

Mécanique

Mechanics

Réf :
332 127

Français – p 2

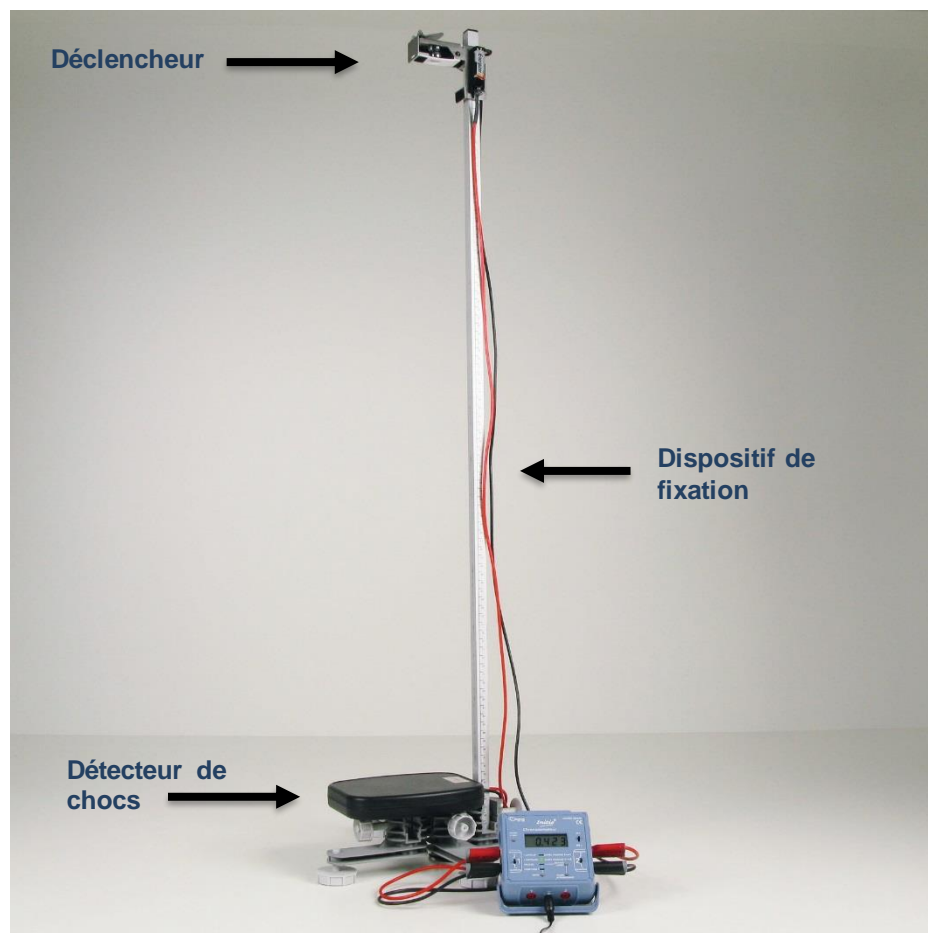
English – p 11

Version : 4211

Chute libre

Free fall

1 Description



Ce dispositif permet l'étude d'un mouvement linéaire uniformément accéléré. En traitant le cas de la chute libre, les élèves retrouveront l'accélération, qui, dans ce cas simple, est connue et égale à la valeur du champ de pesanteur : g (en $m.s^{-2}$).

Compatible avec notre offre ExAO ou tout chronomètre numérique, les manipulations de détermination de « g » sont décrites dans la section 2.3.

Compatible avec notre gamme mécanique, ce produit vous permettra de mettre en évidence la conservation de la quantité de matière au cours d'une expérience de choc à l'aide de notre matériel type lanceur balistique et/ou banc de mécanique. Cette manipulation est à découvrir section 2.3.5.

2 Composition et montage

2.1 Composition

Le produit est composé de (voir image ci-dessus) :

- **1 x DECLENCHEUR DE CHUTE LIBRE**

- 1 déclencheur de chute libre avec 2 languettes de maintien de la bille dont 1 languette de rechange. La bille doit être positionnée de sorte à être en contact avec les 3 têtes de vis.
- 1 pile pour assurer la synchronisation avec les capteurs ExAO

Têtes de vis



- **1 x DETECTEUR DE CHOC**

- 1 détecteur de choc avec fiches bananes



- **1 x DISPOSITIF DE FIXATION**

- 1 tige de section 15x15 mm de longueur : 40 cm
- 2 pieds modumontage®
- 4 vis moletées à fixer sous les pieds modumontage®
- 2 pinces étau modumontage®
- 1 tige de 15x15mm de longueur 1m

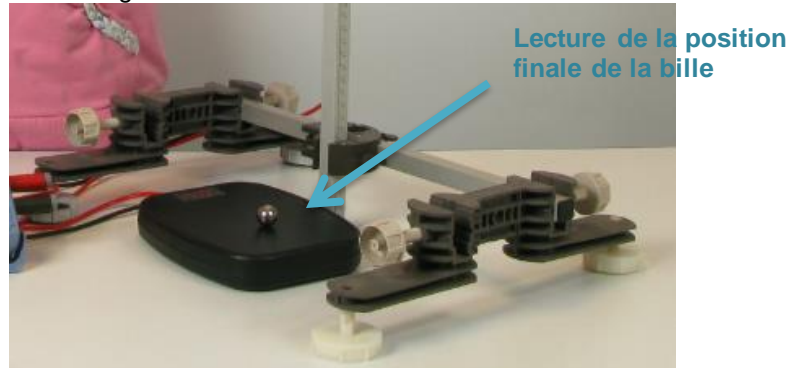
A noter, cette tige de longueur 1m est sérigraphiée de deux règles graduées. L'une des sérigraphies a son zéro en haut de la tige. Elle permettra de travailler en Ex.A.O avec le module dédiée **chronoméca**. L'autre sérigraphie a son zéro en bas. Ce zéro correspond exactement au plan de contact de la bille et du détecteur de choc.

- **2 x BILLES Ø 16mm**

2.2 Montage étape par étape et lecture de positions

En vous référant à l'image ci-dessous :

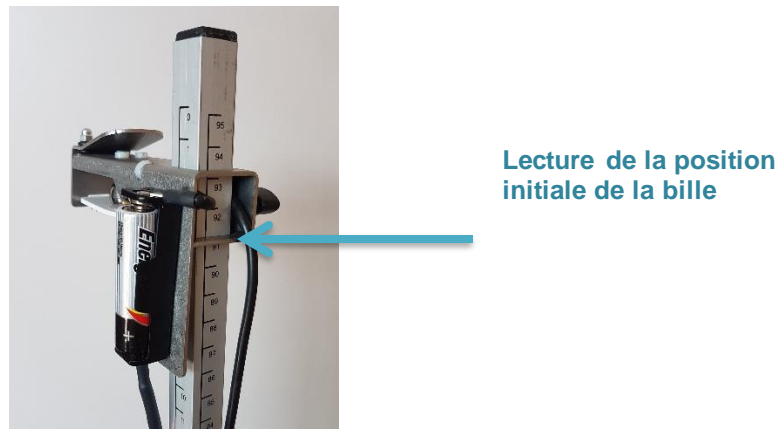
- Fixer 2 vis moletées sous chaque pied modumontage®.
- Fixer la tige de 40cm avec la tige de 1m à l'aide de la pince étau modumontage®.



Faire en sorte que la tige de 1m soit posée au sol sans appui.

- Positionner le détecteur de choc devant la tige. Ainsi, le zéro de repérage correspond exactement au plan de fin de trajectoire de la bille sur le détecteur de choc.
- Fixer le déclencheur de chute libre sur la tige : 2 cas possibles :

Cas d'une manipulation non Ex.A.O :

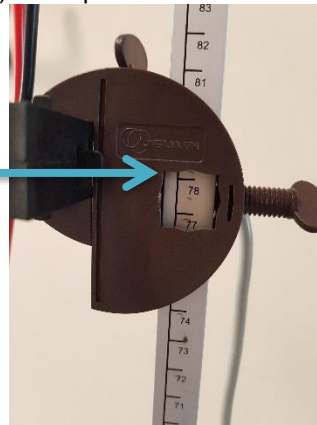


Cas d'une manipulation Ex.A.O avec fourches optiques :



Lors d'expériences par fourches optiques, il est indispensable de s'équiper de fourches optiques (453026) et de pinces étai modumontage® (703529) :

Lecture de la position
de la fourche



Lecture de position : Les lignes bleues sur les images ci-dessus permettent de visualiser la meilleure façon de lire la position de la bille à chaque étape de sa trajectoire.



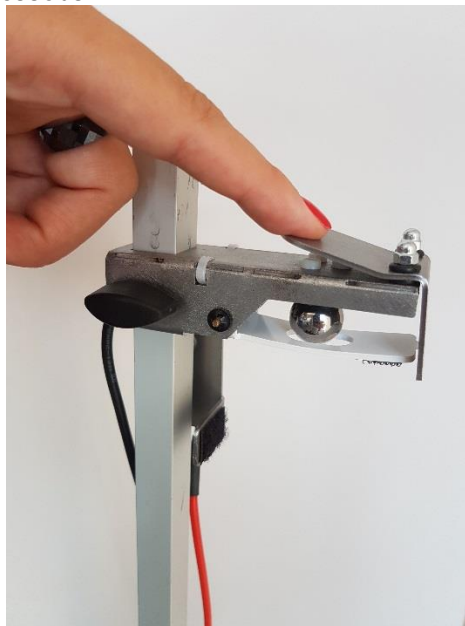
L'erreur sur la distance parcourue par la bille peut être impactée par un angle important entre la verticale et la tige. Pour s'affranchir de cette erreur, il est conseillé d'utiliser un fil à plomb, un niveau à bulle ou un inclinomètre.

2.3 Utilisation du déclencheur de chute libre

Le déclencheur de chute libre est un dispositif mécanique qui nécessite l'utilisation d'une pile 1.5V (fournie) notamment pour une utilisation en ExAO et la synchronisation à l'aide de capteur voltmètre, plus précisément.

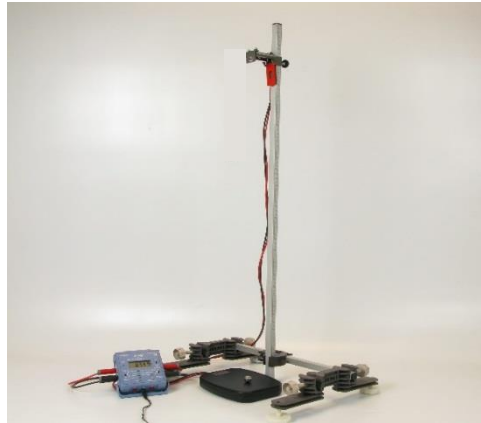
2.3.1 Déclenchement de la chute d'une bille

Le déclenchement de la chute de la bille se fait par action sur le bouton poussoir tel que présenté ci-dessous :



La bille doit être positionnée dans son logement pour permettre le fonctionnement correct de ce déclencheur.

2.3.2 Mesure avec chronocompteur



Matériel nécessaire :

- 332127 - Chute libre
- 351058 - Chronocompteur
- 281512 - Bloc alimentation 12V

Pour réaliser des mesures par chronocompteur :

- Brancher le déclencheur de chute libre sur la partie gauche du chronocompteur.
- Déclencher le début de la chute sur une « ouverture ». (Voir chronocompteur).
- Brancher le détecteur de choc sur la partie droite du chronocompteur. (Voir chronocompteur).
- Déclencher la fin de chute sur une ouverture.

Le temps affiché sur l'écran du chronocompteur correspond au temps nécessaire à la bille pour parcourir la distance séparant le déclencheur et le récepteur.

A l'aide de la relation : $y = \frac{1}{2} \times g \times t^2$, déterminer la valeur de la gravité g .

En reproduisant cette expérience pour différentes hauteurs, tracer l'évolution de la hauteur en fonction du temps élevé au carré. En déduire le coefficient $\frac{1}{2} \times g$

Conclure sur la valeur de g .

2.3.3 Mesure avec console d'acquisition

Matériel nécessaire :

- Chute libre réf. 332127
- 1 console d'acquisition avec synchronisation (Foxy®, AirNeXT®, Tooxy®, ...)
- Fourche optique Chronociné réf. 453026
- Pinces étau modumontage® réf. 703529 (1 pince par fourche)

Pour réaliser des acquisitions avec console d'acquisition :

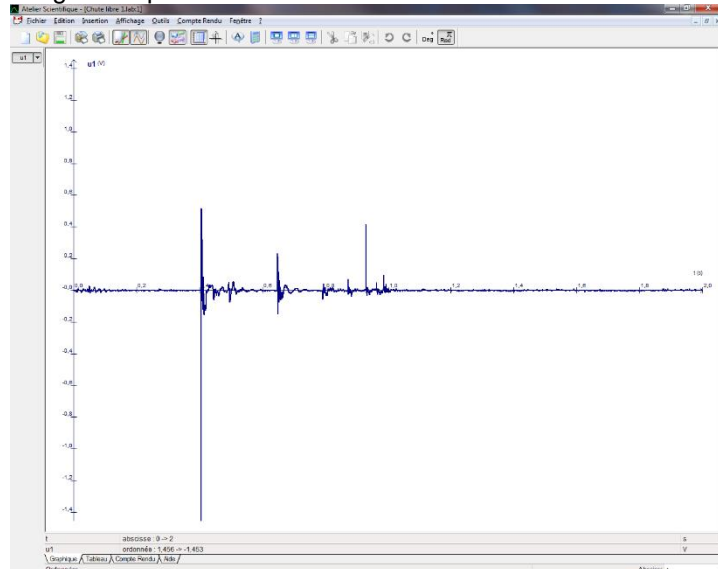
Sans synchro externe :

- Relier le déclencheur à un voltmètre sur l'entrée 1 de votre console
- Brancher le détecteur de choc sur l'entrée 2 de votre console
- Synchroniser vos acquisitions sur l'entrée 1, en front descendant pour une valeur inférieure à la valeur de la tension de la pile (environ 1.5V).

Avec synchro externe :

- Brancher le déclencheur de chute libre sur la synchro externe de votre console
- Brancher le détecteur de choc sur l'entrée 2 de votre console
- Synchroniser vos acquisitions sur la synchro externe

Exemple de signal acquis :



Relever le délai écoulé entre le début de l'acquisition et le premier pic repéré.

A l'aide de la relation : $y = \frac{1}{2} \times g \times t^2$, déterminer la valeur de la gravité g .

En reproduisant cette expérience pour différentes hauteurs, tracer l'évolution de la hauteur en fonction du temps au carré. En déduire le coefficient $\frac{1}{2} \times g$.

Conclure sur la valeur de g .

2.3.4 Acquisition avec console d'acquisition et fourches optiques

Matériel nécessaire :

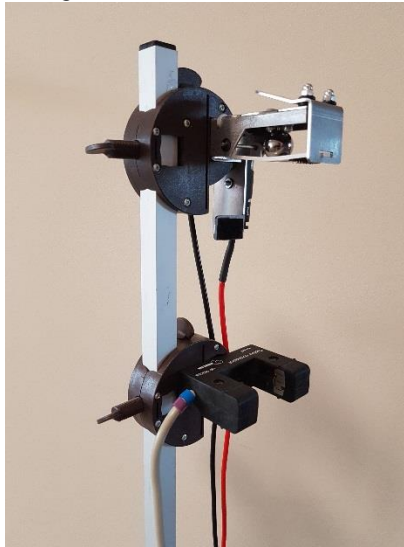
- 1 Chute libre : 332127
- 1 console d'acquisition Foxy®, AirNeXT®, ...
- 1 à 3 fourches chronociné : 453026
- 1 à 2 adaptateurs chronociné : 482048
- 1 cordon DIN-Bananes pour chute libre : 283628

La manipulation présentée ici a été réalisée avec une fourche chronociné et 1 adaptateur chronociné.

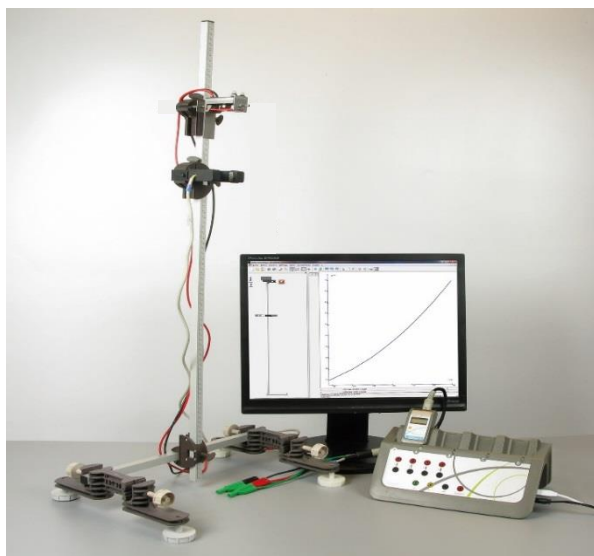
Connexion à la console :

- Relier les douilles bananes du déclencheur aux douilles bananes du cordon DIN/Bananes
- Relier la fiche DIN à la connectique 1 du capteur Chronociné
- Relier la fiche DIN de la fourche à la connectique 2 du capteur Chronociné

Photographie du montage du déclencheur et d'une fourche sur le statif :



Les résultats obtenus sont présentés ici par déplacement de la fourche optique tout au long de la trajectoire.
A noter, le détecteur de choc peut être utilisé pour réception de la bille mais, il ne peut pas être utilisé pour la détermination de fin de course.



Exemple de résultat expérimental avec fourche et logiciel Chronoméca

Dans l'encart de gauche, glisser la (ou les) fourche(s) optique sur l'axe vertical de la chute libre. Entrer la (ou les) valeur(s) de hauteur pour chaque fourche.

Le résultat présenté en figure 3 a été obtenu par déplacement de la fourche le long de l'axe vertical. Les acquisitions successives, permettent d'observer la parabole représentant la courbe : $y = \frac{1}{2} \times g \times t^2$. Le coefficient de cette parabole donne la valeur du champ de pesanteur.

NB : L'expérience citée dans cette section est aussi compatible avec AirNeXT en mode connecté.

2.3.5 Expérience : choc élastique ou choc dur

2.3.5.1 Rappels

Choc élastique ou choc dur :

Lors du choc entre 2 billes solides, non déformables, la quantité de mouvement est conservée : on parle de choc dur ou de choc élastique.

Théorème de la conservation de la quantité de mouvement :

D'après la seconde loi de Newton $\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a} = m \cdot \frac{d\vec{p}}{dt}$

Dans le cas d'un système où les forces extérieures sont nulles ou se compensent

alors : $\sum \vec{F} = \vec{0} = m \cdot \vec{a} = m \cdot \frac{d\vec{p}}{dt}$

On en déduit que : $\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{0}$

Ainsi, la quantité de mouvement (notée p) a une variation nulle au cours du temps i.e. elle est conservée.

$$p = p_1 + p_2 = \text{cste.}$$

2.3.5.2 Manipulation

Matériel nécessaire :

- Chute libre : 332127
- Lanceur balistique : 332052
- Ou Banc mécanique : 332072
- 1 alimentation 12V à courant continu : 281483
- 1 caméra rapide : 572000

Matériel complémentaire recommandé pour faciliter l'alignement :

- 1 tige 15x15 mm et de longueur 70cm
- 1 pince étau modumontage®

Montage :

Fixer sur les pieds du dispositif de chute libre, ajouter une tige de 70cm horizontalement. A l'aide d'une pince étau modumontage®, fixer le lanceur balistique tel que présenté sur la photographie ci-dessous.



Photographie du montage complet



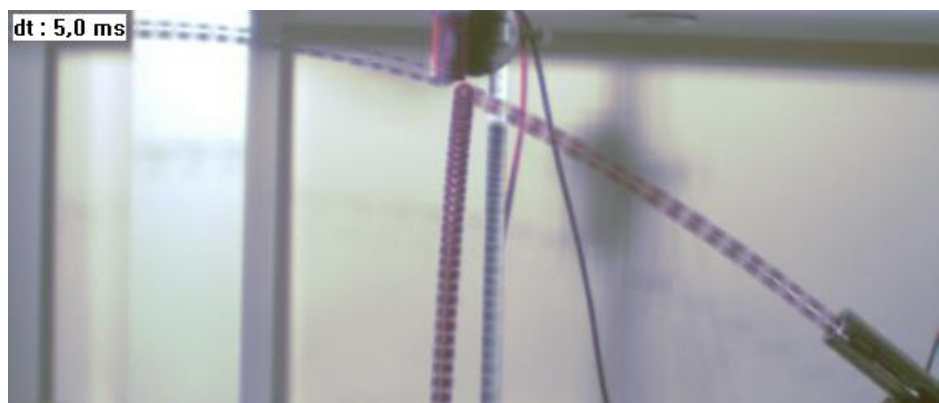
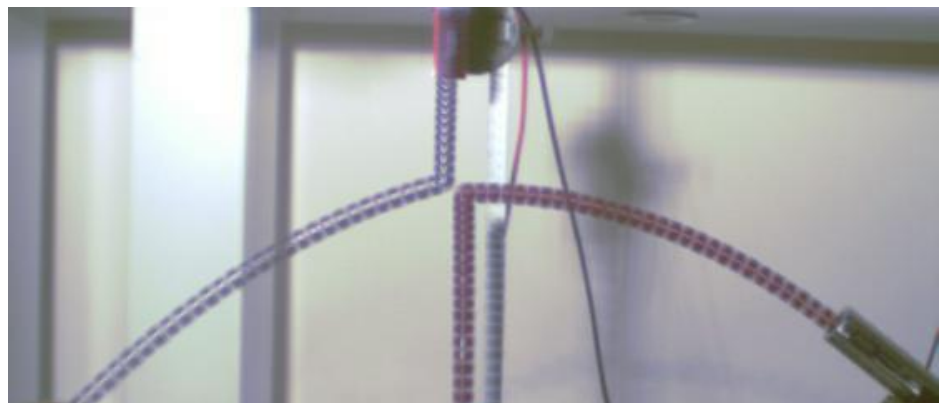
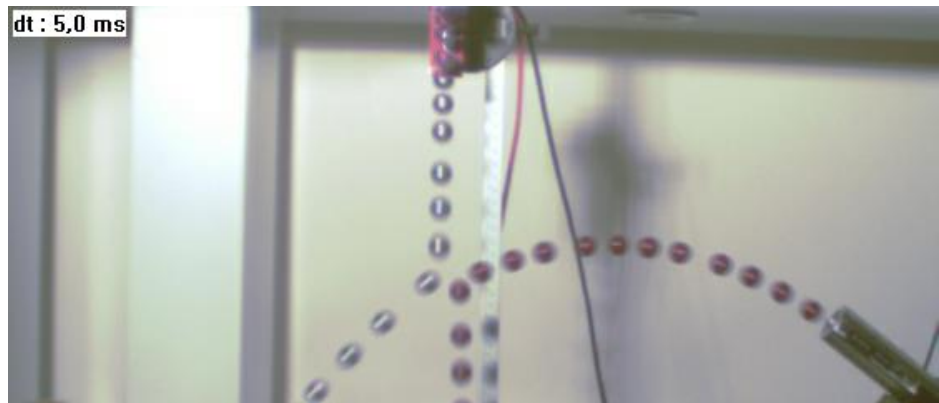
Photographie du montage du lanceur balistique

Branchements :

Brancher en série, le lanceur, la chute libre et l'alimentation. Ainsi, en déclenchant la chute de la bille, le lanceur est également déclenché. Les deux événements sont synchronisés.

On peut, ainsi, mettre en évidence la conservation de la quantité de mouvement en faisant varier la force de tir du lanceur.

3 vitesses de tirs ont été traitées. Pour chaque vitesse, une vidéo a été acquise par caméra rapide (référence : 572000). Les chronophotographies ci-dessous sont issues de ces acquisitions vidéos. Le logiciel utilisé est Cinéris.



Chronophotographie de l'expérience de choc dur pour 3 tirs de vitesses différentes.

Ces résultats expérimentaux montrent que :

- Quelle que soit la vitesse de tir les deux billes se rencontrent
- Les trajectoires des deux billes sont interverties
- La vitesse de la bille rouge après le choc est la vitesse de la bille grise avant le choc. Inversement, la vitesse de la bille grise après le choc est la vitesse de la bille rouge avant le choc.

Cette expérience est aussi appelée : expérience du singe et du chasseur.

NB : Pour bien visualiser l'inversion des trajectoires, il est conseillé de colorer l'une des deux billes.

Pour aller plus loin, il est possible d'utiliser des billes de masses différentes. Attention à ce que la bille utilisée dans le déclencheur de chute libre soit conductrice.

3 Service après-vente

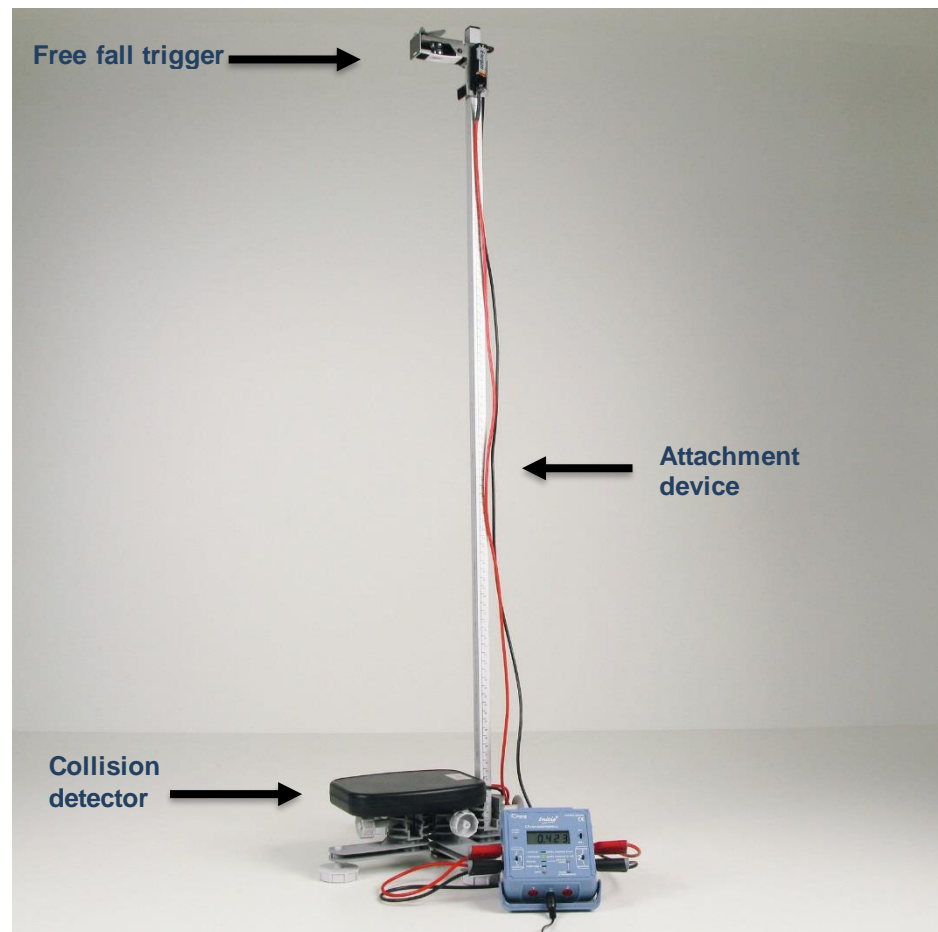
La garantie est de 2 ans.

Pour tous réglages, contacter le Support Technique au 09 69 32 02 10*.

Le matériel doit être retourné dans nos ateliers et pour toutes les réparations ou pièces détachées, veuillez contacter :

JEULIN – S.A.V.
468 rue Jacques Monod
CS 21900
27019 EVREUX CEDEX France
* non surtaxé

1 Description



This device can be used to study linear motion under uniform acceleration. By considering the case of free fall under gravity, students will determine the acceleration, which, in this simple case is known and equal to the value of the earth's gravitational field: g (in ms^{-2}).

Compatible with our datalogging range, or any digital stop watch, experiments for determining " g " are described in section 2.3.

Compatible with our mechanics range, this product will allow you to demonstrate the conservation of mass as part of a collision experiment using our standard equipment, ballistic launcher and / or mechanics experiment bench. This experiment is described in section 2.3.5.

2 Apparatus and assembly

2.1 Apparatus

The product comprises (see image above):

- **1 x FREE FALL TRIGGER**

- 1 free fall trigger with 2 ball-bearing retaining tongues of which 1 is a spare. The ball-bearing must be positioned so that it is in contact with the 3 screw heads.
- 1 battery for ensure synchronization with ExAO sensors



- **1 x COLLISION DETECTOR**

- 1 collision detector with banana jacks



- **1 x ATTACHMENT DEVICE**

- 1 rod of cross-section 15x15 mm and length: 40cm
- 2 modular assembly feet
- 4 knurled screws to secure the modular assembly feet
- 2 modular assembly vice grips
- 1 rod of cross-section 15x15 mm and length 1m

Note that this 1 m rod is printed with two graduated rulers.

One of the printed rulers has its zero at the top of the rod. It enables work in Ex.A.O with the dedicated **chronoméca** software.

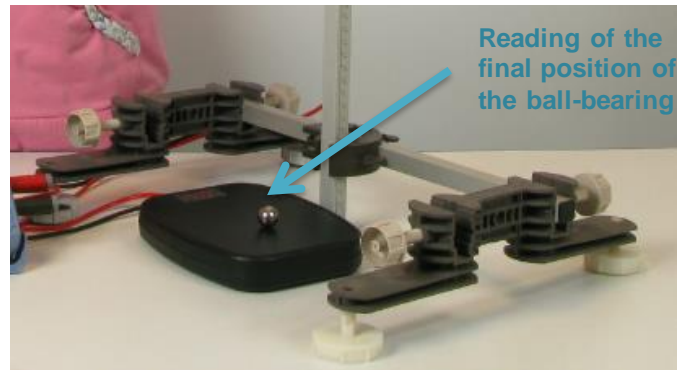
The other printed scale has its zero at the bottom. This zero corresponds exactly with the plane of contact of the ball-bearing with the collision detector.

- **2 x BALL-BEARINGS \varnothing 16mm**

2.2 Step by step assembly and reading of the positions

Referring to the image below:

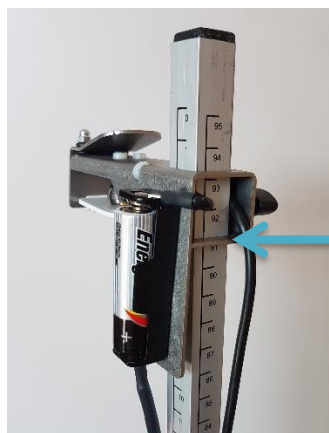
- Secure 2 knurled screws beneath each modular assembly foot.
- Secure the 40 cm rod to the 1 m rod using the modular assembly vice grip



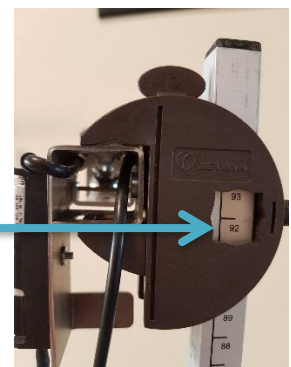
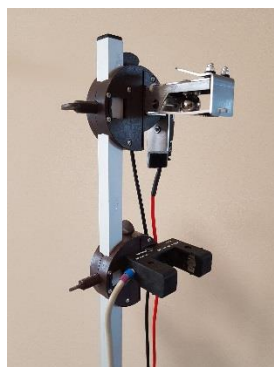
Ensure that the 1m rod is positioned at the floor without resting on it.

- Position the collision detector in front of the rod. Thus this zero corresponds exactly with the plane of contact of the ball-bearing with the collision detector.
- Fix the free fall trigger on the rod: 2 possible cases:

Experiment without datalogging system:

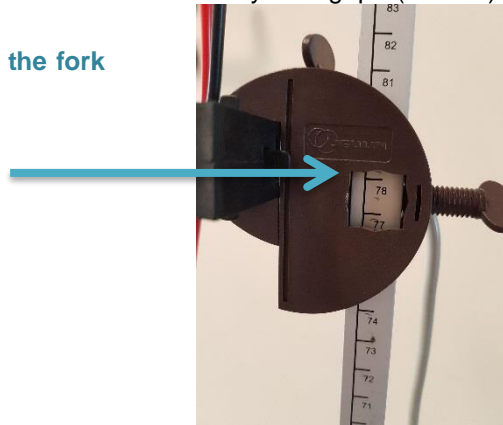


Experiment via a datalogging system with optical forks:



During experiments using optical forks, it is essential to have optical forks (453026) and modular assembly vice grips (703529) available:

Reading the fork
position



Reading the position: The green arrows on the images above show the best way of reading the position of the ball-bearing at each step of its trajectory.



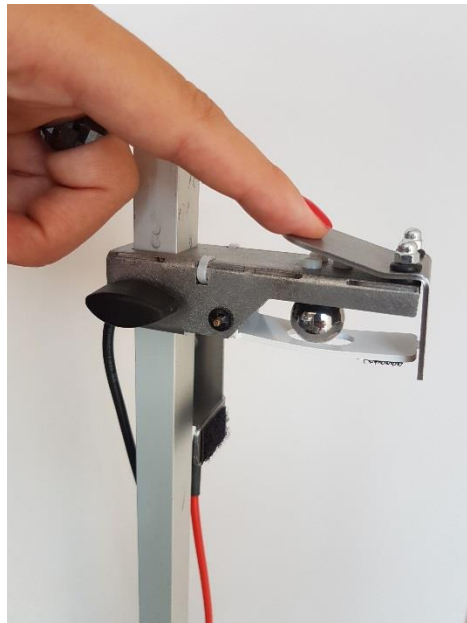
The error in the distance travelled by the ball-bearing can be affected by a significant angle between the vertical and the rod. To avoid this error, the use of a plumb line, spirit level or inclinometer is recommended.

2.3 Use of the free fall trigger

The free fall trigger, is a mechanical device that requires a battery (1.5 V, included), more specially when using voltmeter sensor.

2.3.1 Triggering of the fall of a ball-bearing

The triggering of the fall of the ball-bearing is implemented by pressing the push-button as shown below:



The ball-bearing must be positioned in its slot to enable the correct operation of the trigger.

2.3.2 Measurement with a chronometer



Equipment required:

- Free fall system ref. 332127
- Chronometer ref. 351028
- 12V power supply unit ref. 281512

To perform measurements using the chronometer:

- Connect the free fall trigger on the left part of the chronometer.
- Trigger the start of the fall over an "opening". (See chronometer).
- Connect the collision detector to the right part of the chronometer. (See chronometer).
- Trigger the end of the fall over an opening.

The time displayed by the chronometer screen corresponds to the time necessary to traverse the distance separating the trigger and the receiver.

Based on the equation: $y = \frac{1}{2} \times g \times t^2$, determine the value of the acceleration due to gravity g .

By reproducing this experiment for different heights, plot the change in height as a function of the square of the time. From this determine the coefficient $\frac{1}{2} \times g$. Determine the value g .

2.3.3 Measurement using a data acquisition console

Equipment required:

- Free fall system ref. 332127
- 1 data acquisition console with synchronization (Foxy, AirNeXT, etc.)
- Optical fork ref. 453026
- modular assembly vice grips ref. 703529 (1 per fork)

To perform data acquisitions with the data acquisition console:

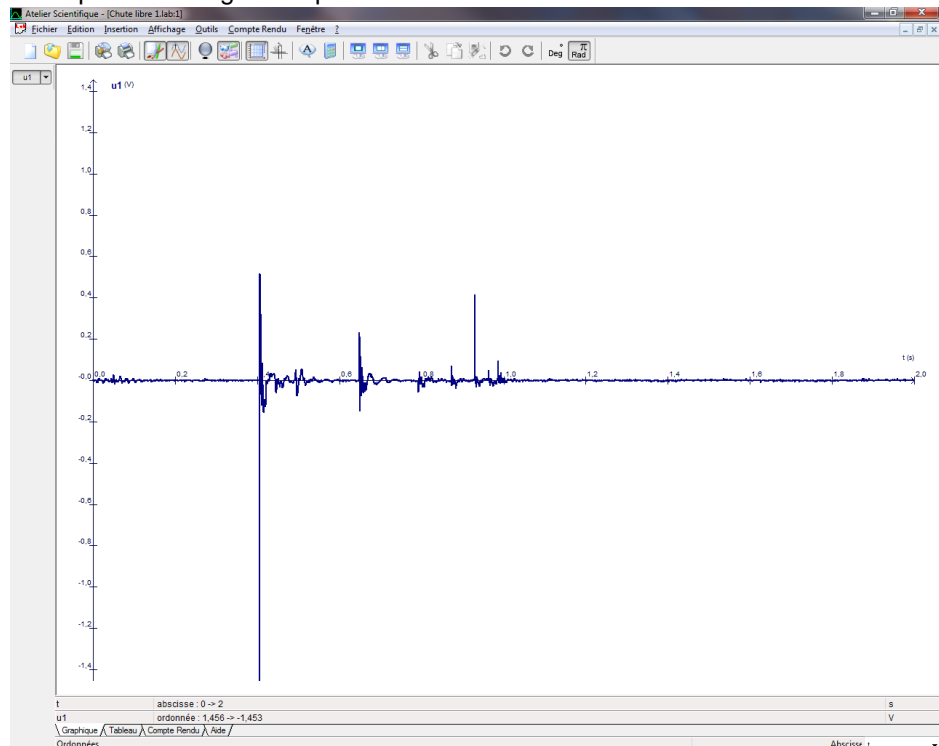
Without external synchronisation:

- Connect the free fall trigger to a voltmeter sensor on the input 1 of your console
- Connect the collision detector to input 2 of your console
- Synchronise your acquisitions at input 1, on a falling edge for the value less than voltage of the battery (approx.. 1.5 V).

With external synchronisation:

- Connect the free fall trigger to the external synchronisation element of your console
- Connect the collision detector to input 2 of your console
- Synchronise your acquisitions at the external synchronization device

Example of the signal acquired:



Read-off the delay elapsed between the start of the data acquisition and the first marked peak.

Based on the equation: $y = \frac{1}{2} \times g \times t^2$, determine the value of the acceleration due to gravity g .

By reproducing this experiment for different heights, plot the change in height as function of the square of the time. From this determine the coefficient $\frac{1}{2} \times g$. Determine the value g .

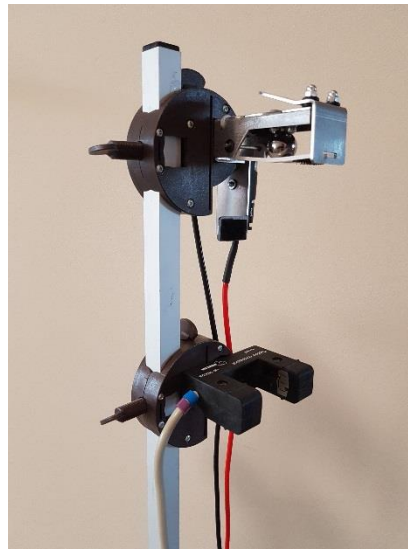
2.3.4 Data acquisition with a data acquisition console and optical forks

Equipment required:

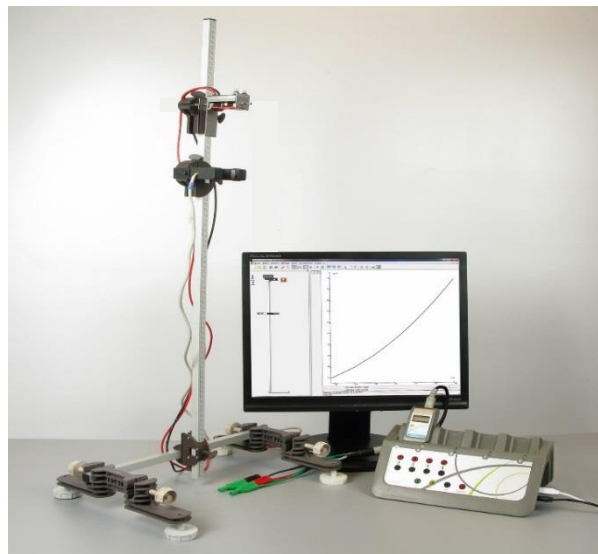
- 1 Free fall system: 332 127
- 1 data acquisition console Foxy®, AirNeXT®, Tooxy® etc.
- 1 to 3 time-synchronized forks: 453026
- 1 to 2 time-synchronized adapters: 482048
- 1 DIN banana connector lead for the free fall system: 283628

The experiment shown here was performed using one time-synchronized fork and 1 time-synchronised adapter.

Photographs of the assemblies of the free fall trigger and 1 optical fork:



The results obtained are presented here by displacement of the optical fork along the whole length of the trajectory.
Note the collision detector can be used to receive the ball-bearing, but it cannot be used for determining the limit of travel.



Example of the experimental result using a fork and chronoméca software

In the left insert, slide the optical fork(s) on the vertical axis of the free fall device. Enter the height value for each fork.

The result obtained in figure 3 was obtained by moving the fork along the vertical axis. Successive data acquisition points make it possible to view the parabola representing the curve: $y = \frac{1}{2} \times g \times t^2$. The coefficient of this parabola yields the value of the gravitational field.

N.B.: The experiment described in this section is also compatible with AirNeXT® in connected mode.

2.3.5 Experiment: elastic collision

2.3.5.1 Reminder

Elastic collision:

During an elastic collision between 2 solid, non-deformable ball-bearings, momentum is conserved: this is referred to as an elastic collision.

Theory of the conservation of momentum:

Based on Newton's second law $\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a} = m \cdot \frac{d\vec{p}}{dt}$

In the case of a system where there are no net external forces or the forces cancel each other out:

$$\sum \vec{F} = \vec{0} = m \cdot \vec{a} = m \cdot \frac{d\vec{p}}{dt}$$

From which is deduced: $\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{0}$.

The momentum (represented by p) does not vary over time, i.e. it is conserved.

$$p = p_1 + p_2 = \text{constant.}$$

2.3.5.1 Experiment

Equipment required:

- Free fall system: 332 127
- Ballistic launcher: 332052

Or Mechanics experiment bench: 332072

- 1 12V DC power supply: 281483
- 1 high-speed camera: 572000

Supplementary equipment recommended to facilitate the alignment:

- 1 rod of cross-section 15x15 mm and length 70cm
- 1 modular assembly vice grip

Assembly:

Secure the feet of the free fall system, position the 70 cm rod horizontally. Using a modular assembly vice grip, secure the ballistic launcher as shown in the photograph below.



Photograph of the complete assembly



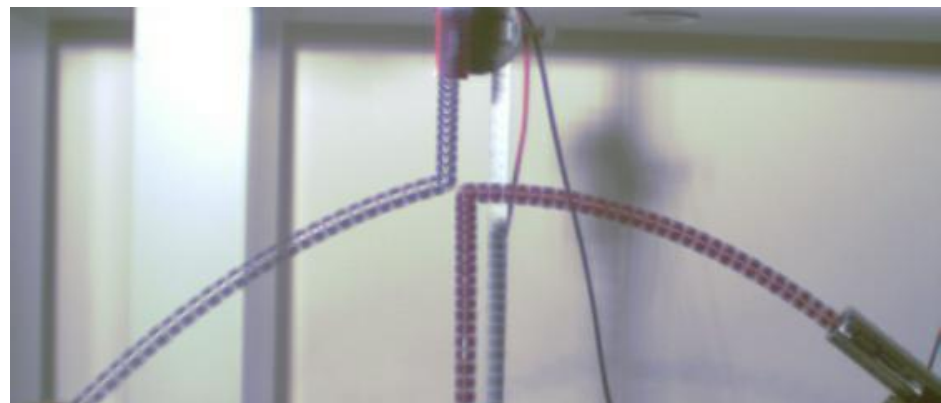
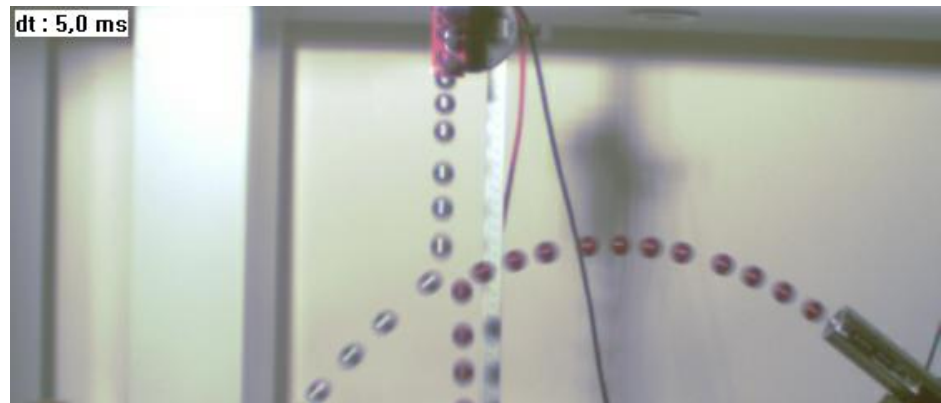
Photograph of the ballistic launcher assembly

Connections:

Connect the launcher, the free fall system and the power supply in series. Thus when the fall of the ball-bearing is triggered, the launcher is likewise triggered. The two events are synchronised.

It is thus possible to demonstrate the conservation of momentum by varying the firing force of the launcher.

3 firing speeds were processed. For each speed, a video was recorded using the high-speed camera (reference: 572000). The chronological photographs shown below result from these captured videos. The software used is Cinéris.



Chronophotography of the elastic collision experiment for shots with 3 different speeds.

These experimental results show that:

- Whatever the speed of firing the two ball-bearings meet
- The trajectories of the two ball-bearings are inverted.
- The speed of the red ball after the collision equals the speed of the grey ball before the collision. Conversely, the speed of the grey ball after the collision equals the speed of the red ball before the collision.

This experiment is also called: the experiment of the monkey and the hunter.

N.B.: To be able to clearly visualise the inversion of the trajectories, it is recommended that one of the two ball-bearings is coloured.

To extend the experiment, it is possible to use balls of different masses. Ensure that the ball-bearing used in the free fall trigger is conductive.

3 After-sales service

The device is under a 2-year guarantee, it must be sent back to our workshops. For any repairs, adjustments or spare parts please contact:

JEULIN – TECHNICAL SUPPORT
468 rue Jacques Monod
CS 21900
27019 EVREUX CEDEX FRANCE
+33 (0)2 32 29 40 23