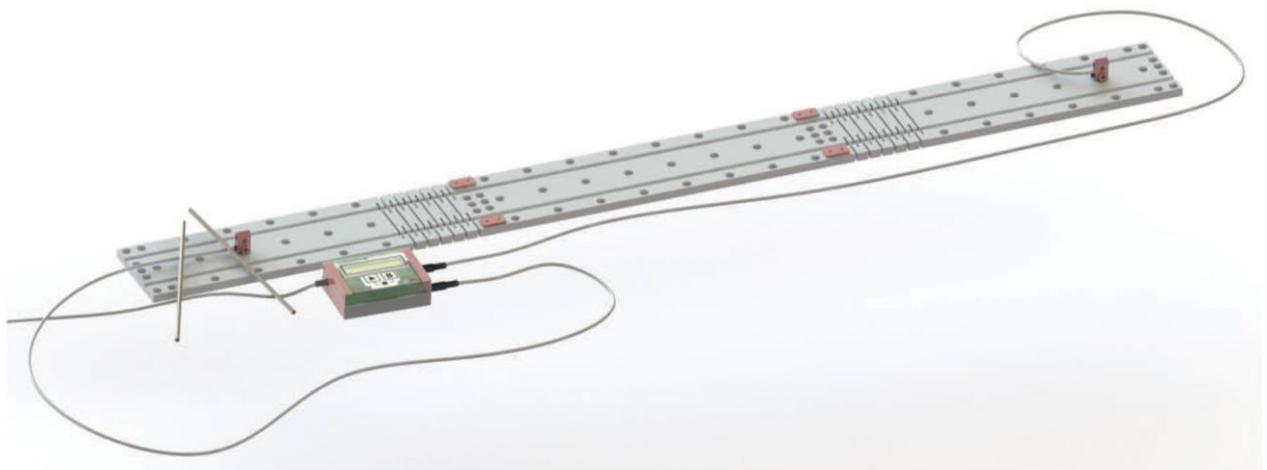


Etude des mouvements



Mesure du temps de propagation d'une onde sonore

1. Objet :

L'ensemble Plug'Uino® pour l'étude de la mécanique et du son est une solution simple composé de différents éléments :

Rails	Réf. 002 159
Voiturette	Réf. 002 158
Surcharges pour voiturette	Réf. 002 164
Propulseur / Enregistreur de Choc	Réf. 002 162
Support avec vanne pour ballon de baudruche	Réf. 002 163
Ballons de baudruche (lot de 20)	Réf. 005 090
Pompe pour ballon de baudruche	Réf. 005 086
Chronotimer	Réf. 002 155
Fourches optiques pour Chronotimer	Réf. 002 156
Microphones pour Chronotimer	Réf. 003 040
Clap sonore	Réf. 003 011
Dynamomètre 1 N	Réf. 312 010

Qui permettent :

- une approche qualitative sur la nature des mouvements rectilignes
- l'étude des mouvements rectilignes uniforme, accéléré et constant.
- la mise en mouvement d'un mobile
- la mesure de la vitesse d'un mobile
- une approche qualitative des différentes formes d'énergie
- l'étude des transferts d'énergie
- l'étude d'un équilibre statique
- la mesure de la vitesse du son dans l'air et dans un solide.

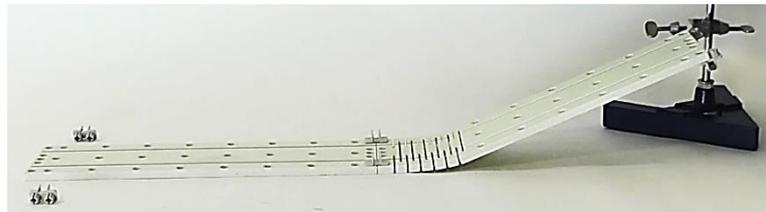
2. Présentation et caractéristiques :

L'ensemble pour l'étude de la mécanique et du son Plug'Uino® est un « kit » modulable et adaptable.

Il se compose de :

1. Un rail et ses accessoires : Réf. 002 159

- Rail de 120 cm composé de trois parties dont deux sont déformables, avec des encoches de fixations tous les 5 cm pour permettre des mesures de distance,
- 2 tiges de fixation (à compléter par noix de serrage et statifs de laboratoire),
- 8 Clips de fixations pour solidariser les trois parties et maintenir les tiges de fixation.

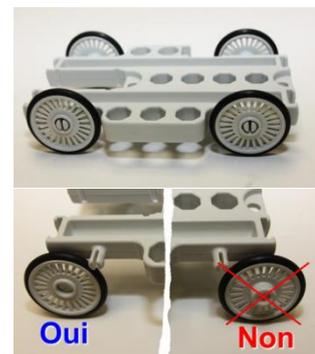


2. Voiturette : Réf. 002 158

La voiturette est adaptée pour se déplacer sur le rail. Ses roues sont guidées dans les 2 rainures du rail. Son châssis est adapté pour fixer différents accessoires (à commander séparément) : propulseur à ressort, propulseur par ballon de baudruche, enregistreur de choc, surcharges, dynamomètres, etc.



La voiturette est également utilisable sur tous supports.
La voiturette est livrée avec les roues démontées. Il convient de les clipser sur les moyeux du châssis en prenant garde de respecter le sens, comme sur la photo ci-contre.



3. Surcharges pour voiturette : Réf. 002 164

2 surcharges dont la masse de chacune est à peu près égale à la masse de la voiturette



4. Propulseur / Enregistreur de Choc : Réf. 002 162



Le système est livré avec un ressort démontable et un support carré pour être monté sur le rail. (Ce support peut être réutilisé pour l'expérience sur l'équilibre statique, pour constituer un point d'accroche sur le rail).

Avec le ressort, il peut être fixé sur le rail, grâce au support carré, et servir de propulseur. Il est muni d'un cliquet et d'une gâchette pour stocker et libérer l'énergie du ressort en compression.

Sans le ressort, il peut être solidaire de la voiture et servir d'enregistreur d'énergie de mouvement (ou énergie cinétique) en s'enfonçant sous l'effet d'un choc, par frottements. Le nombre de crans enfoncés permet ainsi une étude semi-quantitative de l'énergie cinétique au moment du choc.



Enregistreur de choc



Propulseur

5. Ensemble pour ballon de baudruche : Réf. 002 163

Une vanne avec réglage de débit d'air qui s'enfile dans l'embout du ballon et qui se « clipse » dans un support.

2 supports qui se fixent sur le châssis de la voiturette. L'un, recevant la vanne, sert à solidariser le ballon à la voiturette et l'autre de forme carrée, sert d'appui au ballon pour qu'il ne touche pas les roues de la voiturette.



6. Ballon de baudruche (lot de 20) : Réf. 005 090

Le ballon de baudruche sert à propulser la voiturette par éjection d'air.



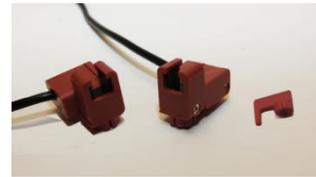
7. Pompe pour ballon de baudruche : Réf. 005 086

Pompe permettant de gonfler les ballons en respectant les règles d'hygiène (photo non contractuelle)



8. Fourches optiques et obturateur : Réf. 002 156

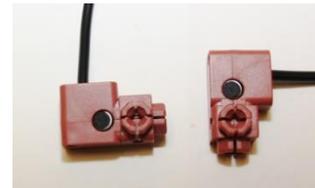
2 capteurs optoélectroniques (fourches optiques) se fixent sur le rail et se branchent au chronotimer. Ils détectent le passage de la voiturette équipée de l'obturateur, et déclenchent ou arrêtent le chronométrage. Livré avec un obturateur qui, fixé à la voiturette, coupe le faisceau optoélectronique et déclenche ou arrête le chronométrage.



9. Microphones : Réf. 003 040

2 microphones se fixent sur le rail et se branchent au chronotimer. Ils détectent le passage de l'onde sonore et déclenchent ou arrêtent le chronométrage.

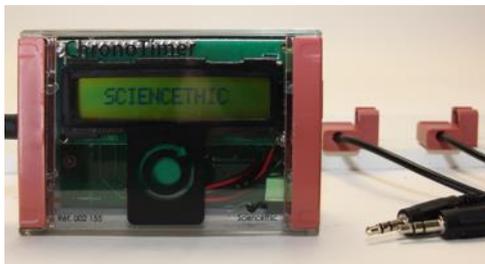
Fixés debout sur le rail, ils mesurent la durée de la propagation du son dans l'air. Fixés couchés et plaqués sur le rail, ils mesurent la durée de propagation du son dans le rail.



10. Chronotimer : Réf. 002 155

Le chronotimer mesure le temps de passage de la voiturette entre 2 capteurs optoélectroniques (fourches optiques) fixés sur le rail et branchés à l'appareil. La première occultation déclenche le chronométrage et la seconde l'arrête. Il est alimenté par un adaptateur secteur 9 ou 12 V pour éviter la consommation de piles.

Il peut également mesurer la durée de la propagation d'une onde sonore entre deux microphones fixés sur le rail et branchés à l'appareil de mesure. (Illustration ci-dessous).



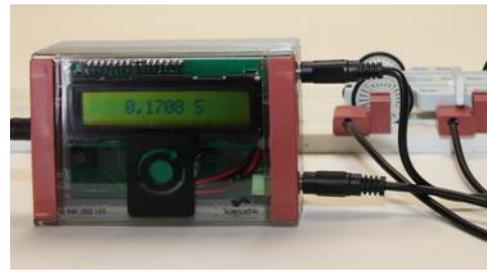
Chronotimer alimenté et fourches ou micros non branchés



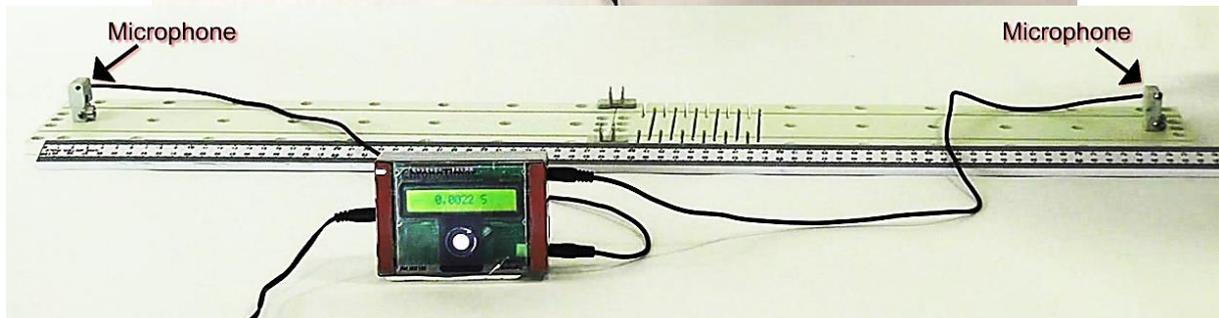
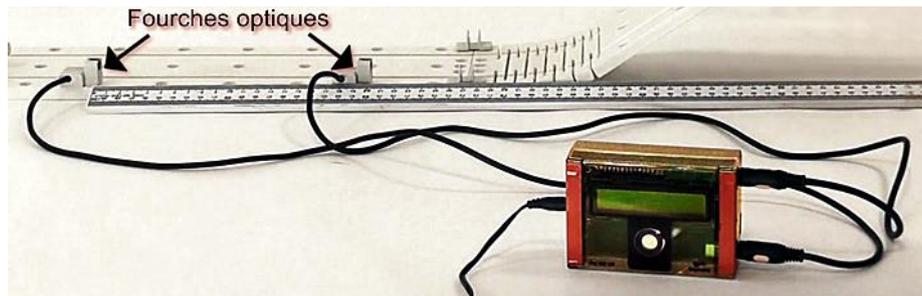
Branchement des fourches ou des micros au chronotimer



Chronotimer en attente de mesure



Chronotimer en cours de mesure.



11. Clap sonore : Réf. 003 011

2 baguettes métalliques de diamètre 6 mm et de longueur 250 mm permettent de réaliser un son de manière reproductible.

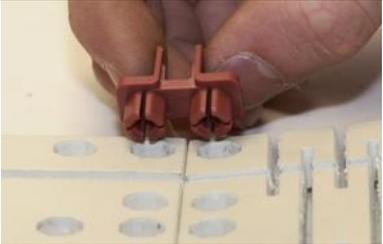
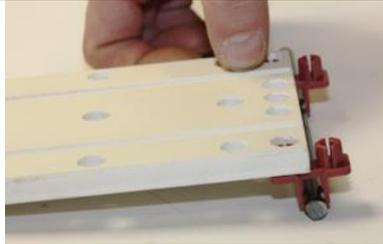
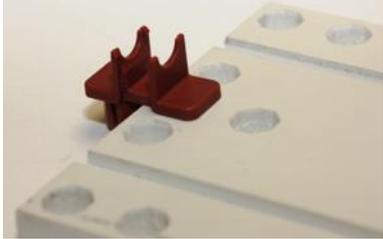
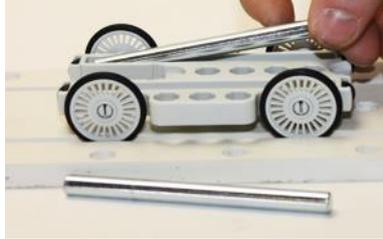
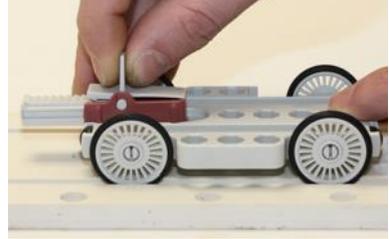
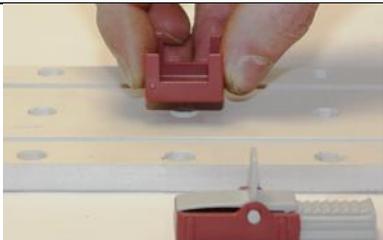
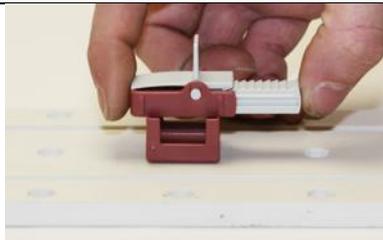
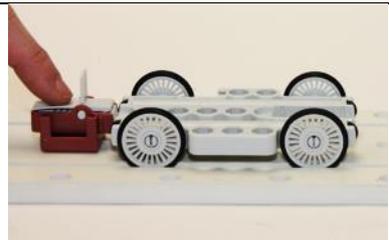


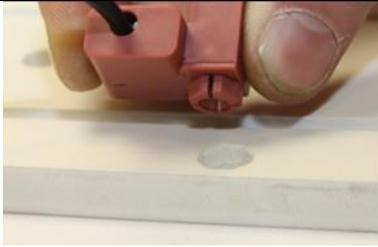
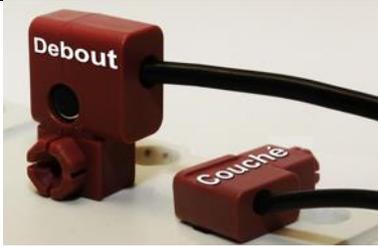
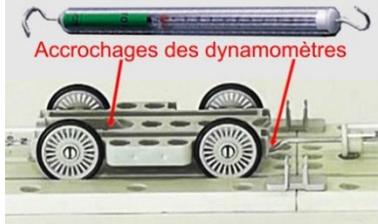
12. Dynamomètres 1 N : Réf. 312 010

2 dynamomètres recommandés pour l'étude de l'équilibre statique de la voiturette (soumise à 2 forces).



3. Mise en œuvre :

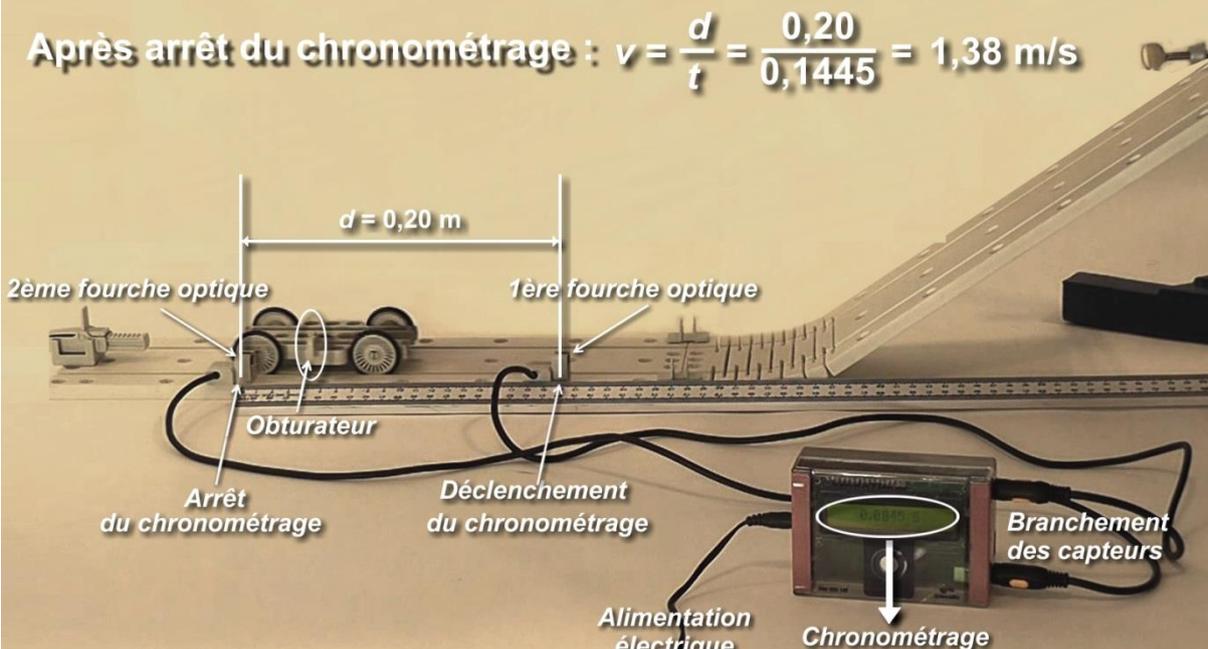
		
<p>Solidarisation des rails.</p>	<p>Inclinaison du rail : fixation des clips pour maintenir la tige.</p>	<p>Inclinaison du rail : fixation de la tige dans la noix de serrage.</p>
		
<p>Butée de fin de course : le clip de fixation peut aussi servir de butée.</p>	<p>Surcharges : insertion dans le châssis de la voiturette.</p>	<p>Enregistreur de choc (sans ressort) : fixation au châssis de la voiturette.</p>
		
<p>Propulseur : fixation du support.</p>	<p>Propulseur (avec ressort) : fixation sur le support.</p>	<p>Propulseur : propulsion par libération du ressort comprimé en appuyant sur la gâchette.</p>
		
<p>Propulsion par éjection d'air : gonflage du ballon de baudruche.</p>	<p>Propulsion par éjection d'air : insertion de la valve fermée dans l'embout du ballon.</p>	<p>Propulsion par éjection d'air : fixation de la valve sur le support.</p>
		

<p>Propulsion par éjection d'air : fixation du support de valve au châssis. Le ballon repose sur le support carré.</p>	<p>Propulsion par éjection d'air : Ouverture de la valve pour l'éjection de l'air.</p>	<p>Fixation de l'obturateur sur le châssis.</p>
		
<p>Fixation d'une fourche-optique sur le rail.</p>	<p>Fixation des micros debout ou couché selon leur usage. Debout : calcul de la vitesse du son dans l'air Couché : dans le rail.</p>	<p>Chronotimer : branchement sur le côté des fourches optiques ou des microphones. La remise à zéro se fait en touchant le bouton principal (capteur tactile).</p>
		
<p>Clap sonore. Pour la mesure de la vitesse du son dans l'air, on entrechoque les 2 baguettes métalliques devant un micro.</p>	<p>Clap sonore. Pour la mesure de la vitesse du son dans le rail, on choque 1 seule baguette sur le rail devant un micro.</p>	<p>Equilibre statique : 2 dynamomètres accrochés au-dessous du châssis.</p>

4. Expériences :

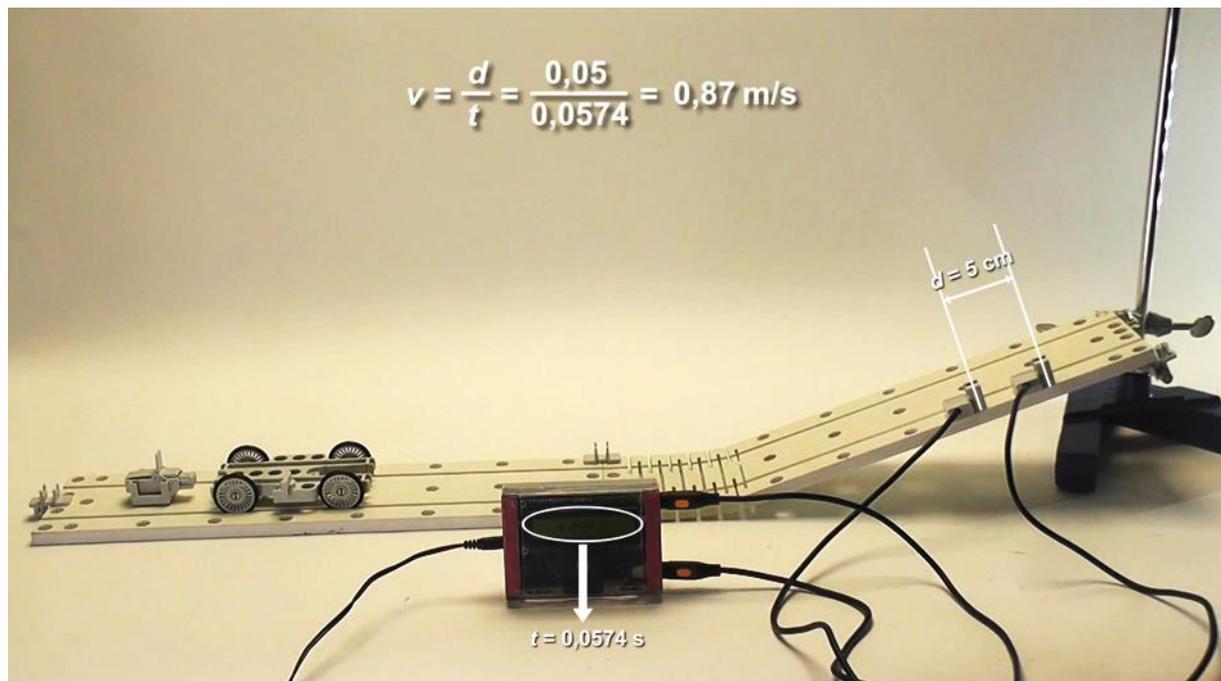
1. Calcul de la vitesse de la voiturette

Après arrêt du chronométrage : $v = \frac{d}{t} = \frac{0,20}{0,1445} = 1,38 \text{ m/s}$



L'image ci-dessus montre comment opérer pour mesurer la durée mise par la voiturette pour aller d'une fourche optique à l'autre distante de d . Avant de mettre la voiture en mouvement, il faut appuyer sur le bouton reset de la face avant du chronotimer qui se met alors en attente de la 1ère occultation.

2. Etude de mouvements rectilignes



Pour étudier la nature des mouvements rectilignes, on incline une partie du rail, l'autre partie restant horizontale. On place les 2 fourches optiques en différents endroits. Pour chaque position de ces fourches optiques, on lit la durée de passage et on calcul la vitesse moyenne de la voiturette pour la distance parcourue. On en déduit :

Sur la partie inclinée :

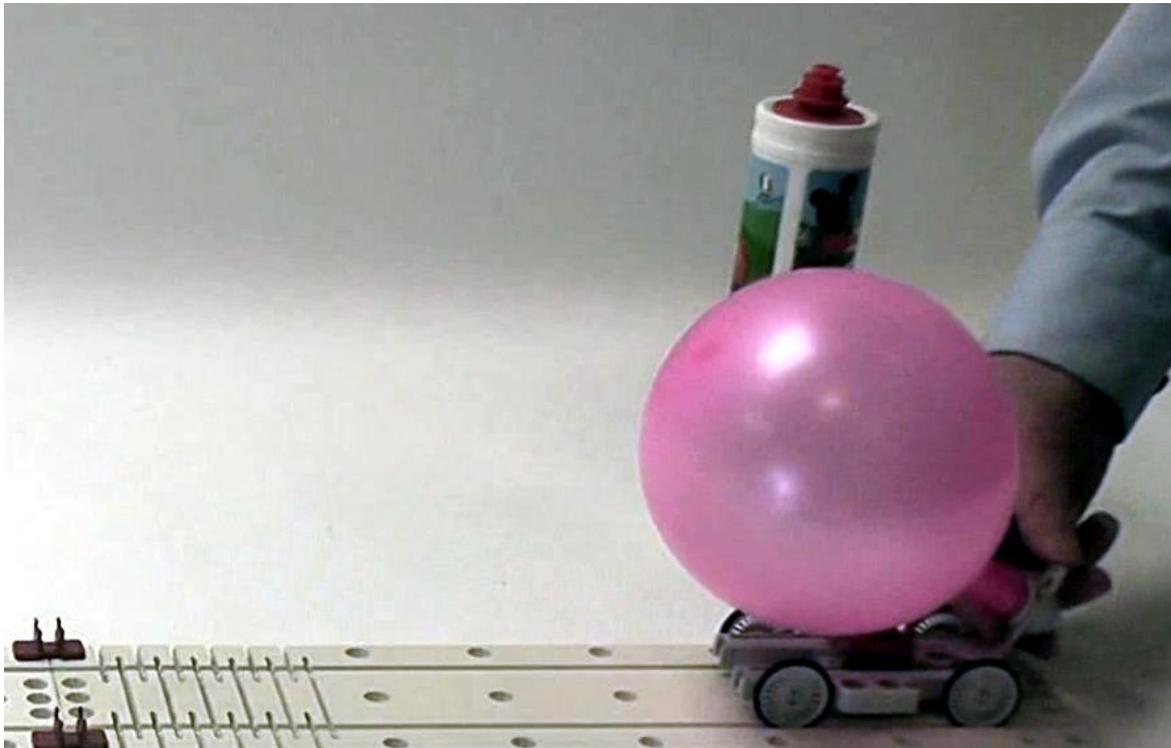
- La vitesse moyenne dépend de l'écartement des fourches optiques,
- Pour un même écartement, la vitesse moyenne croît quand on déplace les fourches optiques vers le bas.

Sur la partie horizontale :

- La vitesse moyenne ne dépend pas de l'écartement des fourches optiques,
- Pour un même écartement, la vitesse moyenne reste constante quand on déplace les fourches optiques de droite à gauche.

De ces expériences, on peut alors définir ce qu'est un mouvement rectiligne accéléré et un mouvement rectiligne uniforme. On peut aussi introduire les conditions nécessaires pour qu'un mouvement soit uniforme ou accéléré.

3. Propulsion par ballon



1



2



3



4



5

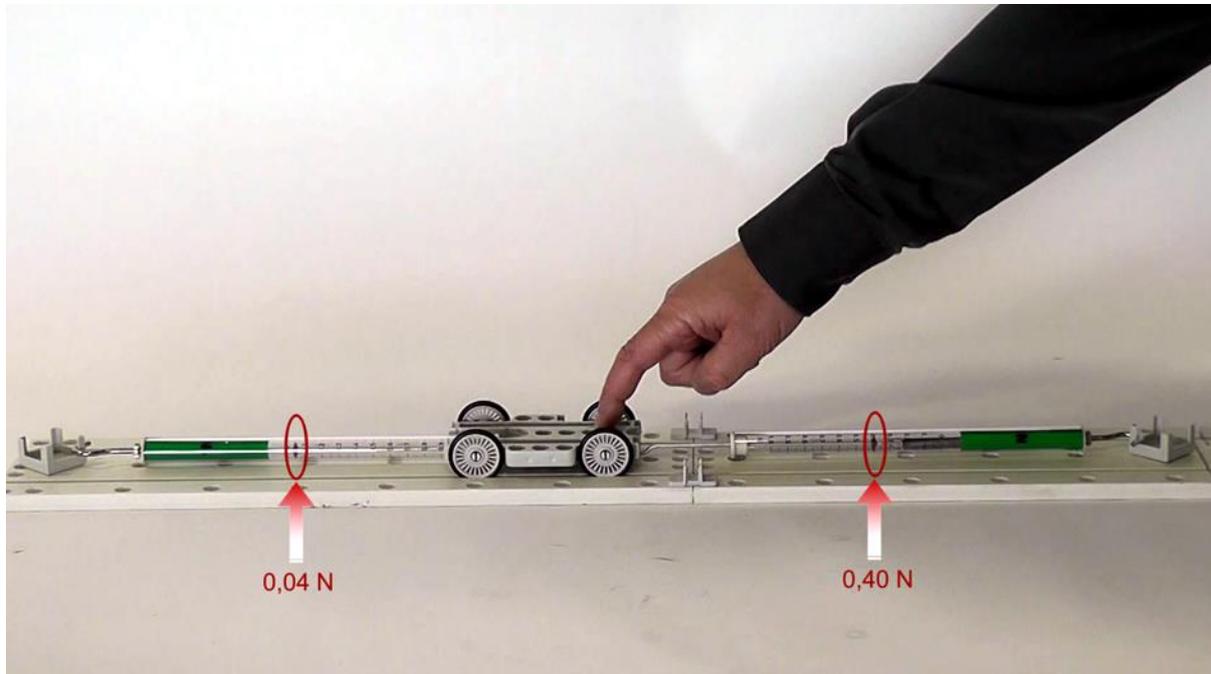
Dans l'embout du ballon gonflé, éventuellement à l'aide de la pompe pour ballon (1), on enfle la valve (2) qu'on a pris soin de fermer(3).

On fixe la valve à son support clipsé sur le châssis de la voiturette (4). Un autre support de forme carrée maintient le ballon pour éviter tout contact sur les roues. (Ce support peut être réutilisé pour l'expérience sur l'équilibre statique, pour constituer un point d'accroche sur le rail).

Sur le rail ou sur une table, on ouvre la valve (5) et on lâche la voiturette qui est alors

immédiatement propulsée.

4. Equilibre statique



On utilise deux dynamomètres de 1 N, dont une extrémité est fixée au rail grâce au support de forme carrée, livré avec l'ensemble propulsion par ballon et le propulseur/enregistreur de choc.

L'autre extrémité des dynamomètres est fixée de part et d'autre de la voiturette à celle-ci. Chaque dynamomètre exerce une action mécanique (force) sur la voiturette qui est en équilibre. Ces 2 forces sont colinéaires, de sens opposés et d'intensité égale (ici 0,22 N).

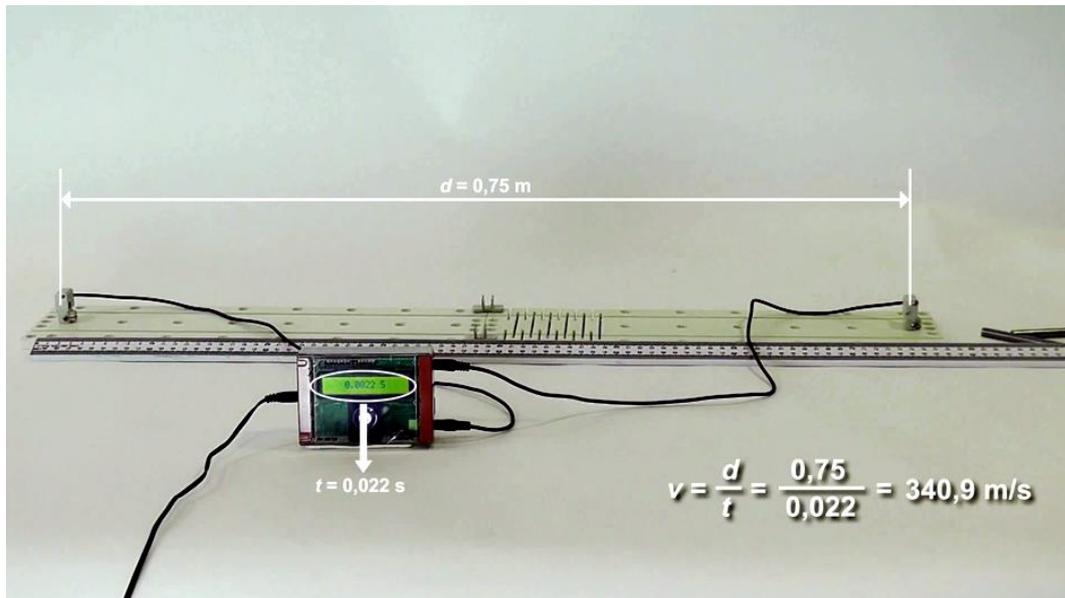
A l'aide du doigt on exerce une action sur la voiturette pour l'écarter de la position d'équilibre. Tant que le doigt est en contact avec la voiturette, celle-ci est immobile. L'un des dynamomètres indique 0,40 N (dans l'exemple ci-dessus) et l'autre 0,04 N.

On peut alors se poser légitimement la question : quelles sont les caractéristiques de la force exercée par le doigt ?

La question suivante est : Que va-t-il se passer lorsqu'on enlève le doigt ?

On enlève alors le doigt et on vérifie que la prédiction est avérée.

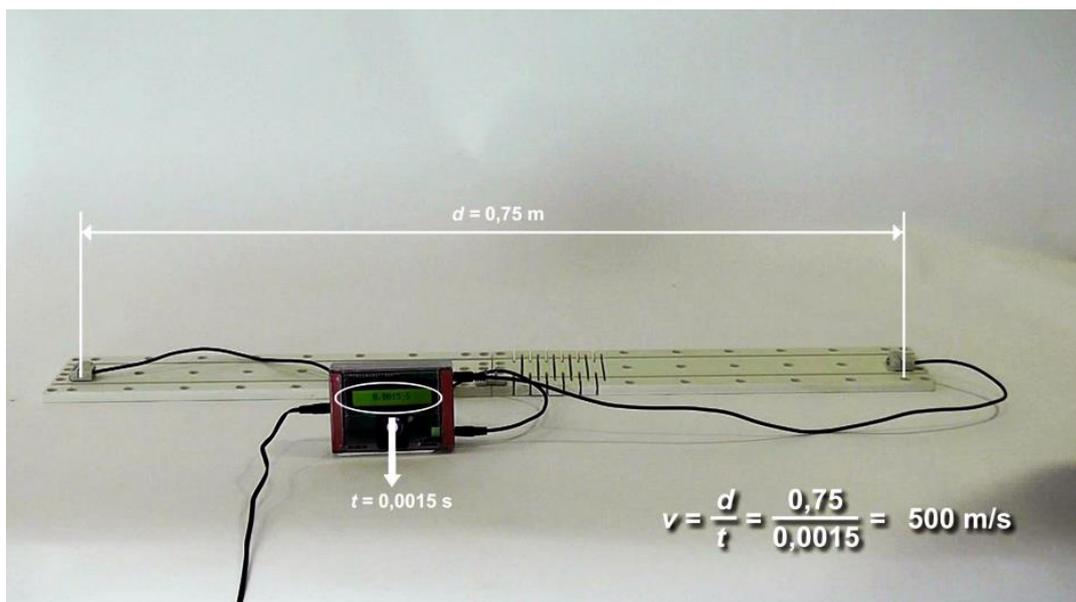
5. Vitesse du son dans l'air



On fixe les 2 microphones en position « debout » aux extrémités du rail formé de 2 ou 3 parties.

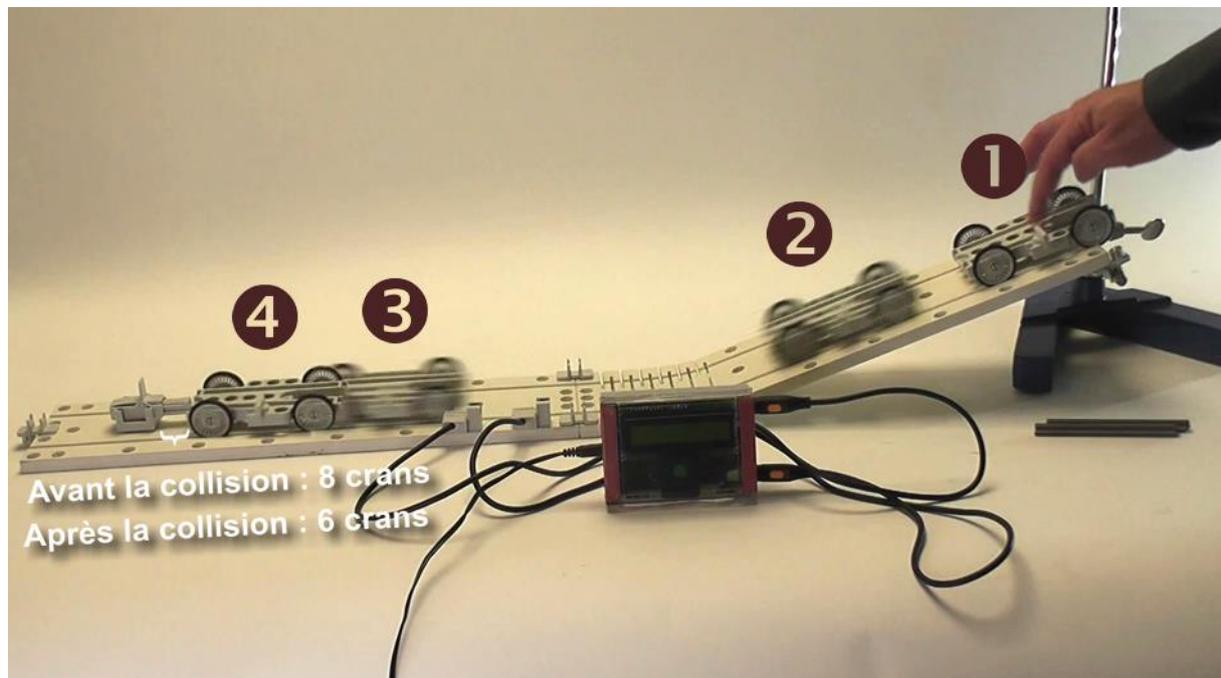
On appuie sur le bouton reset du chronotimer qui se met en attente puis on frappe les 2 baguettes métalliques l'une contre l'autre devant le 1er micro qui déclenche le chronométrage dès l'arrivée de l'onde sonore. Le 2ème micro arrêtera le chronométrage dès l'arrivée du son. La lecture de la durée de propagation de l'onde sonore permet de calculer la vitesse du son. Les microphones sont très sensibles, cette expérience nécessite donc de faire le silence dans la classe, pour ne pas déclencher le chronométrage inopinément.

6. Vitesse du son dans le rail



Même expérience que la précédente, les 2 microphones étant fixés en position « couchée et plaquée sur le rail ».

7. Trois formes d'énergie



L'enregistreur de choc/propulseur (avec son ressort) est fixé sur le rail. La voiturette est libérée du haut de la pente, descend en accélérant, poursuit son mouvement sur la partie horizontale du rail à vitesse constante et entre en collision avec l'enregistreur de choc/propulseur qui s'enfonce.

De cette expérience, on peut dire que si la voiturette acquiert de l'énergie de mouvement (ou énergie cinétique) en descendant, c'est qu'elle perd une autre forme d'énergie due à sa position « d'élévation ». Sur la partie horizontale, ne perdant plus « de hauteur », elle conserve son énergie de mouvement jusqu'au moment de la collision. A ce moment sa perte d'énergie de mouvement s'accompagne d'un gain d'énergie de compression du ressort de l'enregistreur de choc/propulseur.

Ainsi :

En ❶ la voiturette possède une énergie de position car elle se trouve en haut de la pente.

En ❷ La voiturette perd de l'énergie de position (ou énergie potentielle) puisqu'elle descend et elle acquiert, en échange, une énergie de mouvement qui augmente.

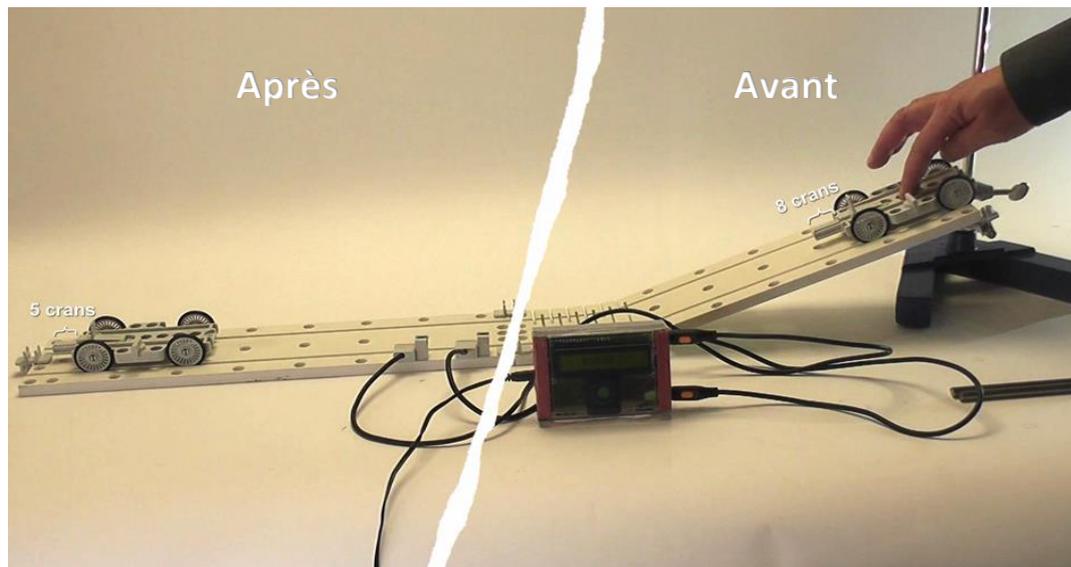
En ❸ sur le rail horizontal la voiturette conserve l'énergie de mouvement qu'elle a acquise en bas de la pente et son énergie de position est minimale.

En ❹ au cours de la collision, la voiturette perd son énergie de mouvement au bénéfice du ressort qui se comprime et qui transforme donc cette énergie en énergie de compression (ou énergie potentielle élastique).

Il se peut que la voiturette rebondisse si elle ne cède pas toute son énergie de mouvement au ressort lors du choc. En appliquant la voiturette sur l'enregistreur de choc/propulseur, en appuyant sur la gâchette, le ressort se détend et perd son énergie de compression au bénéfice de la voiturette qui se met en mouvement et qui transforme alors cette énergie en énergie de mouvement.

On peut recommencer cette expérience en surchargeant la voiturette et/ou en augmentant la pente.

8. Crash-test et énergie cinétique



L'enregistreur de choc dépourvu du ressort est fixé à la voiturette. L'ensemble forme un solide déformable comparable à une voiture utilisée dans les essais de crash-test.

La partie crantée de l'enregistreur de choc possède 8 crans. Le principe de l'expérience est de libérer la voiturette ainsi équipée en haut de la pente pour qu'elle vienne heurter la butée qui se trouve à l'extrémité de la partie horizontale du rail. Sous l'effet de la collision, l'enregistreur de choc s'enfonce.

Le but de l'expérience est de montrer l'influence de la vitesse et de la masse de la voiturette sur l'enfoncement de l'enregistreur de choc et d'introduire la notion d'énergie de mouvement de la voiturette autrement appelée énergie cinétique.

A masse constante, on fait varier la vitesse en augmentant la pente (ou en la diminuant).

A vitesse constante* (donc à pente constante et au même point de libération de la voiturette sur la pente), on leste la voiturette avec une puis deux surcharges.

La mesure de la vitesse acquise avant le choc se fait à l'aide des 2 fourches optiques placées sur la partie horizontale du rail et du chronotimer (voir IV.1)

* L'ensemble voiturette/rail a été étudié de manière à limiter les frottements. Cependant si faibles soient-ils, ils ne peuvent être nuls. En particulier, l'ajout des surcharges a une réelle influence sur les frottements. Ainsi la vitesse de la voiturette chargée est sensiblement inférieure à celle acquise lorsqu'elle ne l'est pas, quand, dans les deux cas, elle est libérée du même endroit sur la partie inclinée du rail.

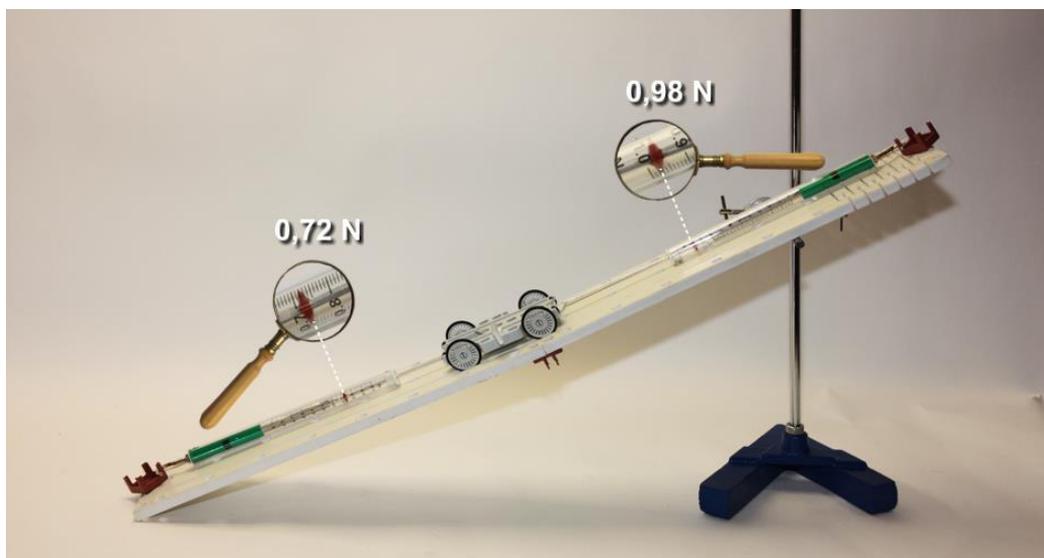
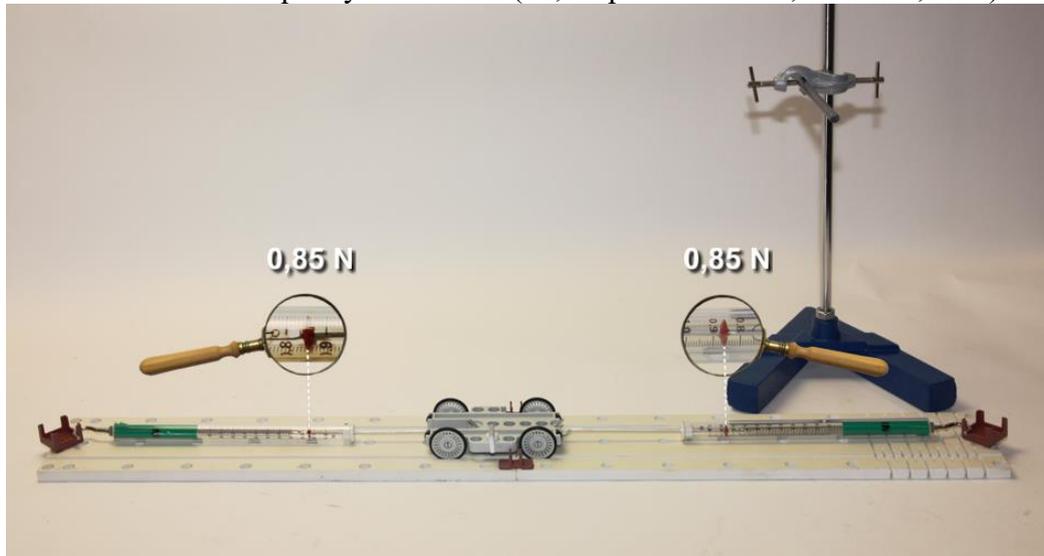
9. Pour aller plus loin... Equilibre de la voiturette fixée à deux dynamomètres sur le rail incliné

A chaque extrémité du rail horizontal on fixe un support carré (livrés avec l'ensemble propulsion par ballon et l'ensemble Propulseur/Enregistreur de choc) sur lequel on accroche un dynamomètre.

Les deux dynamomètres sont ensuite reliés à l'avant et à l'arrière de la voiturette posée sur le rail.

Du fait de frottements inéluctables, on tapote sur le rail, pour permettre à la voiturette de trouver sa position d'équilibre. On note la valeur commune indiquée par chaque dynamomètre (ici 0,85 N).

On incline le rail, et après avoir tapoté sur le rail (toujours pour vaincre les frottements), on note la valeur de chaque dynamomètre (ici, respectivement 0,72 N et 0,98 N).



A partir des deux expériences réalisées sur le rail horizontal puis incliné, quelques questions se posent :

1. On observe que dans chaque expérience la somme des deux valeurs lues sur les dynamomètres reste constante (ici : $0,85 + 0,85 = 0,72 + 0,98$). Comment justifier ?
2. A quoi correspond la différence des deux valeurs lues sur chaque dynamomètre ?
3. Est-il important de savoir quel dynamomètre indique la plus grande valeur ? Si oui que peut-on en déduire ?
4. Si une 3ème force apparait quand le rail est incliné quelle en est la cause ?

5. Nous contacter :

Ce matériel est garanti 2 ans. Pour toutes questions, veuillez contacter :

sav@sciencethic.com

www.sciencethic.com