

## Chute libre

Réf. CHUTELIBKIT

### 1. Description

Ce dispositif permet l'étude de la chute libre sur une hauteur de 135 cm.

Un électroaimant alimenté en 6 V placé en haut du rail permet de retenir une bille métallique. Lorsque l'alimentation est coupée, la bille tombe.

Deux fourches optiques coulissant le long du rail sont reliées à un chronomètre numérique : au passage de la bille, la première fourche déclenche le chronomètre et la seconde située plus bas stoppe le compteur. Il est ainsi possible de mesurer la vitesse en tous points de la chute.

La verticalité du dispositif se règle facilement grâce aux 2 pieds réglables du socle et au fil à plomb se fixant au niveau de l'électro-aimant.

Un réceptacle magnétique permet de réceptionner la bille en évitant les rebonds.

#### Composition :

- 1 rail gradué de 0 à 135 cm, section 20 x 20 mm
- 1 socle avec 2 vis de réglage de la verticalité
- 1 électro-aimant 6 V muni de douilles banane de sécurité
- 1 fil à plomb pour réglage de la verticalité
- 1 bille acier
- 1 réceptacle en plastique avec dispositif anti-rebond de la bille
- 2 fourches optiques
- 1 compteur digital

### 2. Caractéristiques techniques :

#### Compteur numérique :

- i. Afficheur : 1 pour les secondes et 1 pour les fractions de secondes
- ii. Résolution : 1/1000ème de seconde
- iii. 2 boutons pour le démarrage et l'arrêt manuel du chronomètre
- iv. Alimentation : 12 V par adaptateur secteur (fourni)
- v. Connectique fourche : 2 fiches DIN sur le côté ou 6 douilles bananes Ø 4 mm en façade pour les fourches optique se connectant par 3 fiches banane.

#### Fourche optique :

- vi. Lame ressort pour fixation sur tige section carré 20x20 mm
- vii. Ecrou papillon sur le côté pour fixation sur banc à coussin d'air
- viii. Connexion : fiche DIN

#### Dispositif chute libre :

- ix. Rail : gradué en mm de 0 à 135 cm
- x. Socle triangulaire avec 2 vis pour réglage de la verticalité du rail
- xi. Electroaimant : alimentation sur douilles banane Ø 4 mm de sécurité, 6 V DC
- xii. Fil à plomb : fiche banane pour fixation sur l'électroaimant
- xiii. Réceptacle : fond magnétique pour arrêt de la bille
- xiv. 1 bille en acier

### 3. Mise en place du matériel :

L'ensemble chute libre est livré monté. Il ne reste plus qu'à régler la verticalité du dispositif, alimenter l'électroaimant, fixer les fourches optiques sur le rail et connecter les différents appareils ensemble (fourches et compteur numérique).

## a. Matériel complémentaire non fourni

- i. Alimentation continue 12 V / 1 A x 1
- ii. Cordon banane de sécurité, longueur 2 m x 2

## b. Mise en place des fourches optiques

Les fourches sont munies d'un dispositif permettant de fixer les fourches sur le rail gradué de la chute libre. Pour positionner la fourche sur le rail, procéder comme explicité et illustré ci-dessous :

- i. Dévisser la noix de serrage.
- ii. Tourner la lame de maintien de manière à dégager l'encoche destinée à recevoir le rail.
- iii. Enficher la fourche sur le rail gradué de la chute libre.
- iv. Repositionner la lame de maintien sur le rail et revisser la noix de serrage.



## c. Réglage de la verticalité

- i. Positionner les 2 fourches optiques sur le rail de la chute libre et écarter les d'au moins 50 cm.
- ii. Enficher la fiche banane à l'extrémité du fil à plomb dans l'électroaimant.
- iii. Régler la verticalité du dispositif à l'aide des 2 vis calantes situées dans la base triangulaire du dispositif, de manière à ce que le fil à plomb passe aux centres des fourches et coupe les cellules photoélectriques.



## d. Alimentation de l'électroaimant

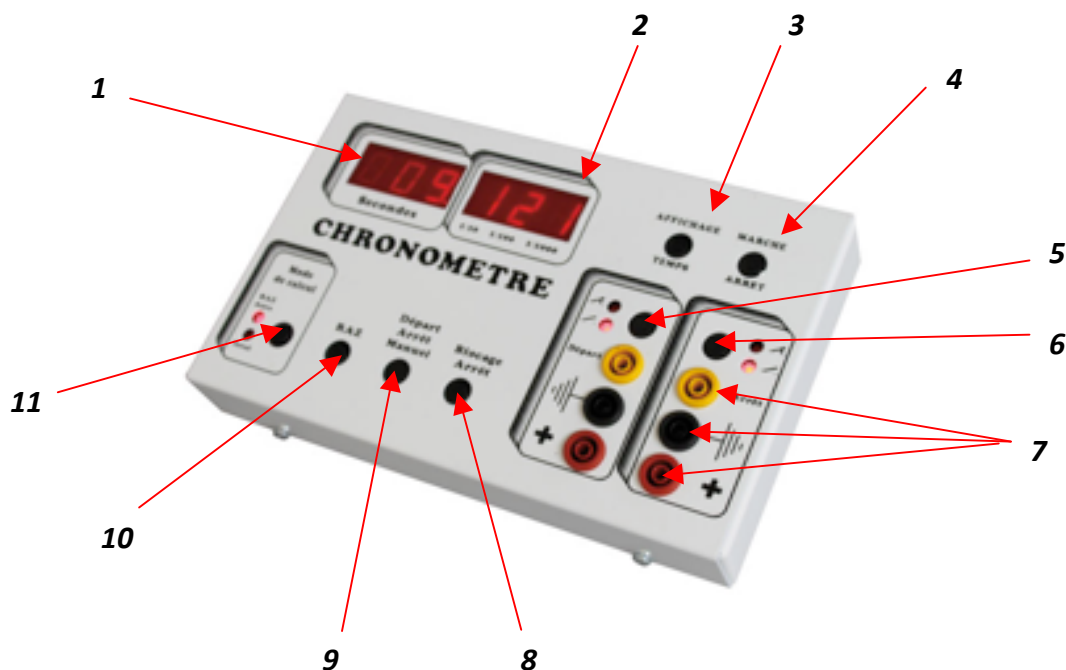
- i. Retirer le fil à plomb de l'électroaimant.
- ii. Relier les douilles banane de l'électroaimant à une alimentation 12 V continue (intensité de 1 A suffisant).
- iii. Une fois l'électroaimant alimenté, disposer la bille en acier sous celui-ci. Celle-ci doit être maintenue par le champ magnétique induit par l'électroaimant.
- iv. Pour faire chuter la bille, éteindre simplement l'électroaimant à l'aide de l'interrupteur ON/OFF de celle-ci.



## e. Connexion des fourches au compteur numérique

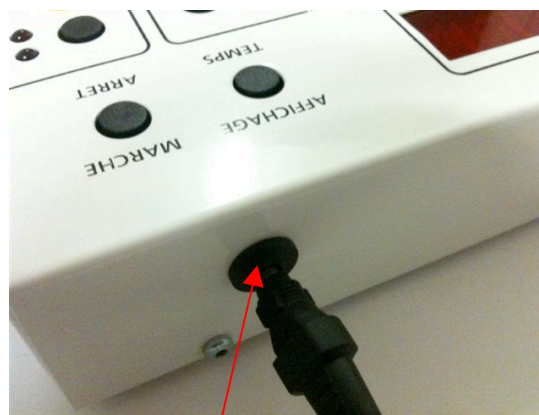
Le compteur numérique dispose en façade de douilles banane pour la connexion de fourches optiques autres que celles livrées avec le dispositif et munies de fiche banane.

Les fourches livrées avec le dispositif étant équipées de fiche DIN, on utilisera les douilles DIN situées sur la face latérale du compteur.



12

13



14

- 1 : Afficheur donnant les secondes
- 2 : Afficheur donnant le nombre de millisecondes
- 3 : Bouton d'affichage des fractions de seconde : permet de réduire le nombre de décimales dans l'affichage du temps.
- 4 : Bouton Marche/Arrêt : allume ou éteint le compteur.
- 5 : Bouton permettant de sélectionner le mode de fonctionnement de la fourche donnant le départ du chronomètre : si le voyant du haut est allumé, la fourche départ lance le chronomètre lorsqu'elle est obstruée ; si le voyant du bas est allumé, la fourche lance le départ lorsqu'elle n'est plus obstruée.
- 6 : Même fonction que le bouton n° 5 mais pour la fourche qui arrête le compteur.
- 7 : Douilles banane permettant de connecter des fourches optiques à connectique banane ; inutile pour l'utilisation des fourches fournies avec le kit, équipées de fiche DIN.
- 8 : Blocage arrêté : lorsqu'on maintient ce bouton enfoncé, la fourche d'arrêt est inactive et le chronomètre ne peut être arrêté.
- 9 : Départ/Arrêt manuel : ce bouton permet de lancer ou arrêter le compteur manuellement par une simple pression sur celui-ci.
- 10 : RAZ : remise à zéro du compteur ; fonctionne une fois le compteur arrêté ou en cours de comptage.
- 11 : Mode de calcul : lorsque le voyant « RAZ auto » est allumé, le chronomètre repart à 0 (RAZ) chaque fois que la fourche de départ est obstruée (ou plus obstruée – voir n°6) ; lorsque le voyant « Total » est allumé, le chronomètre redémarre un comptage en cumul (sans RAZ) lorsque la fourche de départ est obstruée.
- 12 : Fiche DIN pour connexion de la fourche démarrant le chronomètre.
- 13 : Fiche DIN pour connexion de la fourche arrêtant le chronomètre.
- 14 : Prise jack alimentation pour connecter l'adaptateur secteur fourni.

## Précautions :

Attention !!! Le chronomètre fonctionne en 12 V continu. Selon le type d'adaptateur secteur, il est possible que celui-ci soit multi tension (sélecteur de tension rotatif sur le corps du bloc secteur). Assurez-vous que celui-ci est bien sur la position 12 V.  
N'utilisez pas d'autre adaptateur secteur que celui fourni. Ceci pourrait endommager irrémédiablement le chronomètre.

## 4. Expériences :

### a. Rappels théoriques

Force appliquée :  $\vec{P} = m\vec{g}$  avec m la masse de la bille

Principe fondamental de la dynamique :  $\sum \vec{F} = m\vec{\gamma}$

D'où si on projette sur l'axe Oz avec origine au départ de la chute :  $P = mg = mz''$

Ce qui se simplifie par :  $g = z'' = g$  (1)

Si on intègre une fois, on a l'expression de la vitesse (en t=0, la vitesse est nulle) :  $V = z' = gt$  (2)

Si on intègre une seconde fois, on obtient l'expression de la position (équation horaire ; on considère qu'en t=0 la bille est à l'origine des axes, soit z=0) :  $z = gt^2/2$  (3)

Si on injecte la relation (3) dans la relation (2), on obtient :  $V = \sqrt{2gz}$  (4)

**Remarque :** on obtient plus rapidement le même résultat en considérant la conservation de l'énergie :

$$\Delta E_c = \Delta E_p \Rightarrow \frac{1}{2} mV^2 - 0 = m \cdot g \cdot z \Rightarrow V = \sqrt{2gz}$$

Il suffit donc de relever les vitesses en différents points  $z$  de la chute et de tracer  $V^2$  en fonction de  $z$  : on obtient une droite de coefficient directeur  $2g$ .

## **b. Mesures**

L'objectif de l'expérience de la chute libre est de montrer que la chute des corps est régie par la constante de gravitation  $g = 9,81 \text{ m/s}$ .

Pour ce faire, on peut procéder de différentes manières :

### **i. Mesure des temps de passage de la bille à différentes hauteurs $z(t)$ :**

Dans ce cas de figure, on positionnera la fourche « DEPART » à l'emplacement de la bille maintenue par l'électroaimant et on fonctionnera en mode « ouverture » sur cette fourche (cf. bouton n° 6 au paragraphe 3-f. La fourche « ARRET » fonctionnera en mode « fermeture » (cf. bouton n° 5).

On obtient ainsi l'équation horaire de la bille  $z(t)$ . On dérive ensuite une fois pour obtenir la vitesse  $z'(t)$  et 2 fois pour obtenir l'accélération  $z''(t)$ .

### **ii. Mesure des vitesses en fonction des positions $z'(z)$ à l'aide de 2 fourches :**

Dans notre cas de figure, on déterminera la vitesse pour différentes positions  $z$  en positionnant 2 fourches de part et d'autre et à égales distances du point  $z$ .

Soit  $D$  la distance entre les 2 fourches,  $Dt$  l'écart de temps entre ces 2 points  $z_1$  et  $z_2$ . On estimera alors la vitesse en  $z = (z_1 + z_2) / 2$  en faisant la moyenne  $D/Dt$ .