

# Mécanique

Mouvements de translation de la masse ponctuelle  
Chute libre

LD  
Fiches d'expériences  
de physique

P1.3.5.4

## Chute libre

Relevé et exploitation avec VidéoCom

### Objectifs expérimentaux

- ■ Relevé du diagramme distance en fonction du temps d'un corps en chute libre avec VidéoCom.
- ■ Détermination de l'accélération de la pesanteur  $g$ .

### Notions de base

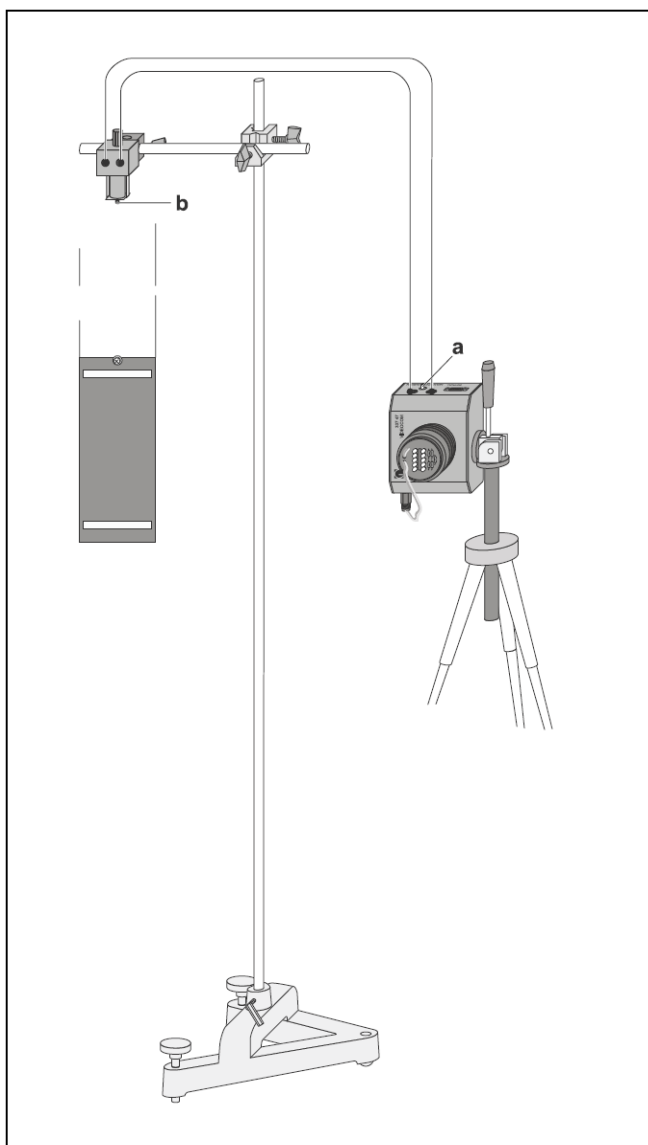


Fig. 1 Montage expérimental pour le tracé de la chute libre avec VidéoCom.

Si un corps tombe dans le champ de pesanteur terrestre d'une hauteur  $h$  sur le sol, il est soumis à une accélération constante  $g$  tant que la trajectoire de chute est petite et que le frottement peut être négligé. On caractérise son mouvement de chute libre. La chute libre est donc un exemple de mouvement uniformément accéléré.

Si le corps est lâché à l'instant  $t = 0$  avec la vitesse initiale  $v_0 = 0$ , sa vitesse instantanée est donnée par

$$v(t) = g \cdot t \quad (\text{I})$$

et à l'instant  $t$ , le corps a parcouru la distance

$$s = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad (\text{II}).$$

Dans l'expérience, le mouvement de chute d'un corps est enregistré avec la caméra CCD VidéoCom mono-ligne. Elle éclaire une bande réfléchissante (catadioptré) collée sur le corps en chute par des éclairs émis par des LEDs et projète les éclairs réfléchis avec un objectif photographique sur une barrette CCD (charge-coupled device) à 2048 pixels. Via un port série, la position actuelle du corps en chute est transmise jusqu'à 80 fois par seconde à un ordinateur. Un logiciel fourni avec la caméra VidéoCom restitue la totalité du mouvement du corps en chute sous la forme d'un diagramme distance-temps et permet l'exploitation ultérieure des données de mesure. Notamment le calcul de la vitesse

$$v(t) = \frac{s(t + \Delta t) - s(t - \Delta t)}{2 \cdot \Delta t} \quad (\text{III})$$

et de l'accélération

$$a(t) = \frac{v(t + \Delta t) - v(t - \Delta t)}{2 \cdot \Delta t} \quad (\text{IV})$$

peut être activé par simple clic avec la souris, sachant qu'il est ici possible de choisir entre plusieurs intervalles de temps  $\Delta t$ .

# Mécanique

Mouvements de translation de la masse ponctuelle

Chute libre

LD  
Fiches d'expériences  
de physique

P1.3.5.4

## Matériel

1 VidéoCom	337
47	
1 adaptateur secteur 230 V / 12 V~/ 20 W	562
791	
1 trépied pour caméra	300
59	
1 corps de chute pour VidéoCom	337
472	
1 aimant de maintien	336
21	
1 pied en V, grand	300
01	

## Montage et réalisation

Le montage expérimental est représenté sur la fig. 1.

### Assemblage du dispositif pour l'étude de la chute :

- Installer l'aimant de maintien sur le matériel support ainsi qu'illustré sur la fig. 1, l'orienter vers le bas et le brancher à la caméra VidéoCom à l'aide de câbles d'expérimentation (voir mode d'emploi de VidéoCom).

### Installation de VidéoCom :


- Visser la caméra VidéoCom en position verticale sur le trépied et la placer à 3 m du dispositif pour l'étude de la chute.
- Orienter la caméra VidéoCom sur la hauteur de chute moyenne ainsi que le plus parallèlement possible à la trajectoire de chute, pour ce faire, s'aider de la bulle de niveau pour mettre la caméra bien d'aplomb.
- Alimenter la caméra VidéoCom avec une tension fournie par l'adaptateur secteur et la relier à l'entrée série du PC (COM1, par ex.).
- Le cas échéant, installer le logiciel pour VidéoCom, appeler le programme « VidéoCom Mouvements » et sélectionner éventuellement la langue souhaitée ainsi que le port série (voir mode d'emploi de VidéoCom).

### Orientation de VidéoCom :


- Accrocher le corps de chute pour VidéoCom à l'aimant de maintien. Ce faisant, utiliser le bouton de réglage **(a)** sur le boîtier de la caméra pour régler une tension de l'aimant de maintien la plus faible possible, juste de façon à retenir le corps de chute.
- Remonter le noyau de fer de l'aimant de maintien avec la vis moletée **(b)** de manière à ce que le corps de chute soit accroché à la verticale.
- Dans le programme « VidéoCom Mouvements », cliquer sur « Test de l'intensité ».
- Légèrement obscurcir la pièce pour améliorer le contraste avec le fond.

- Orienter VidéoCom de façon à ce qu'il y ait deux crêtes de reconnaissables sur l'écran LCD du boîtier de la caméra ou sur le moniteur du PC et que celles-ci soient sur le bord droit ; s'assurer que la caméra est bien d'aplomb.
- Inhiber la lumière perturbatrice et les reflets de manière à ce qu'il n'y ait aucune autre crête de visible.
- Encore optimiser le positionnement jusqu'à ce que le rapport d'intensité crête/fond soit supérieur à 5 : 1.

### Calibrage de VidéoCom et relevé du diagramme distance-temps

- Appeler le menu « Réglages/Calibrage de la distance » avec le bouton  ou la touche F5.
- Dans l'onglet « Calibrage de la distance », inscrire pour les positions des deux bandes réfléchissantes les valeurs 0,2 m pour la 1<sup>ère</sup> position et 0 m pour la 2<sup>ème</sup> position.
- Cliquer sur le bouton « Relever pixels de l'affichage » et activer l'option « Utiliser calibrage ».
- Rappeler le menu « Réglages/Calibrage de la distance » puis effectuer les réglages suivants dans l'onglet « Spécifications ».

$\Delta t$	12,5 ms (80 fps)
Éclair	Auto
Lissage	Maximum (8*dt)
Arrêt de la mesure	après parcours de la distance $s = 1 \text{ m}$

- Lancer la mesure avec le bouton  ou la touche F9 et relever le mouvement du corps pendant sa chute.
- Appeler ensuite le menu « Réglages/Calibrage de la distance », cliquer sur l'onglet « Linéarisation » puis sur le bouton « Suggérer linéarisation ».

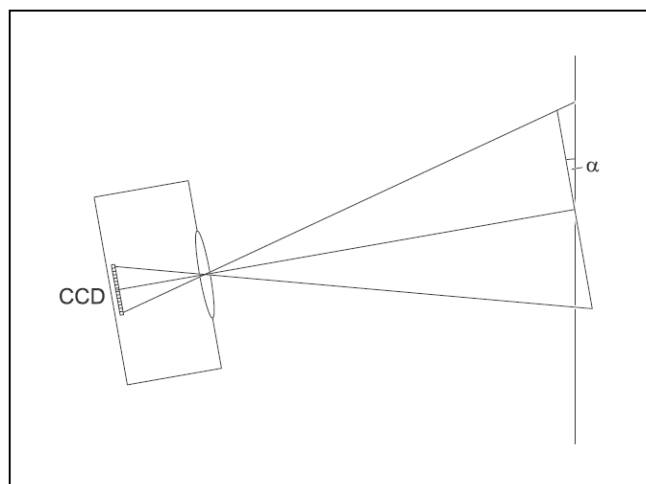





Fig. 2 Schéma pour la définition de l'angle  $\alpha$  entre la caméra VidéoCom et la trajectoire de chute.

Si un angle  $\alpha > 1^\circ$  est indiqué, la caméra VidéoCom n'est pas encore d'aplomb (voir fig. 2) :

- Rejeter la linéarisation en cliquant sur le bouton « Abandonner ».

# Mécanique

## Mouvements de translation de la masse ponctuelle Chute libre

- Optimiser la mise d'aplomb de VidéoCom.
- Effacer les anciennes valeurs mesurées avec le bouton  ou la touche F4, retracer le mouvement du corps en chute et redéterminer l'angle  $\alpha$ .
- Recommencer la procédure jusqu'à ce que  $\alpha < 1^\circ$  soit affiché ; ensuite, activer l'option « Utiliser linéarisation » et accepter la distorsion  $\delta$  indiquée.
- Enregistrer les valeurs mesurées avec  ou F2 sous un nom explicite.
- Recommencer le calibrage de la distance et cliquer sur l'onglet « Calibrage de la distance » puis sur le bouton « Relever pixels du tableau », activer ensuite l'option « Utiliser calibrage » puis valider avec « OK ».
- Cliquer avec le bouton droit de la souris sur la colonne de valeurs mesurées « s1/m » et sélectionner « Effacer colonne » dans la liste qui apparaît.
- Enregistrer les valeurs mesurées avec  ou F2 sous un nom explicite.

### Exemple de mesure et exploitation

La fig. 3 montre le diagramme distance-temps réalisé pour le corps de chute. La distance parcourue  $s$  ne dépend pas linéairement du temps  $t$ . La subordination au temps correspond bien plus à une parabole (cf. (I)).

La modélisation d'une parabole  $A \cdot x^2 + B \cdot x + C$  permet de déterminer l'accélération de la chute. On obtient

$$g = 2 \cdot A = 9,82 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

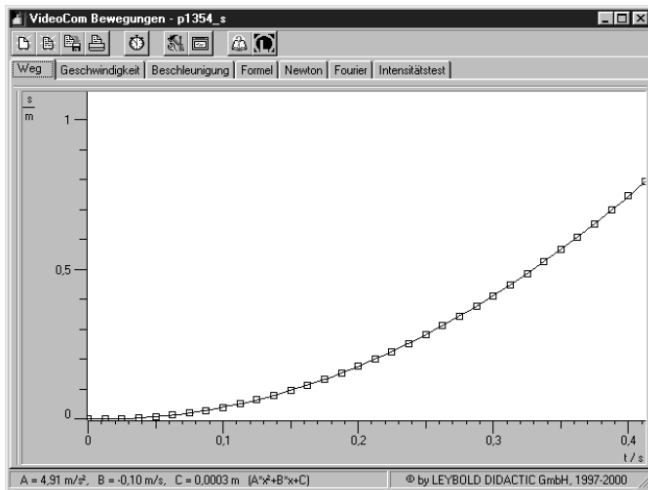


Fig. 3 Diagramme distance-temps du corps de chute

La vitesse instantanée  $v$  calculée à partir des valeurs mesurées en cliquant sur l'onglet « Vitesse » est une fonction linéaire du temps (voir fig. 4 et cf. (II)). À partir de la pente de la droite modélisée  $A \cdot x + B$ , on relève la formulation suivante pour l'accélération de la chute :

$$g = A = 9,82 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

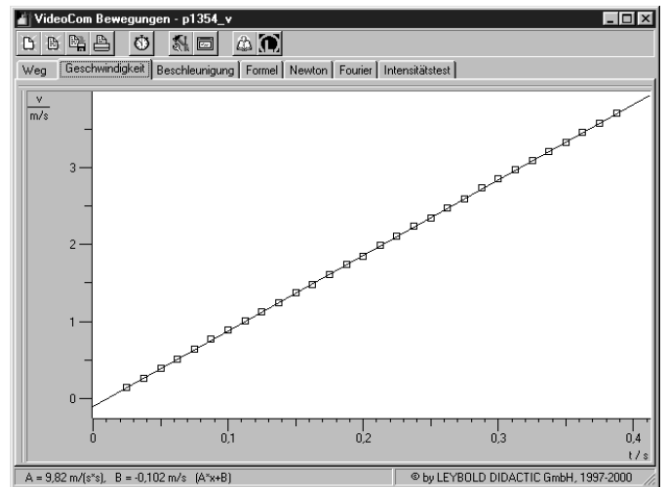


Fig. 4 Diagramme vitesse-temps du corps de chute.

Si on calcule l'accélération instantanée  $a$  en fonction du temps en cliquant sur l'onglet « Accélération », on obtient des valeurs constantes dans le cadre de la précision de mesure (voir fig. 5). Leur valeur moyenne est

$$g = 9,82 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

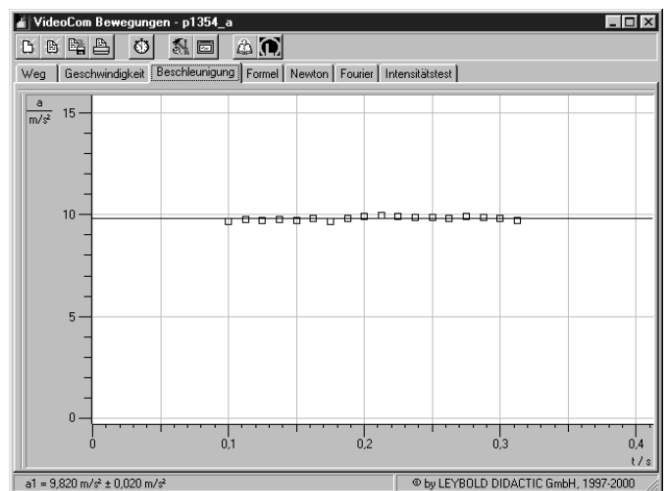


Fig. 5 Diagramme accélération-temps du corps de chute.

Valeur de l'accélération de la pesanteur admise par convention pour l'Europe :

$$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

### Information supplémentaire

Le résultat de la modélisation  $B = -0,1 \text{ m s}^{-1}$  sur les fig. 4 et 5 correspond à une vitesse initiale négative (sans intérêt d'un point de vue physique) du corps lâché. En effet, le tracé des valeurs mesurées a été lancé un peu plus tôt que le déplacement du corps étant donné que l'aimant de maintien a déclenché un peu trop tard.