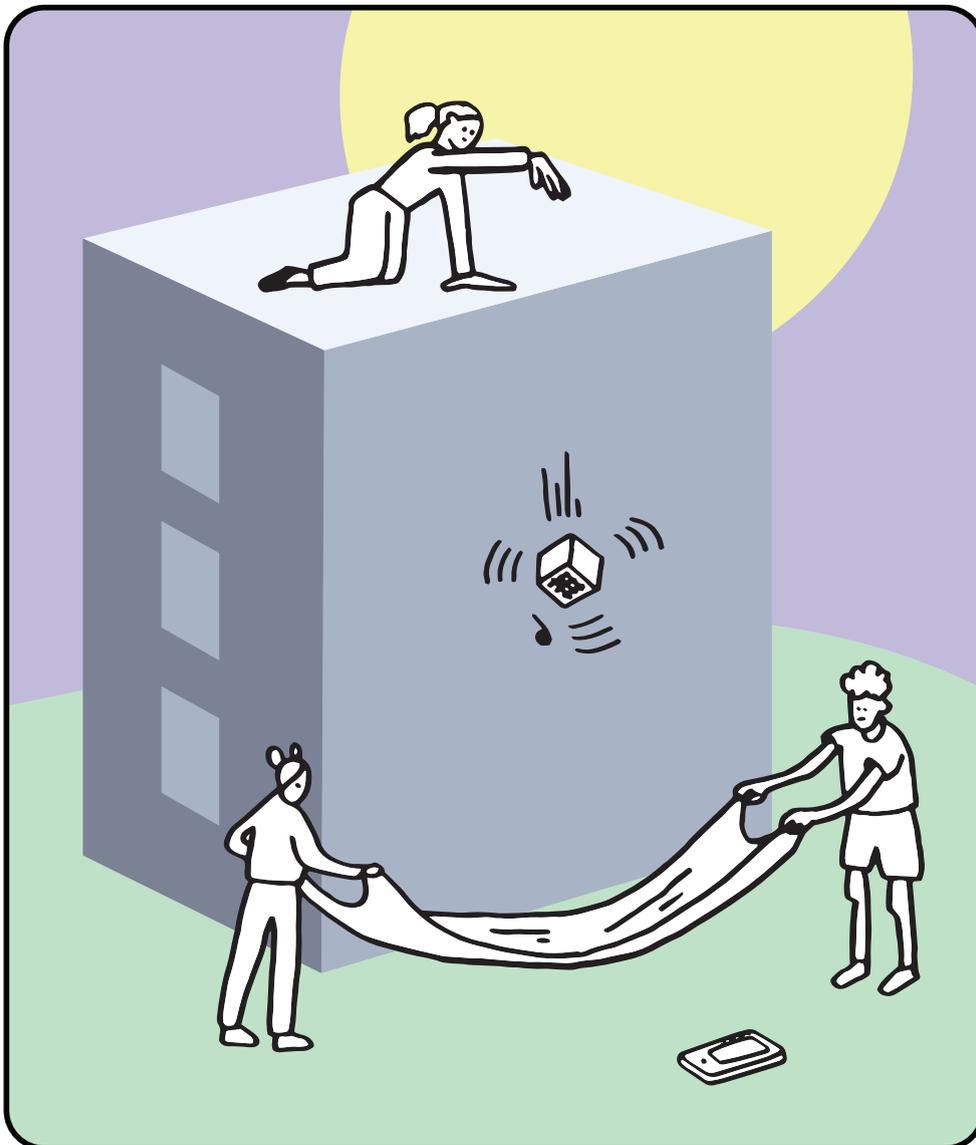


1 drap



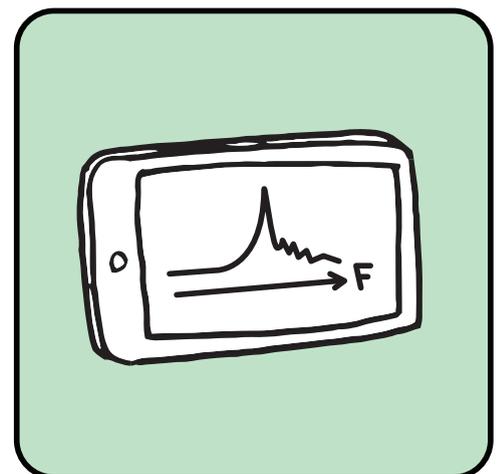
Capteur : **micro**

1 smartphone



Lâchez le haut-parleur du haut du bâtiment, en lui faisant émettre une note continue. En bas, le smartphone enregistre le son pour déterminer la vitesse de chute par effet Doppler. (Rattrapez le haut-parleur dans un drap tendu entre deux personnes.)

v = vitesse finale vitesse finale du haut-parleur, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$



Les frottements de l'air peuvent perturber cette mesure.



Précision : moyenne



Difficulté : moyenne

N°7. Lancer horizontal

Formule

$$H = \frac{1}{2} g \left(\frac{l}{v_0} \right)^2$$



1 mètre
mesureur



1 barre de
taille connue

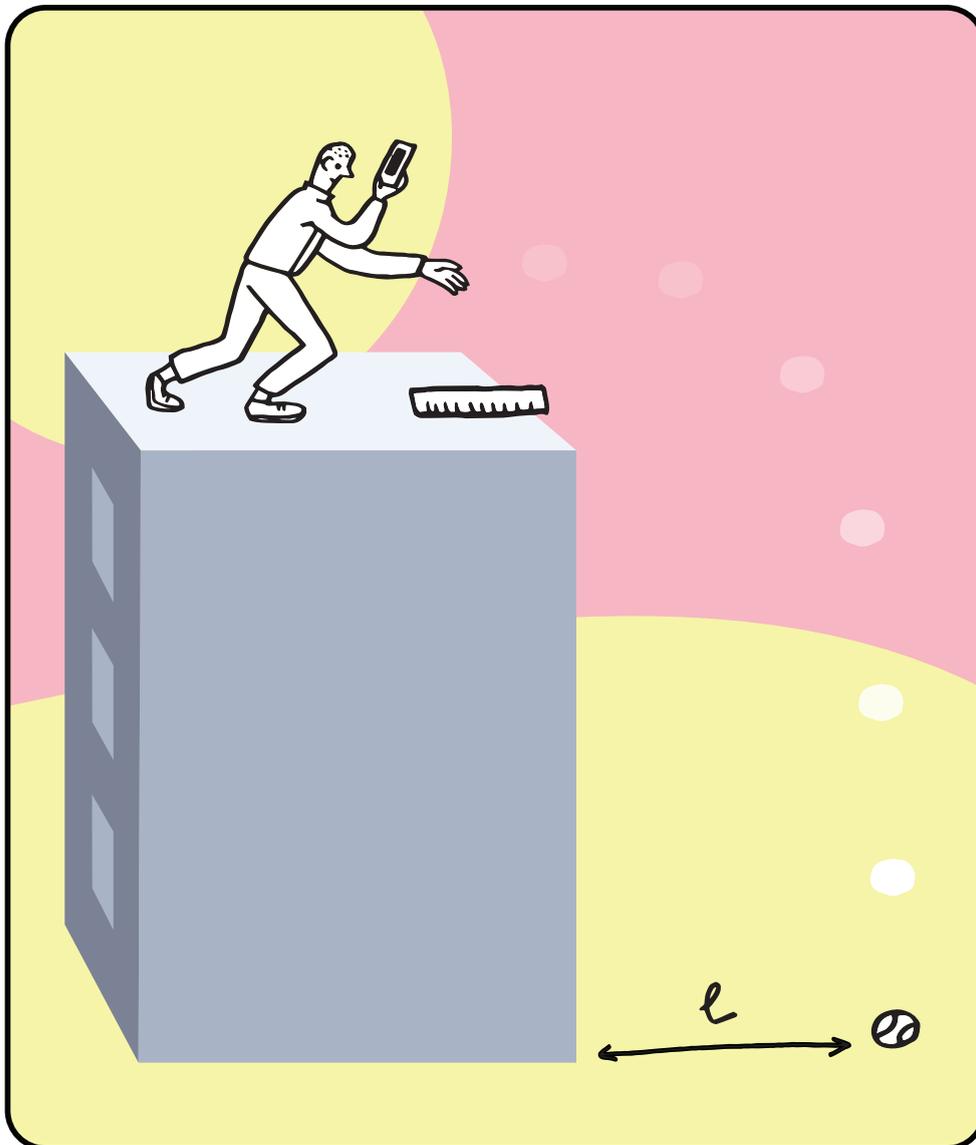


1 balle



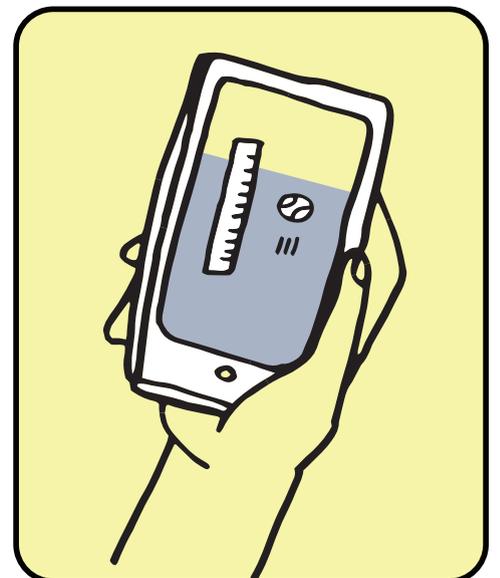
Capteur :
caméra

1 smartphone



Du haut du bâtiment, la balle est lancée horizontalement. Filmez pour déterminer la vitesse initiale de la balle (la barre donne l'échelle). Mesurez la distance au bâtiment à laquelle la balle touche le sol.

v_0 = vitesse horizontale de la balle ,
 l = distance au bâtiment où la balle
touche le sol, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$



Les frottements de l'air peuvent perturber cette mesure.



Précision : moyenne



Difficulté : basse

N°8. Rebonds filmés

Formule

$$\begin{cases} t_n = 2e^n t_0 \\ H = \frac{1}{2} g t_0^2 \end{cases}$$

Matériel

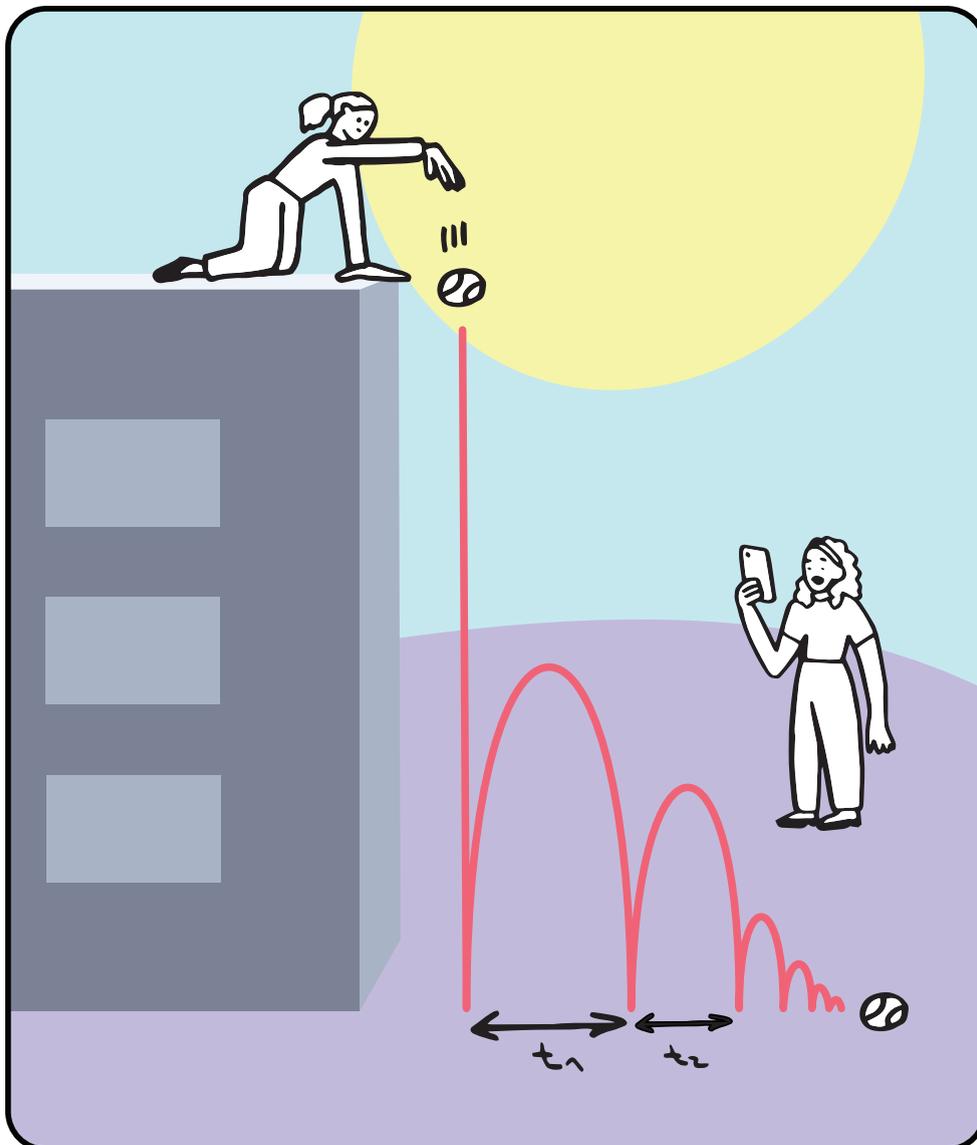


1 balle



Capteur :
caméra

1 smartphone



Laissez tomber la balle du haut du bâtiment. Filmez les rebonds successifs de la balle pour en déterminer le coefficient de restitution (supposé constant) et les durées des rebonds.

t_n = durée du nième rebond,
 e = coefficient de restitution,
 t_0 = temps de chute du haut du bâtiment, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

Les frottements de l'air peuvent perturber cette mesure.



Précision : moyenne



Difficulté : basse

N°9. Son de rebonds

Formule

$$\begin{cases} t_n = 2e^n t_0 \\ H = \frac{1}{2} g t_0^2 \end{cases}$$

Matériel

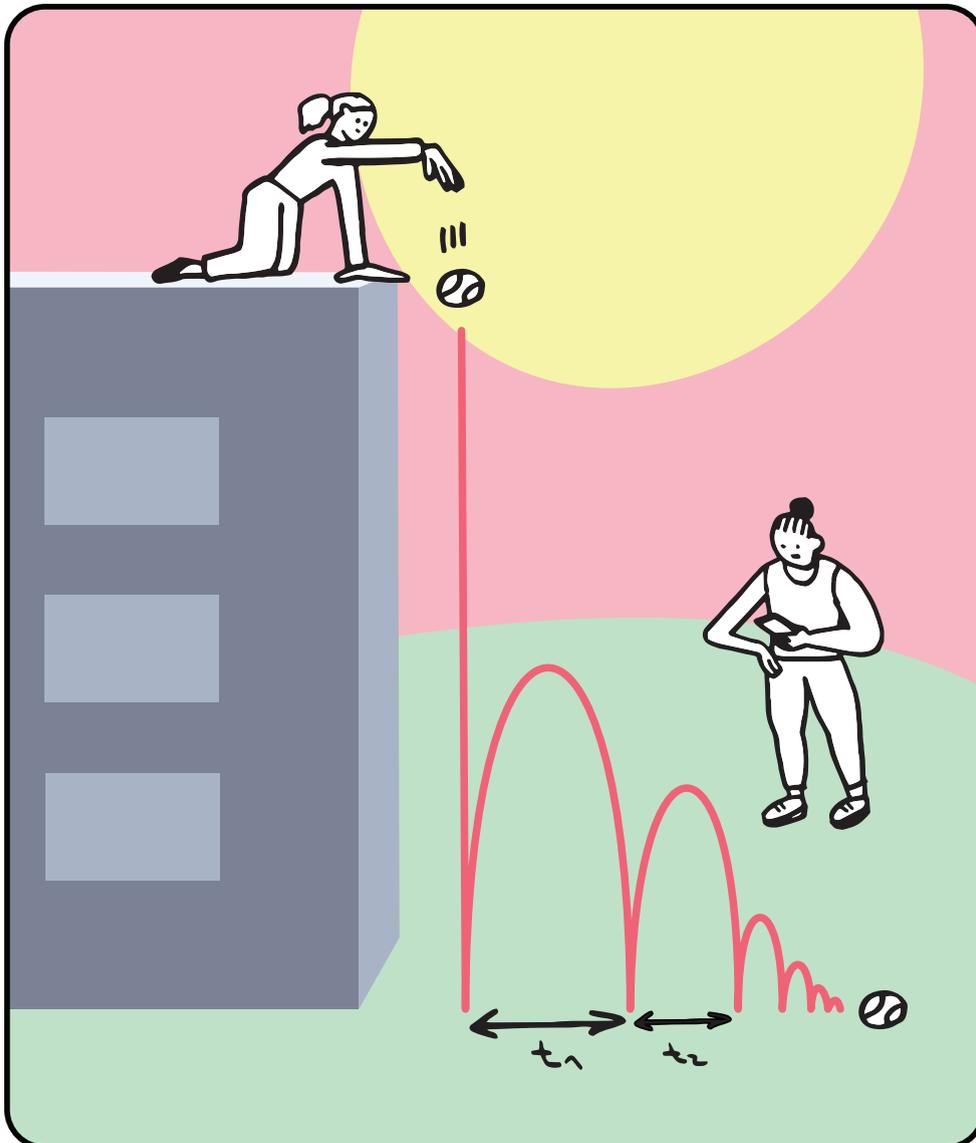


1 balle



Capteur : **micro**

1 smartphone



Laissez tomber la balle du haut du bâtiment. Enregistrez le son des rebonds successifs de la balle pour en déterminer les durées (le coefficient de restitution est supposé constant).

t_n = durée du nième rebond,
 e = coefficient de restitution,
 t_0 = temps de chute du haut du bâtiment, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

Les frottements de l'air peuvent perturber cette mesure.



Précision : maximale



Difficulté : moyenne

N°10.

Pendule géant chronométré

Formule

$$H = g \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2$$

Matériel



1 longue
corde

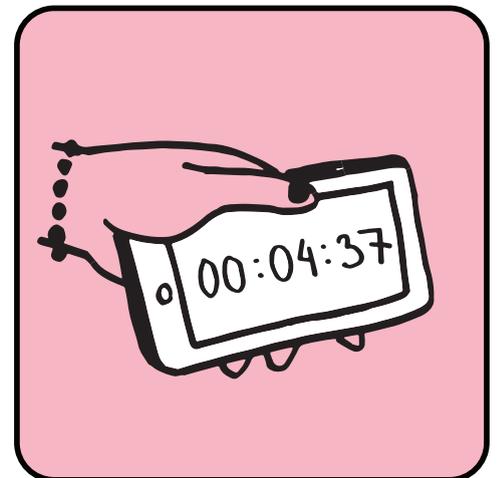
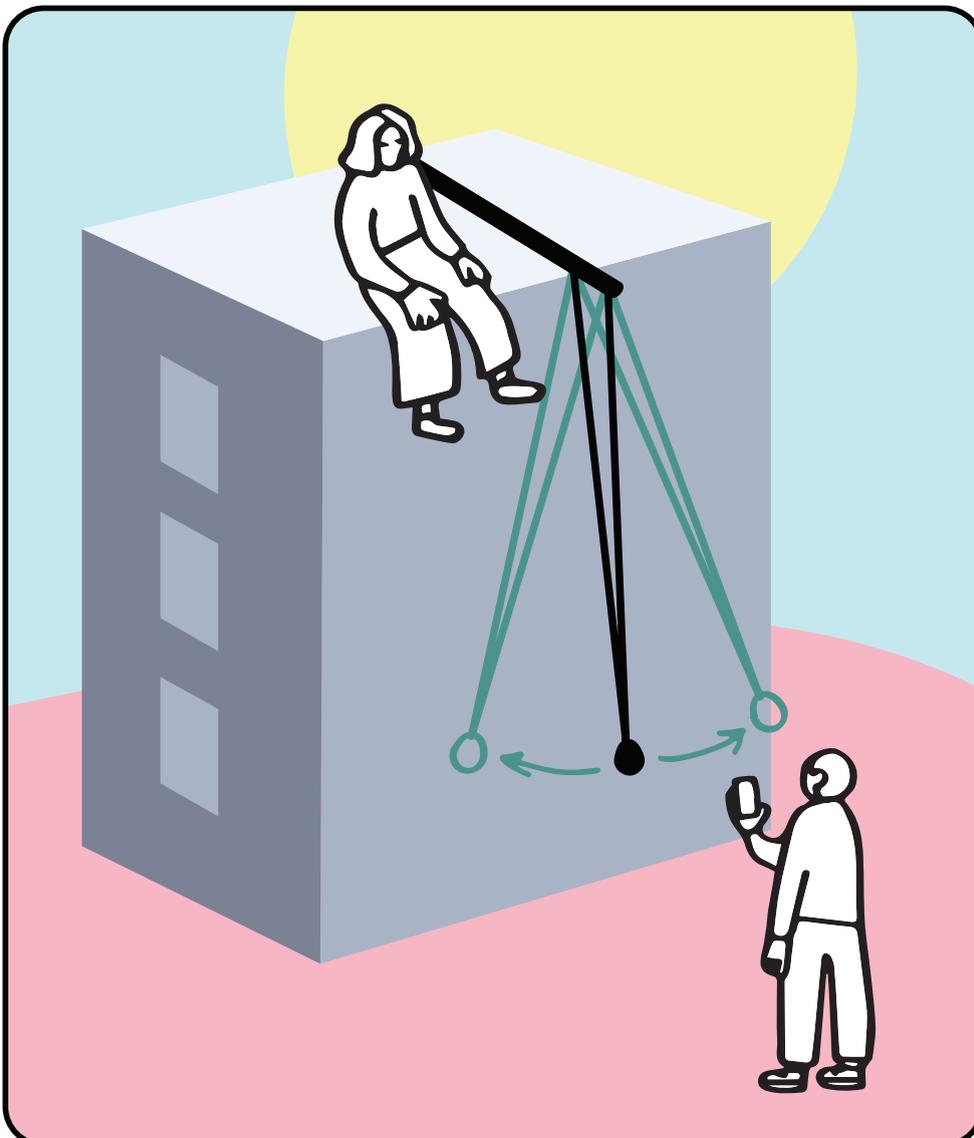


1 masse



1 smartphone

Capteur :
chronomètre



Fabriquez un pendule géant de la taille du bâtiment. Utilisez le chronomètre du smartphone pour déterminer la période.

T = période du pendule,
g = 9.8 ms⁻²

Attention, le pendule ne doit pas tourner dans tous les sens, il doit seulement se balancer.



Précision : maximale



Difficulté : moyenne

N°11. Pendule géant filmé

Formule

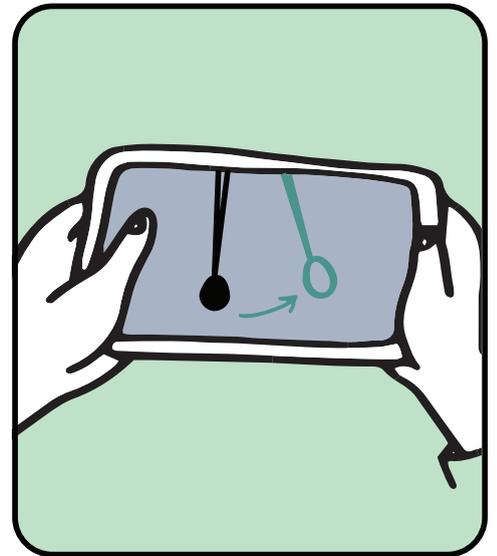
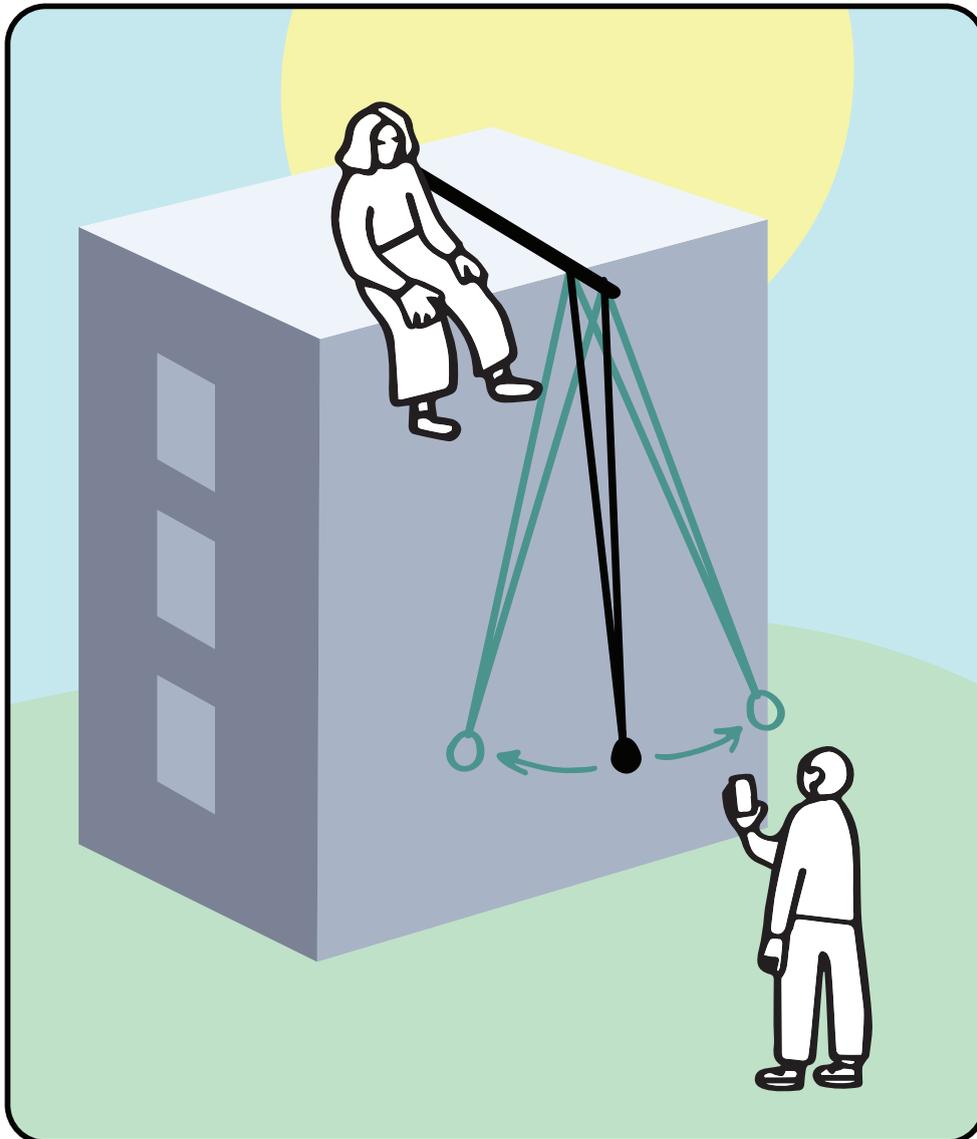
$$H = g \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2$$

Matériel



Capteur :
caméra

1 smartphone



Fabriquez un pendule géant de la taille du bâtiment. Filmez les oscillations du pendule pour en déterminer la période.

T = période du pendule,
g = 9.8 ms⁻²

Attention, le pendule ne doit pas tourner dans tous les sens, il doit seulement se balancer.



Précision : basse



Difficulté : moyenne

N°12. Pendule géant avec accéléromètre

Formule

$$H = g \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2$$

Matériel



1 longue corde

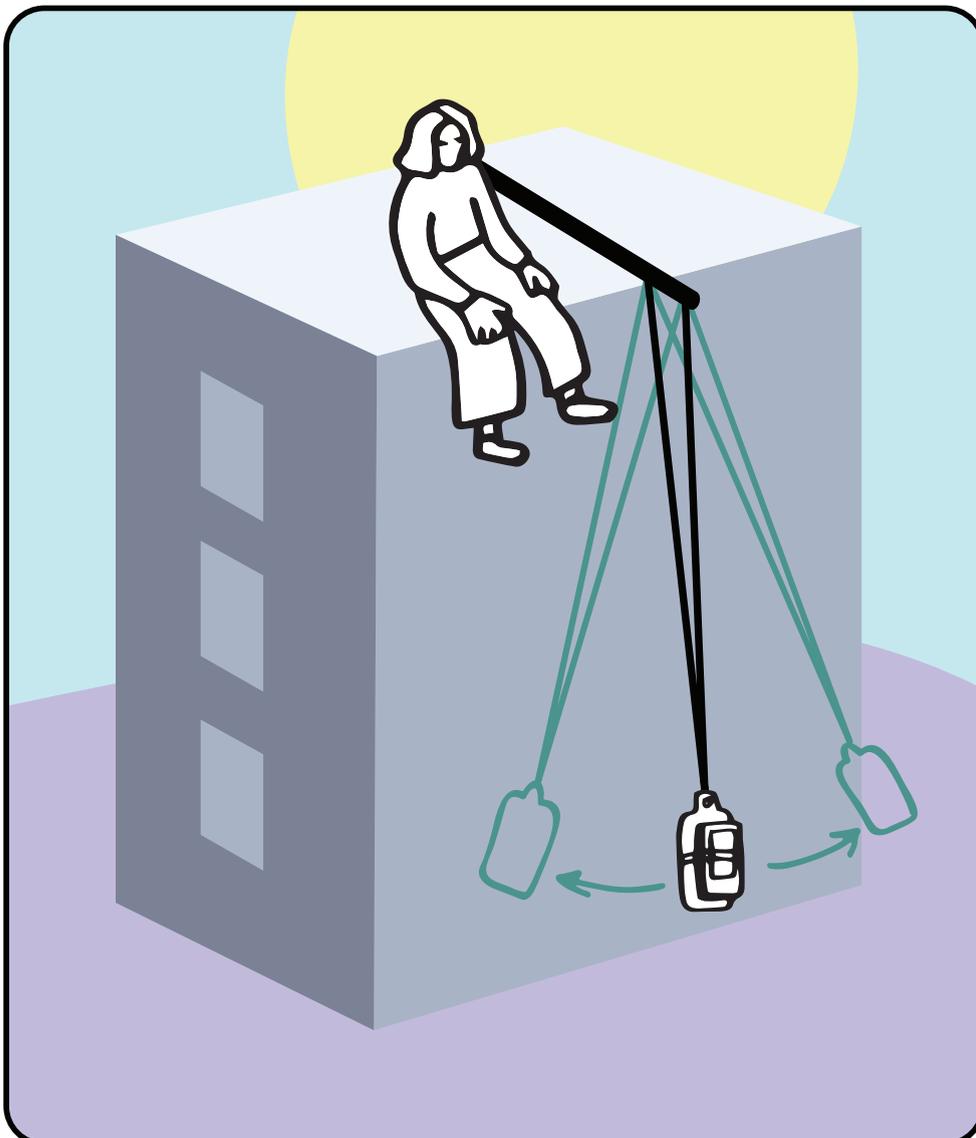


1 masse

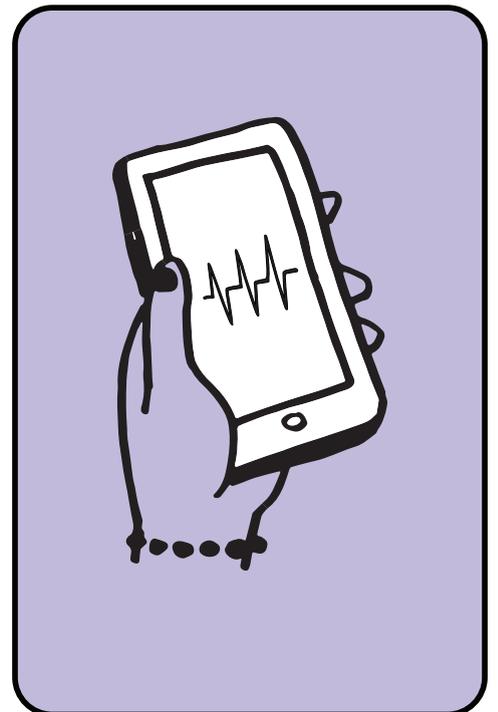


1 smartphone

Capteur : **accéléromètre**



Fabriquez un pendule géant de la taille du bâtiment. Fixez le smartphone au balancier, et utilisez l'accéléromètre pour déterminer la période.



T = période du pendule,
g = 9.8 ms⁻²

Plus le bâtiment sera haut, plus petites seront les accélérations, et plus difficile sera la mesure.



Précision : basse



Difficulté : moyenne

N°13. Pendule géant avec gyroscope

Formule

$$H = g \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2$$



1 longue corde

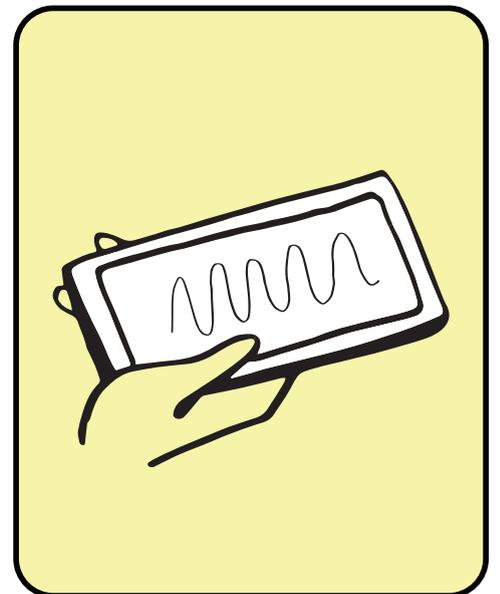
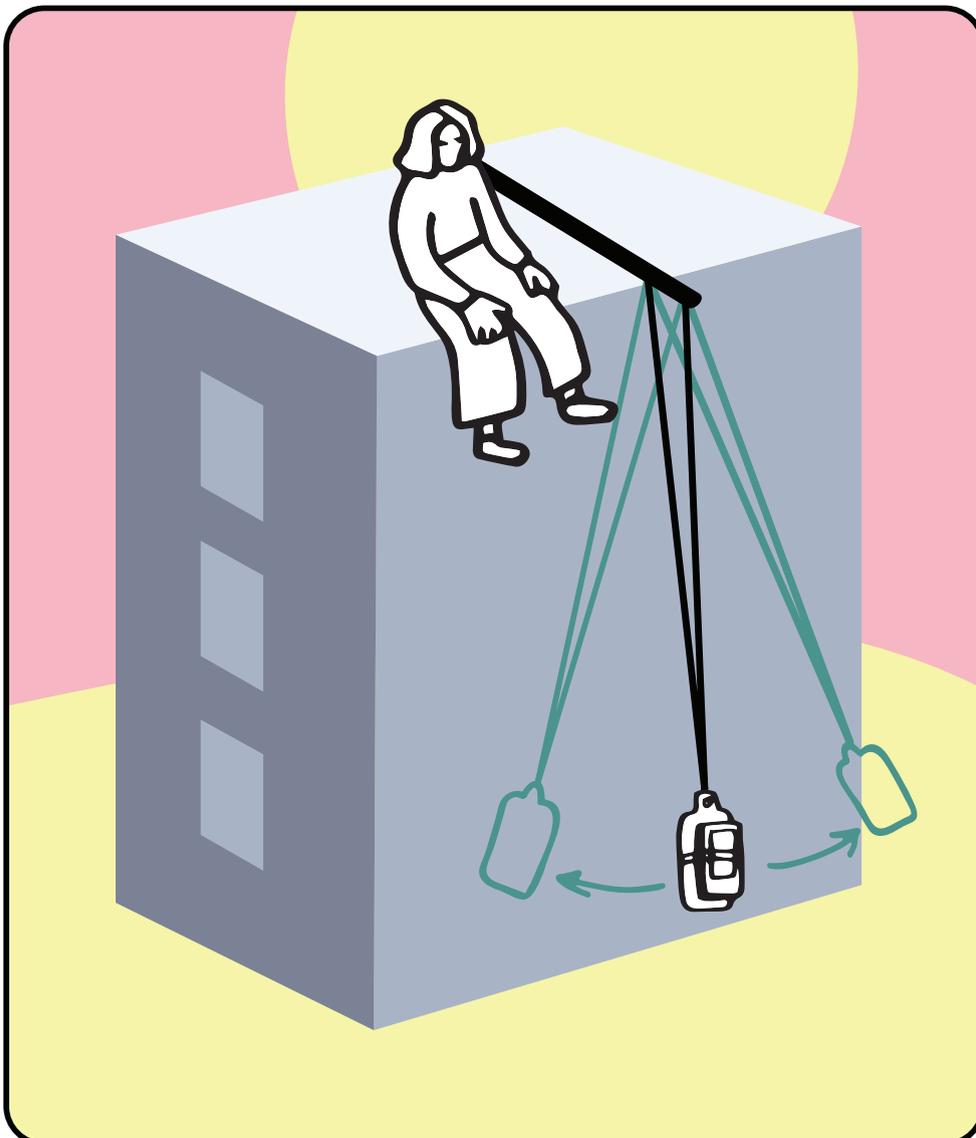


1 masse



1 smartphone

Capteur : gyroscope



Fabriquez un pendule géant de la taille du bâtiment. Fixez le smartphone au balancier, et utilisez le gyroscope pour déterminer la période.

T = période du pendule,
g = 9.8 ms⁻²

Plus le bâtiment sera haut, plus petites seront les accélérations, et plus difficile sera la mesure.



Précision : haute



Difficulté : moyenne

N°14. Pendule géant avec un aimant

Formule

$$H = g \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2$$

Matériel



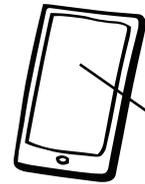
1 longue corde



1 masse

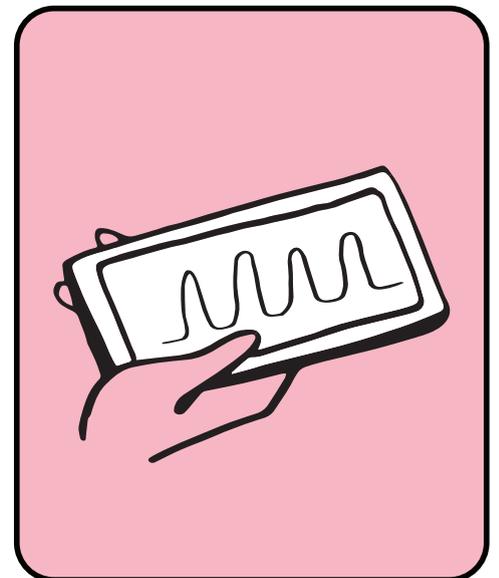
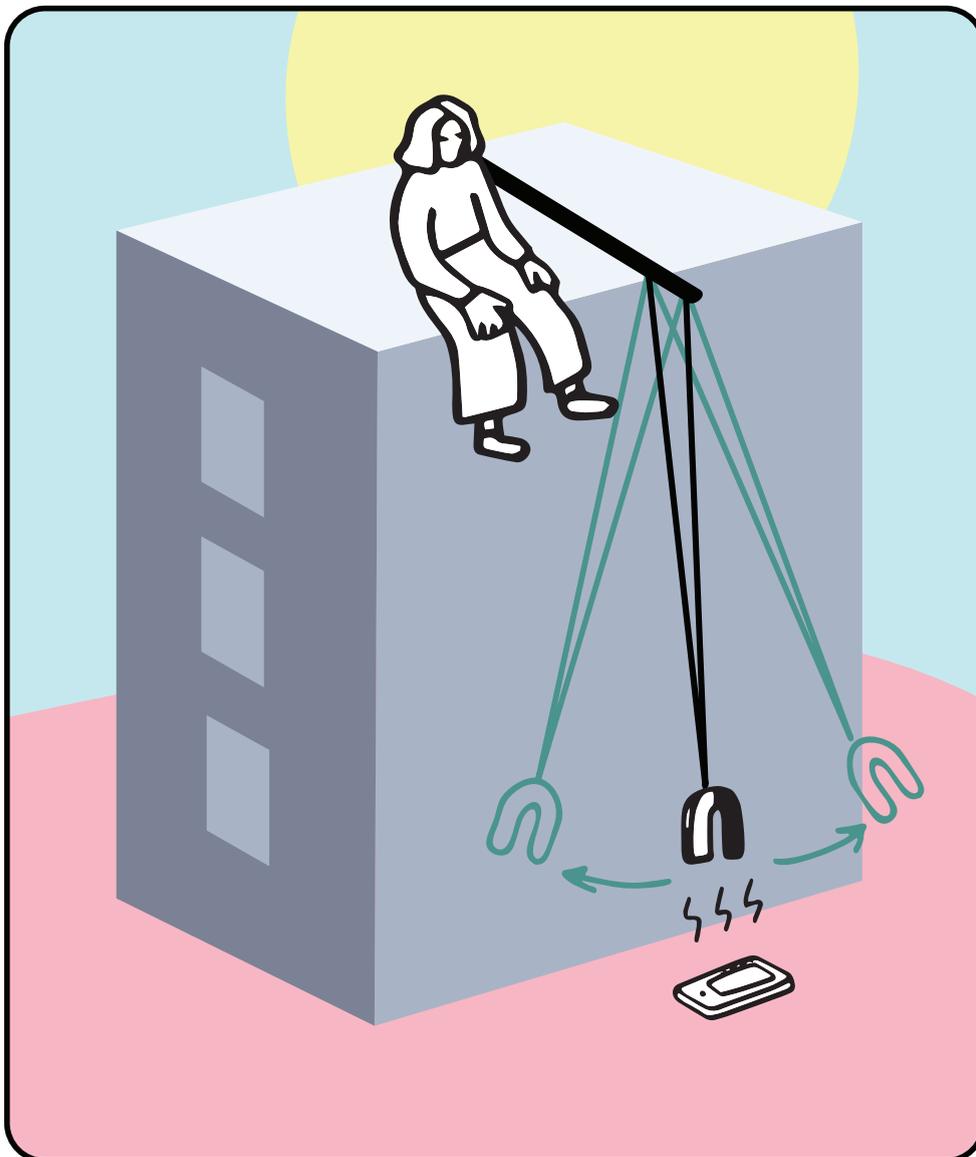


1 aimant



Capteur :
**magné-
tomètre**

1 smartphone



Fabriquez un pendule géant de la taille du bâtiment. Fixez un aimant sur le balancier. Positionnez le smartphone à la verticale pour qu'il détecte le passage de l'aimant.

T = période du pendule,
g = 9.8 ms⁻²

Le champ magnétique terrestre peut être utilisé à la place de l'aimant ; le smartphone doit alors être fixé sur le balancier.



Précision : haute



Difficulté : moyenne

N°15. Pendule géant par lumière

Formule

$$H = g \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2$$

Matériel



1 longue corde

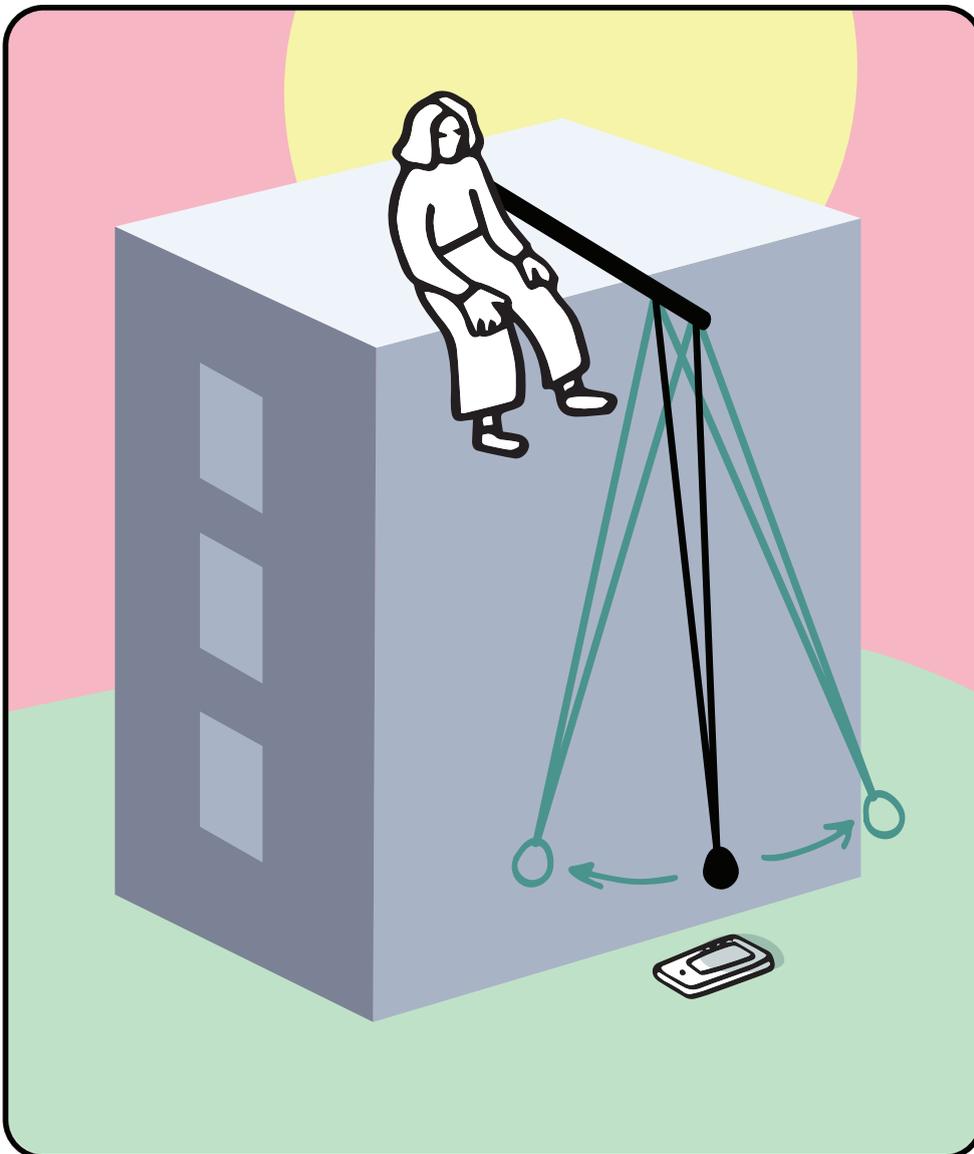


1 masse

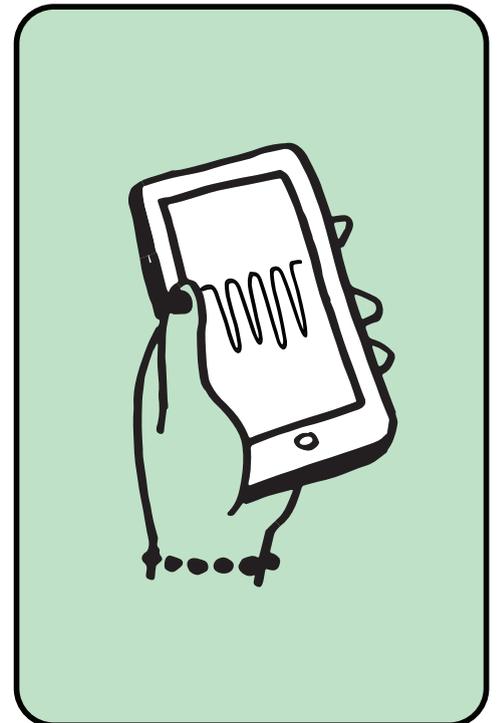


Capteur :
capteur de lumière

1 smartphone



Fabriquez un pendule géant de la taille du bâtiment. Positionnez le smartphone à la verticale pour qu'il détecte le passage de l'ombre du balancier.



T = période du pendule,
g = 9.8 ms⁻²

Attention, le pendule ne doit pas tourner dans tous les sens, il doit seulement se balancer.



Précision : haute



Difficulté : moyenne

N°16. Pendule géant par proximité

Formule

$$H = g \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2$$

Matériel



1 longue corde

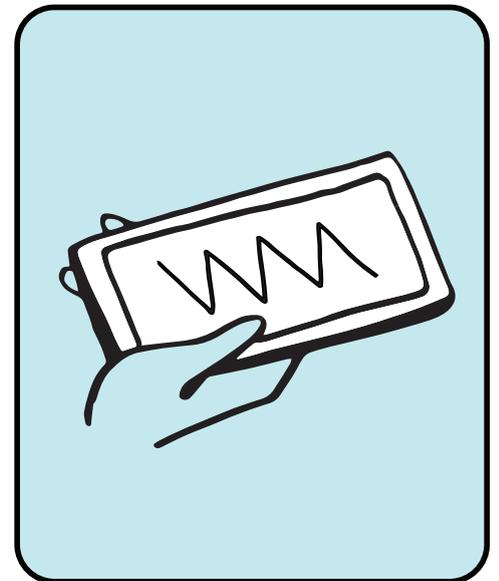
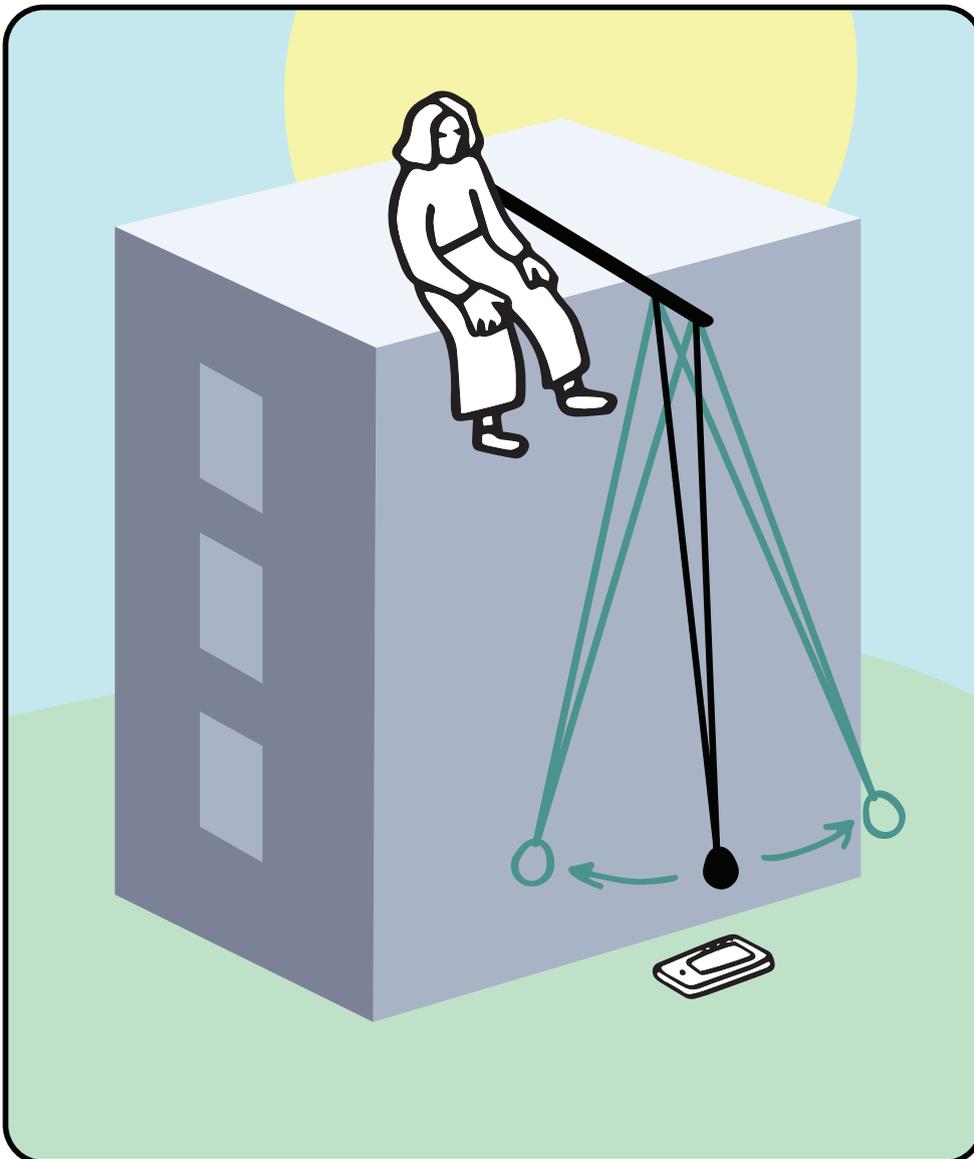


1 masse



Capteur :
capteur de proximité

1 smartphone



Fabriquez un pendule géant de la taille du bâtiment. Positionnez le smartphone à la verticale, très proche du passage du pendule, pour qu'il détecte le passage avec le capteur de proximité.

T = période du pendule,
g = 9.8 ms⁻²

Attention, le pendule ne doit pas tourner dans tous les sens, il doit seulement se balancer.



Précision : haute



Difficulté : moyenne

N°17. Pendule géant par le son

Formule

$$H = g \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2$$

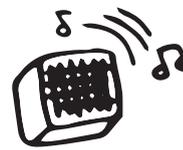
Matériel



1 longue corde



1 masse

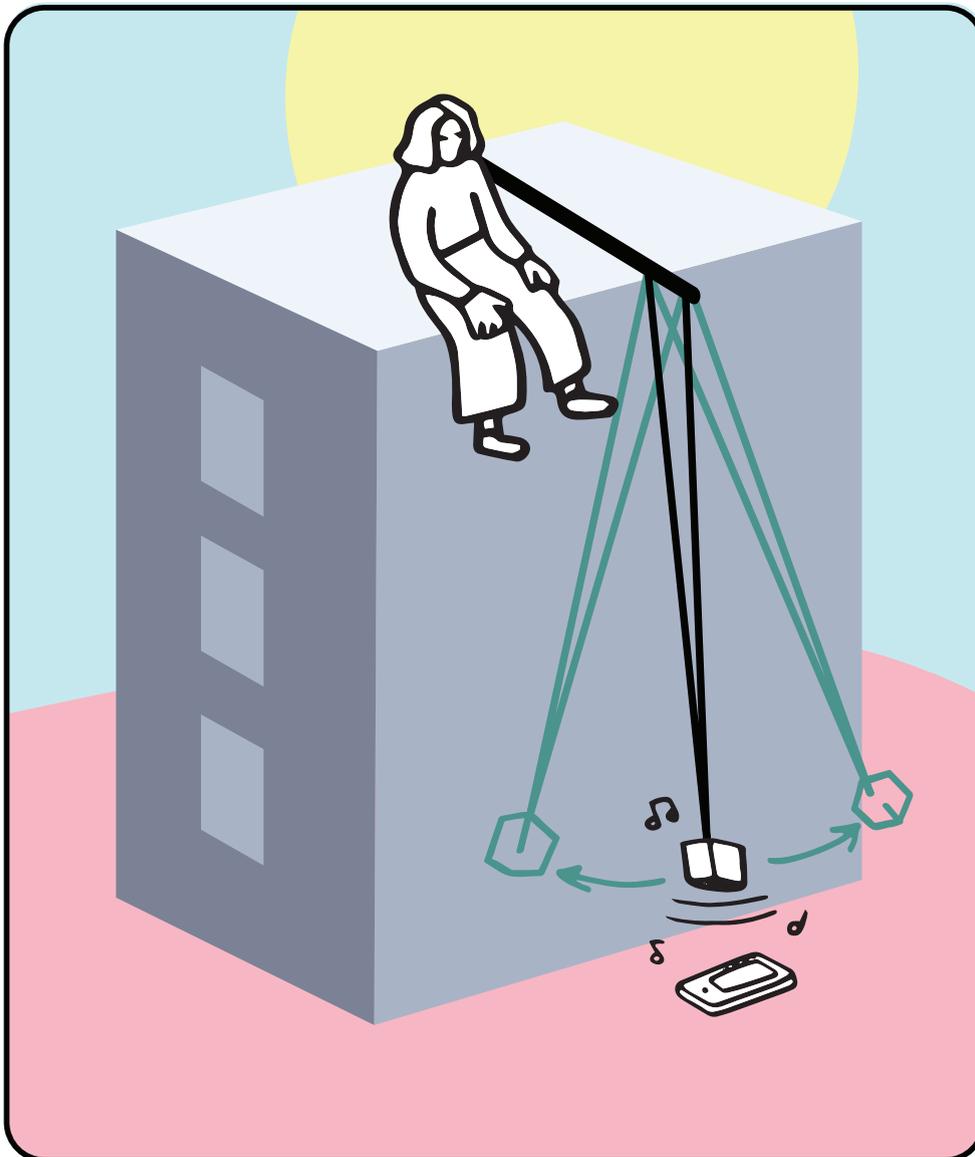


1 haut-parleur bluetooth



1 smartphone

Capteur :
micro



Fabriquez un pendule géant de la taille du bâtiment. Fixez le haut-parleur au balancier, et envoyez un son constant. Positionnez le smartphone à la verticale, et utilisez la variation de l'amplitude du son enregistré pour déterminer la période.



T = période du pendule,
g = 9.8 ms⁻²

Attention, le pendule ne doit pas tourner dans tous les sens, il doit seulement se balancer.



Précision : basse



Difficulté : moyenne

N°18. Pendule géant de torsion

Formule

$$H \propto T^2$$

Matériel

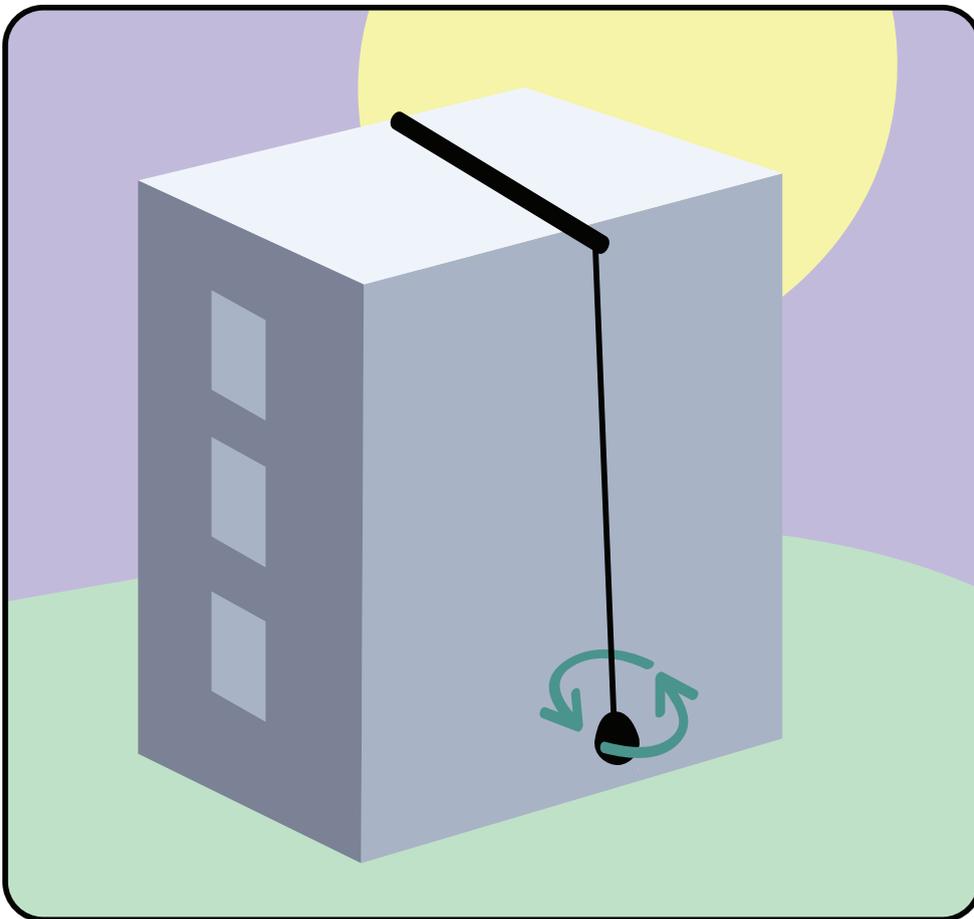


1 longue corde



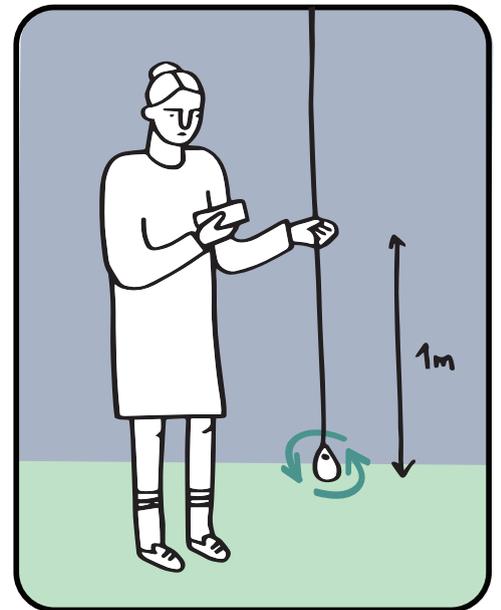
1 smartphone

Capteurs :
chronomètre, caméra,
accéléromètre, gyroscope,
magnétomètre, capteur de
lumière, capteur de
proximité, micro



Fabriquez un pendule géant de torsion de la taille du bâtiment. Mesurez la période en utilisant une des méthodes du pendule géant. Calibrez la constante de torsion en mesurant la période pour une longueur de corde de 1 m.

T = période du pendule





Précision : basse



Difficulté : haute

N°19. Accélération centripète

Formule

$$H = \frac{a_c}{\dot{\theta}^2}$$

Matériel



1 longue
corde

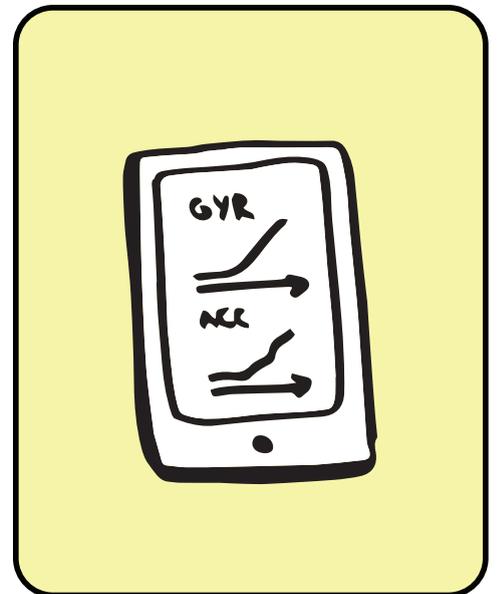
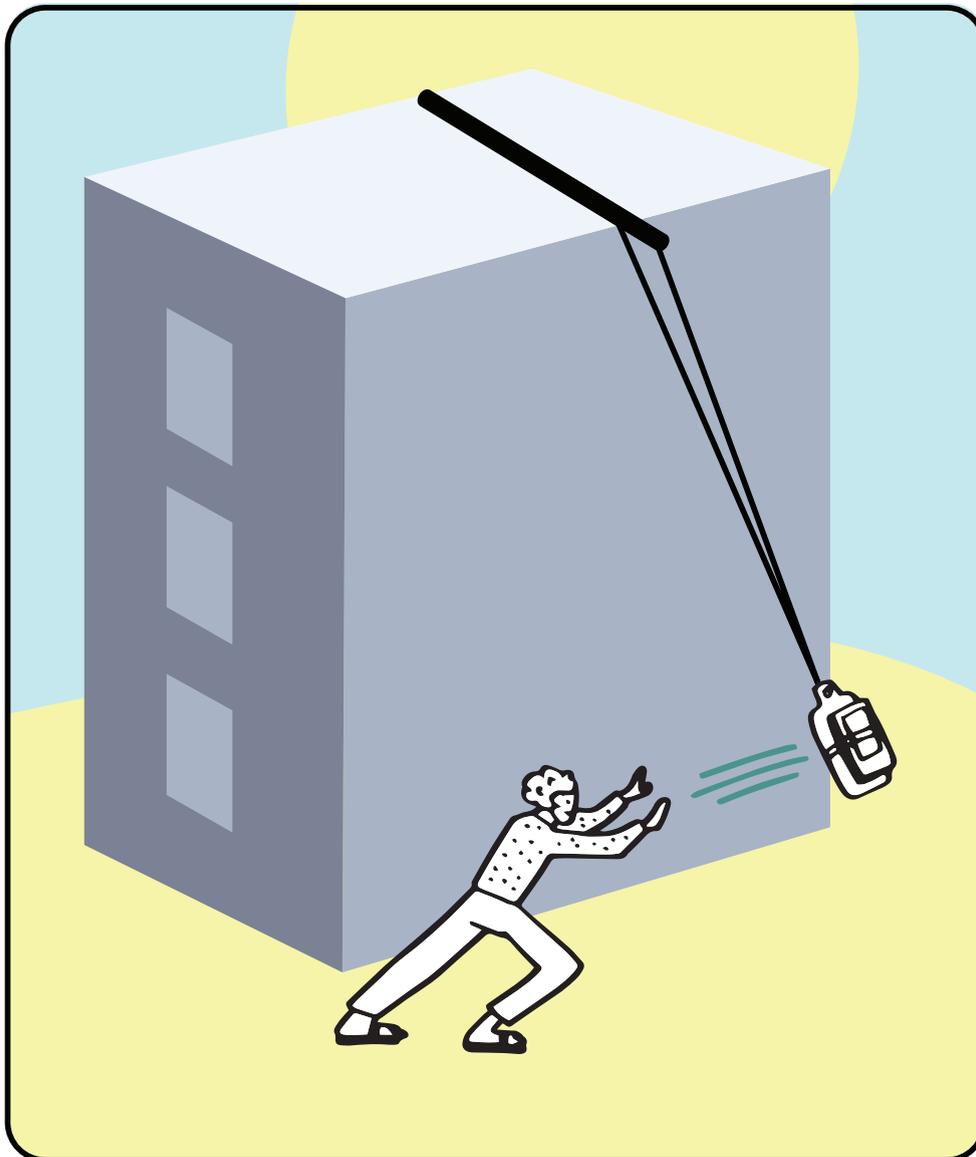


1 masse



1 smartphone

Capteurs :
**accéléromètre
et gyroscope**



Fabriquez un pendule géant de la taille du bâtiment. Fixez le smartphone au balancier, et utilisez l'accéléromètre pour déterminer l'accélération centripète et le gyroscope pour déterminer la vitesse angulaire.

a_c = accélération centripète,
 $\dot{\theta}$ = vitesse angulaire

Plus le bâtiment sera haut, plus petites seront les accélérations, et plus difficile sera la mesure. Lancez le pendule le plus fort possible raisonnablement.



Précision : basse



Difficulté : maximale

N°20. Vitesse angulaire

Formule

$$H = \frac{v}{\dot{\theta}}$$

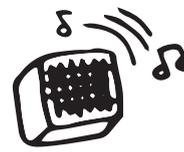
Matériel



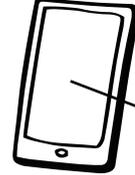
1 longue corde



1 masse

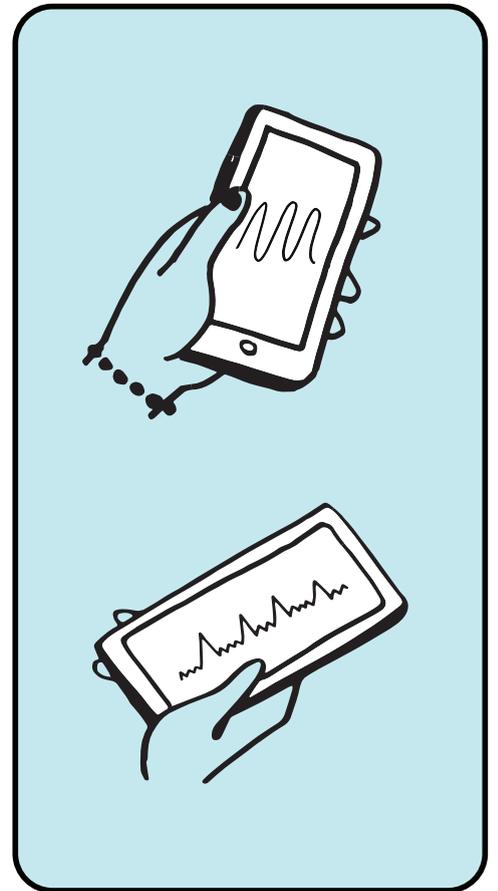
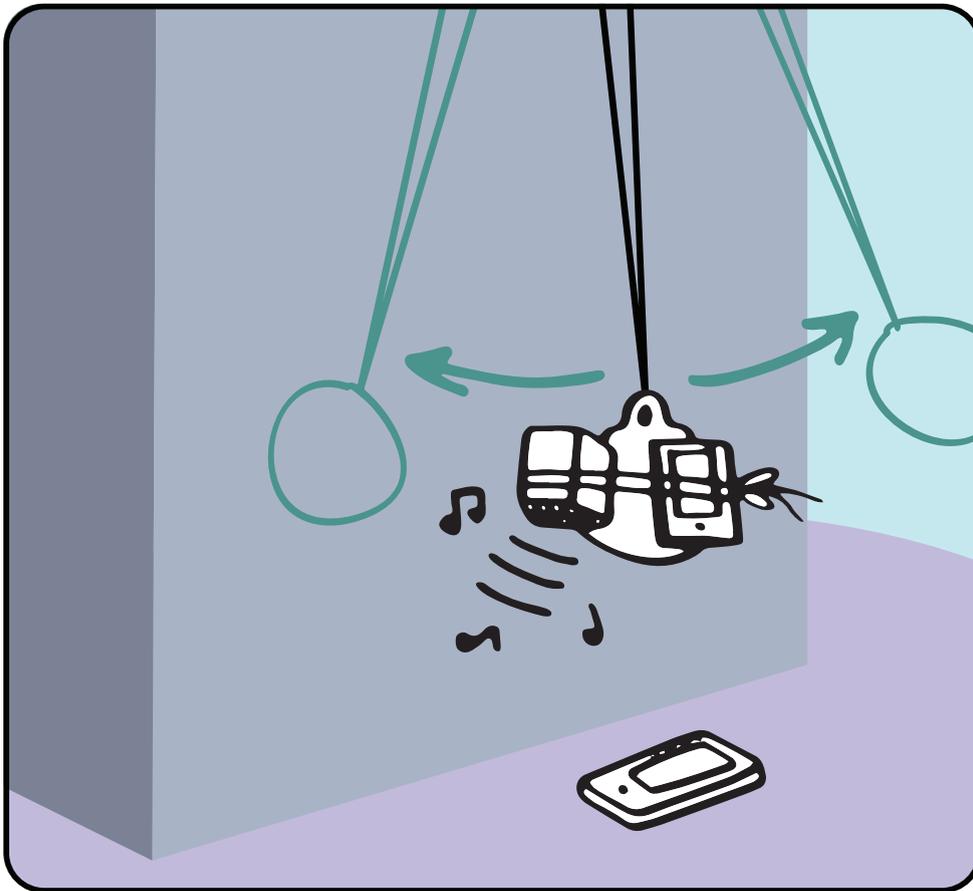


1 haut-parleur bluetooth



2 smartphones

Capteur :
micro et
gyroscope



Fabriquez un pendule géant de la taille du bâtiment. Fixez le smartphone au balancier, et utilisez le gyroscope pour déterminer la vitesse angulaire. Fixez le haut-parleur au balancier, et envoyez une note unique. Positionnez le second smartphone à la verticale, et utilisez le son enregistré pour déterminer la vitesse du pendule par effet Doppler.

v = vitesse, $\dot{\theta}$ = vitesse angulaire



Précision : haute



Difficulté : basse

N°37. Ascenseur

Formule

$$H = \iint \ddot{z} dt$$

Matériel



Capteur :
accéléromètre

1 smartphone

Posez votre smartphone à plat dans l'ascenseur, au rez-de-chaussée, puis faites monter l'ascenseur. Intégrez deux fois les mesures de l'accéléromètre pour obtenir la hauteur.

\ddot{z} = accélération
verticale



Ce projet a été imaginé par Frédéric Bouquet (Université Paris-Saclay) et Giovanni Organtini (Sapienza Università di Roma, Italie).

La physique : Frédéric Bouquet, Giovanni Organtini, Julien Bobroff

La vidéo, les photos, les gif : Amel Kolli

Les illustrations et le graphisme : Anna Khazina

Ce projet a été porté par l'équipe « La Physique Autrement » de l'Université Paris-Saclay et du CNRS. Il a bénéficié du soutien de l'IDEX Paris-Saclay et de la Chaire « La Physique Autrement » portée par la Fondation Paris-Sud et soutenue par le groupe Air Liquide.