

# Mécanique

Mouvements de translation de la masse ponctuelle  
Mouvements unidimensionnels sur le rail à chariot

LD  
Fiches d'expériences  
de physique

P1.3.2.4

## Relevé des diagrammes distance-temps de mouvements rectilignes

Relevé et exploitation avec VidéoCom

### Objectifs expérimentaux

- ■ Relevé et exploitation des mouvements uniformes sur un rail à chariot avec VidéoCom.
- ■ Relevé et exploitation de mouvements uniformément accélérés sur un rail à chariot avec VidéoCom.

### Notions de base

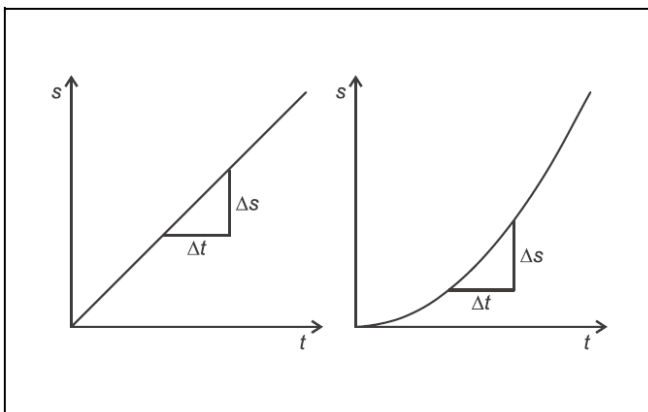


Fig. 1 Diagramme distance-temps du mouvement uniforme (à gauche) et du mouvement uniformément accéléré (à droite)

Dans le cas d'un mouvement uniforme, une masse ponctuelle parcourt sur une trajectoire rectiligne des distances  $\Delta s$  égales en des temps  $\Delta t$  égaux. Sa vitesse

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (I)$$

est constante et a une valeur qui ne change pas. Pour déterminer la vitesse, il est possible de sélectionner un intervalle de temps  $\Delta t$  d'une valeur quelconque pendant lequel on mesure la distance parcourue  $\Delta s$ .

Si le mouvement n'est pas uniforme, la vitesse change au fil du temps et la vitesse moyenne dans l'intervalle de temps  $\Delta t$  est donnée par l'équation (I). Pour déterminer la vitesse instantanée à un instant  $t$ , l'intervalle de temps  $\Delta t$  sélectionné doit être le plus petit possible. C'est ainsi que la vitesse peut être assimilée à la valeur limite pour des intervalles de temps de plus en plus courts :

$$v(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{s(t + \Delta t) - s(t)}{\Delta t} = \frac{ds}{dt} \quad (II)$$

La grandeur

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (III)$$

désigne l'accélération de la masse ponctuelle. Elle est constante pour un mouvement uniformément accéléré. Si tel n'est pas le cas, l'accélération peut être assimilée à l'instant  $t$  à la valeur limite

$$a(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{v(t + \Delta t) - v(t)}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} \quad (IV)$$

Dans l'expérience, les mouvements uniformes et uniformément accélérés d'un chariot sur un rail sont enregistrés avec la caméra CCD (charge-coupled device) mono-ligne VidéoCom. Elle éclaire le chariot sur le rail doté d'une bande réfléchissante (catadioptré) par des éclairs émis par les LEDs, les éclairs réfléchis sont projetés avec un objectif photographique sur une barrette CCD à 2048 pixels. Via un port série, la position actuelle du chariot est transmise à un ordinateur jusqu'à 80 fois par seconde. La durée de l'éclair réglée automatiquement est de maximum 1/800 s si bien que même un déplacement « rapide » sur le rail sera projeté avec netteté.

Le logiciel fourni avec la caméra VidéoCom restitue la totalité du déplacement du chariot sur le rail sous la forme d'un diagramme distance-temps et permet l'exploitation ultérieure des données de mesure. Notamment le calcul de la vitesse

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

et de l'accélération

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

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  
Mouvements unidimensionnels sur le rail à chariot

LD  
Fiches d'expériences  
de physique

P1.3.2.4

## Matériel

1 rail	337 130
1 chariot pour rail	337 110
1 VidéoCom	337 47
1 adaptateur secteur 230V/12 V~/20 W	562 791
1 trépied pour caméra	300 59
1 aimant de maintien	683 41
1 support pour roue à rayons combinée	337 463
1 roue à rayons combinée	337 464
1 plateau pour masses fendues, 10 g	315 410
4 masses fendues, 10 g	315 418
1 fil de pêche, 10 m	309 48

Câbles d'expérimentation

*Complément recommandé :*

1 paire de masses additionnelles	337 114
----------------------------------	---------

*Complément nécessaire :*

1 PC avec Windows 95//NT ou une version plus récente

## Montage

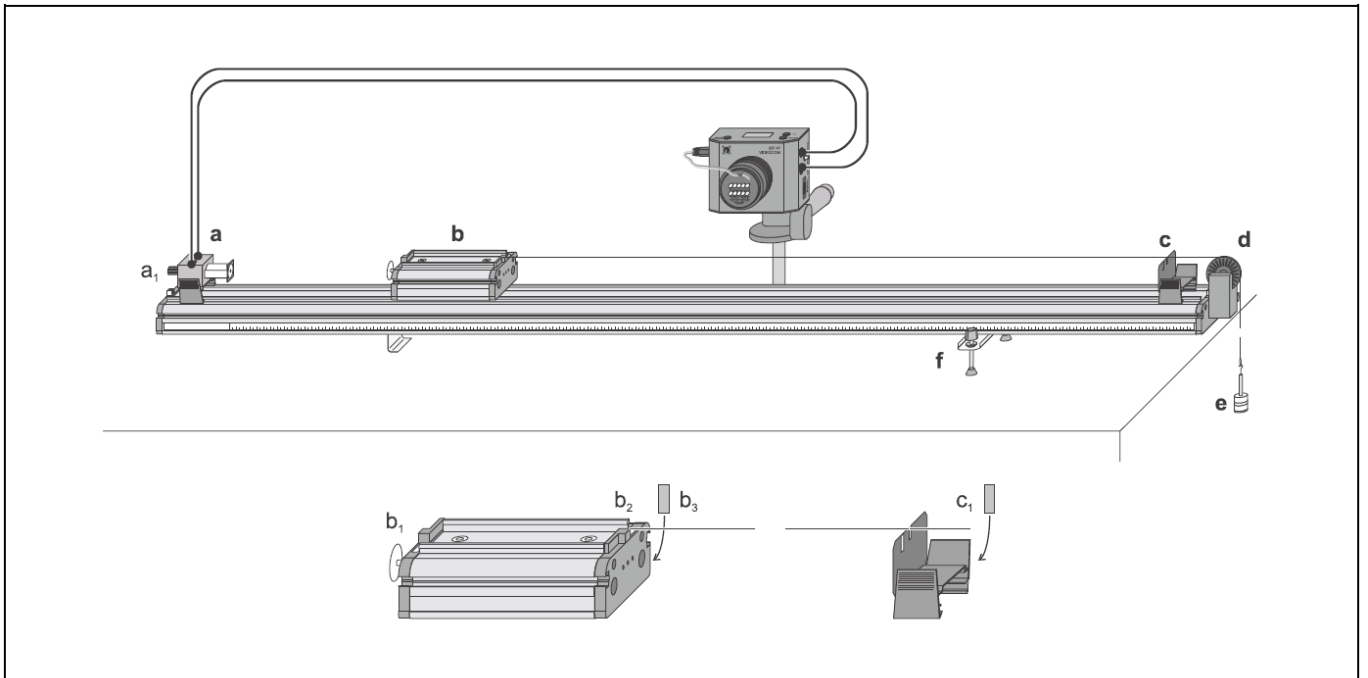


Fig. 2 Montage expérimental pour le relevé du déplacement avec VidéoCom

Le montage expérimental est représenté sur la fig. 2.

# Mécanique

Mouvements de translation de la masse ponctuelle  
Mouvements unidimensionnels sur le rail à chariot

LD  
Fiches d'expériences  
de physique

P1.3.2.4

## Installation du rail :

- Installer l'aimant de maintien (**a**) avec cavalier ; pour ce faire, éventuellement enlever les élastiques.
- Fixer la roue à rayons combinée dans le support pour roue à rayons combinée (**d**) en bout de rail.
- Positionner le rail à l'horizontale en l'ajustant avec les vis de réglage (**f**).
- Mettre le chariot en place et vérifier que le rail soit bien à l'horizontale.

## Installation de VidéoCom :

- Visser la caméra VidéoCom sur le trépied, l'installer à 2 m du rail et la positionner si possible à la même hauteur ainsi que parallèlement au rail.
- Alimenter la caméra VidéoCom avec une tension fournie par l'adaptateur secteur et la relier à l'entrée série du PC (COM1, par ex.).
- Brancher l'aimant de maintien à la caméra par le biais de deux câbles d'expérimentation.
- Le cas échéant, installer le logiciel pour VidéoCom sous Windows, 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 :

- Équiper le chariot pour rail d'une plaque de retenue (**b<sub>1</sub>**) et le pousser contre l'aimant de maintien.
- Coller une bande réfléchissante (**b<sub>3</sub>**) sur le bord vertical du chariot.
- Coller aussi une bande réfléchissante (**c<sub>3</sub>**) sur le butoir (**c**) et fixer le chariot de sorte que la distance entre les deux bandes réfléchissantes soit d'exactly 1 m.
- Sélectionner le « Test de l'intensité » dans le programme « VidéoCom Mouvements ».
- Légèrement obscurcir la pièce pour améliorer le contraste avec le fond.
- Positionner VidéoCom de façon à ce que deux crêtes soient reconnaissables sur l'écran LCD du boîtier de la caméra ou sur le moniteur du PC.
- Inhiber la lumière perturbatrice ou 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.

## Connexion de l'aimant de maintien :


- Fixer le fil au porte-fil (**b<sub>2</sub>**) du chariot pour rail, le faire passer par la roue à rayons combinée qui sert de poulie de renvoi et accrocher le plateau pour masse fendue de 10 g (**e**).
- Ajuster le noyau de fer de l'aimant de maintien avec la vis moletée de manière à ce que le chariot soit tout juste retenu et qu'il démarre immédiatement dès qu'on appuie sur la touche START du boîtier de la caméra VidéoCom.

## Correction de la distorsion :


- Activer la représentation « Distance » dans le programme « VidéoCom Mouvements ».
- Coller une autre bande réfléchissante verticalement sur le chariot (à 5 cm de la première bande réfléchissante).
- Appeler le menu « Réglages/Calibrage de la distance » avec le bouton  ou la touche F5.

- Cliquer sur l'onglet « Calibrage de la distance » et inscrire les valeurs 0 et 0,05 m comme positions des deux bandes réfléchissantes.
- Cliquer sur le bouton « Relever pixels de l'affichage » puis activer l'option « Utiliser calibrage ».
- Rappeler le menu « Réglages/Calibrage de la distance » puis effectuer les réglages suivants dans l'onglet « Spécifications ».

$\Delta t$	50 ms (20 fps)
Éclair	Auto
Lissage	Standard (4*dt)
Arrêt de la mesure	après parcours de la distance $s = 0,9$ m, par ex.

- Lancer la mesure avec le bouton  ou la touche F9 et relever le déplacement du chariot.
- Cliquer ensuite sur l'onglet « Linéarisation » du menu « Réglages/Calibrage de la distance » puis sur le bouton « Suggérer linéarisation ».

Si un angle  $\alpha \neq 0^\circ$  est indiqué, le rail n'est pas encore positionné correctement par rapport à la caméra VidéoCom (voir fig. 3) :

- Rejeter la linéarisation en cliquant sur le bouton « Abandonner ».
- Rectifier la position du rail en décalant le « pied droit ».
- Effacer les anciennes valeurs mesurées avec le bouton  ou la touche F4, relever à nouveau le déplacement du chariot puis redéterminer l'angle  $\alpha$ .
- Recommencer la procédure jusqu'à ce que  $\alpha = 0^\circ$  soit affiché ; ensuite, activer l'option « Utiliser linéarisation » et accepter la distorsion  $\delta$  indiquée.

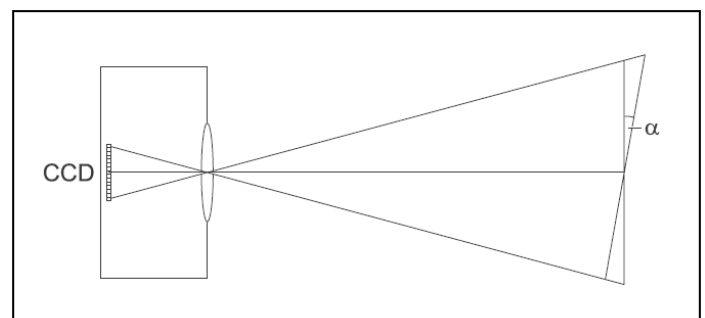


Fig. 3 Schéma pour la définition de l'angle  $\alpha$  entre le rail et VidéoCom.

## Calibrage de la distance :




- Enlever la deuxième bande réfléchissante qui est collée sur le chariot, déplacer le chariot jusqu'à l'aimant de maintien et installer le butoir sur le rail de façon à ce que les deux bandes réfléchissantes (celle du chariot et celle du butoir) soit distantes de 1 m exactement.
- Cliquer sur l'onglet « Calibrage de la distance » du menu « Réglages/Calibrage de la distance » et inscrire les valeurs 0 et 1 m comme positions des deux bandes réfléchissantes.
- Cliquer sur le bouton « Relever pixels de l'affichage » puis activer l'option « Utiliser calibrage ».

# Mécanique


Mouvements de translation de la masse ponctuelle  
Mouvements unidimensionnels sur le rail à chariot

## Réalisation


### a) Mouvement uniforme :

- Effacer les anciennes valeurs mesurées avec  ou F4.
- Enlever le fil du chariot et amener ce dernier à proximité de l'aimant de maintien.
- Légèrement pousser le chariot du doigt, lancer ensuite la mesure avec  ou F9 puis relever le diagramme distance-temps.
- Enregistrer les valeurs mesurées avec  ou F2 sous un nom explicite.


### b) Mouvement uniformément accéléré :

- Effacer les anciennes valeurs mesurées.
- Fixer à nouveau le fil avec le plateau pour masses fendues de 10 g au porte-fil et le faire passer par la poulie de renvoi.
- Amener le chariot contre l'aimant de maintien, lancer la mesure et relever le diagramme distance-temps.
- Enregistrer les valeurs mesurées avec  ou F2 sous un nom explicite.

### c) Mouvement accéléré en fonction de la force accélératrice $F$ :

- Effacer les anciennes valeurs mesurées et retirer les masses fendues de 10 g.
- Refixer le fil avec le plateau pour masses fendues de 10 g au porte-fil et le faire passer par la poulie de renvoi.
- Amener le chariot contre l'aimant de maintien, lancer la mesure et relever le diagramme distance-temps.
- Accrocher successivement jusqu'à quatre masses fendues additionnelles de 10 g et relever à chaque fois le diagramme distance-temps.
- Enregistrer les valeurs mesurées avec  ou F2 sous un nom explicite.

### d) Mouvement accéléré en fonction de la masse $m$ accélérée :

- Effacer les anciennes valeurs mesurées.
- Fixer à nouveau le fil au porte-fil avec le plateau support et deux masses fendues additionnelles de 10 g et le faire passer par la poulie de renvoi.
- Amener le chariot contre l'aimant de maintien, lancer la mesure et relever le diagramme distance-temps.
- Recommencer si possible la mesure avec des masses additionnelles de 500 g.
- Enregistrer les valeurs mesurées avec  ou F2 sous un nom explicite.
- 

## Exemples de mesure et exploitation

### a) Mouvement uniforme :

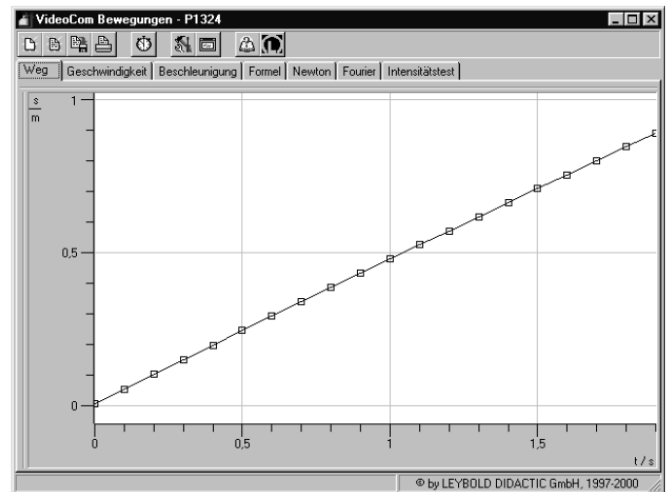


Fig. 4 Diagramme distance-temps d'un mouvement uniforme du chariot pour rail, relevé avec VidéoCom.

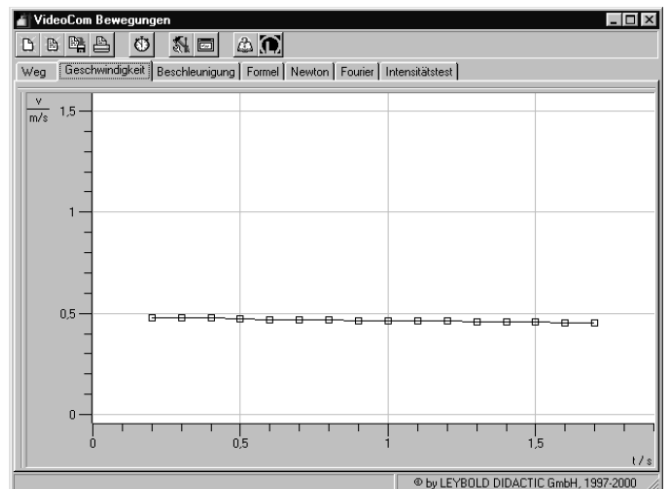


Fig. 5 Diagramme vitesse-temps correspondant à la fig. 4

La fig. 4 montre le diagramme distance-temps du chariot pour un mouvement uniforme obtenu sans aucune force extérieure. La distance  $s$  parcourue est une fonction linéaire du temps  $t$  ainsi que le confirme la modélisation d'une droite passant par les valeurs mesurées.

À partir des valeurs mesurées, on calcule la vitesse instantanée  $v$  en fonction du temps en cliquant sur l'onglet « Vitesse ». Cette vitesse est quasiment constante (voir fig. 5), elle diminue toutefois légèrement avec le temps étant donné que le chariot est soumis à une force de frottement qui le freine.

# Mécanique

Mouvements de translation de la masse ponctuelle  
Mouvements unidimensionnels sur le rail à chariot

LD  
Fiches d'expériences  
de physique

P1.3.2.4

## b) Mouvement uniformément accéléré :

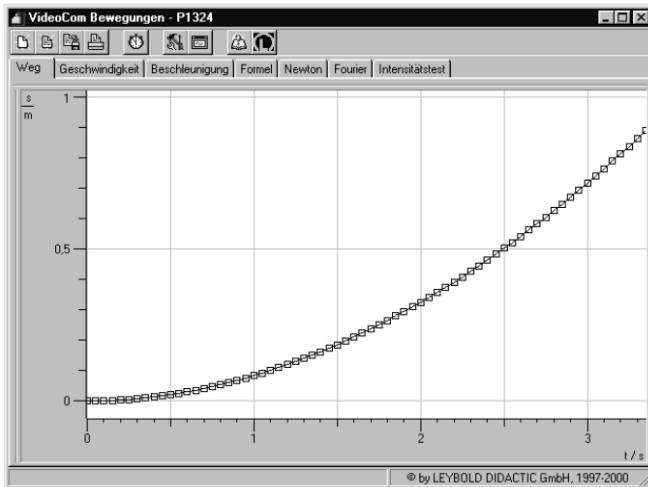


Fig. 6 Diagramme distance-temps du mouvement uniformément accéléré du chariot, relevé avec VidéoCom.

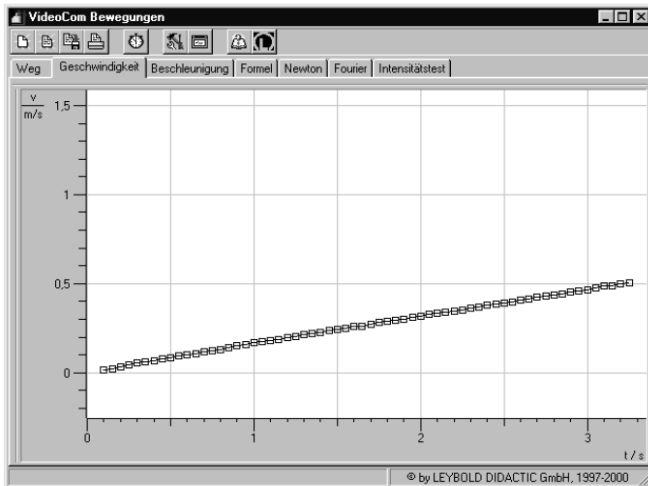


Fig. 7 Diagramme vitesse-temps correspondant à la fig. 6

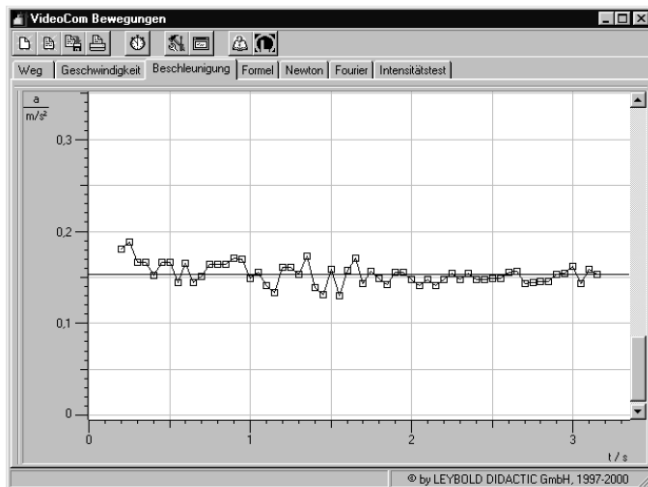


Fig. 8 Diagramme accélération-temps correspondant à la fig. 6

La fig. 6 montre le diagramme distance-temps du chariot accéléré par une force  $F$  constante. Dans ce cas, la distance  $s$  parcourue n'est pas une fonction linéaire du temps  $t$  ainsi que le confirme la modélisation d'une parabole passant par les valeurs mesurées.

La vitesse instantanée  $v$  calculée à partir des valeurs mesurées est une fonction linéaire du temps (voir fig. 7) et l'accélération instantanée  $a$  est quasiment constante (voir fig. 8). Si on regarde de plus près, l'accélération diminue légèrement avec le temps étant donné que le frottement augmente au fur et à mesure que la vitesse augmente.

## c) Mouvement accéléré en fonction de la force accélératrice $F$ :

Le mouvement accéléré du chariot pour différentes forces accélératrices  $F$  est représenté sur la fig. 9. La fig. 10 montre l'accélération en fonction du temps calculée à partir des valeurs mesurées.

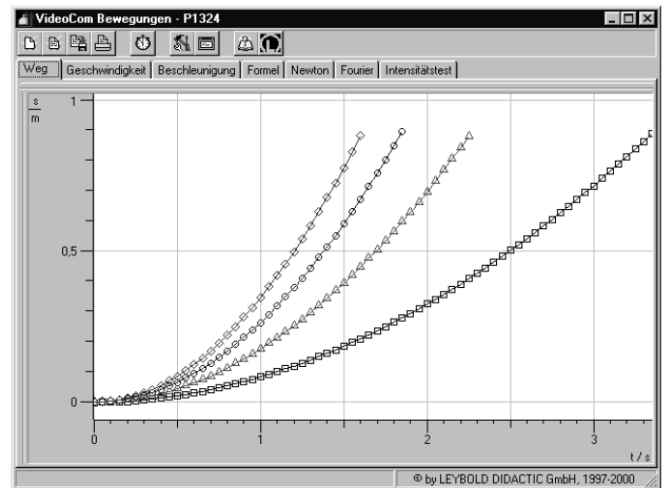


Fig. 9 Diagramme distance-temps du mouvement uniformément accéléré. ( $F = 0,098 \text{ N}$  ( $\square$ ),  $0,196 \text{ N}$  ( $\triangle$ ),  $0,294 \text{ N}$  ( $\circ$ ),  $0,392 \text{ N}$  ( $\diamond$ )).

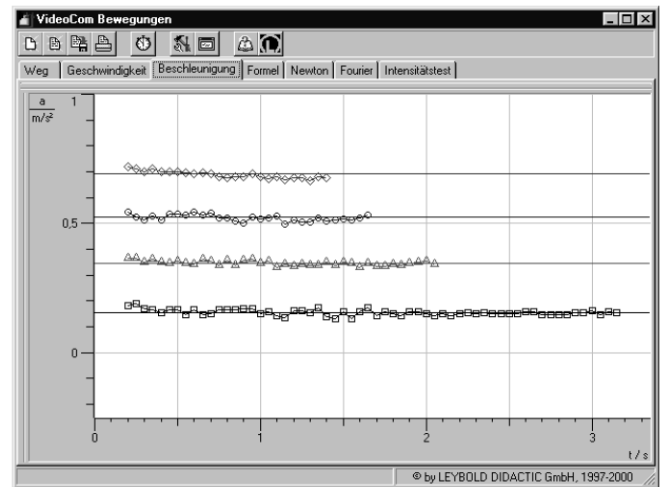


Fig. 10 Diagramme accélération-temps correspondant à la fig. 9

d) Mouvement accéléré en fonction de la masse  $m$  accélérée :

Le mouvement accéléré pour une force  $F$  constante et différentes masses  $m$  est représenté sur la fig. 11. La fig. 12 montre l'accélération calculée à partir des valeurs mesurées.

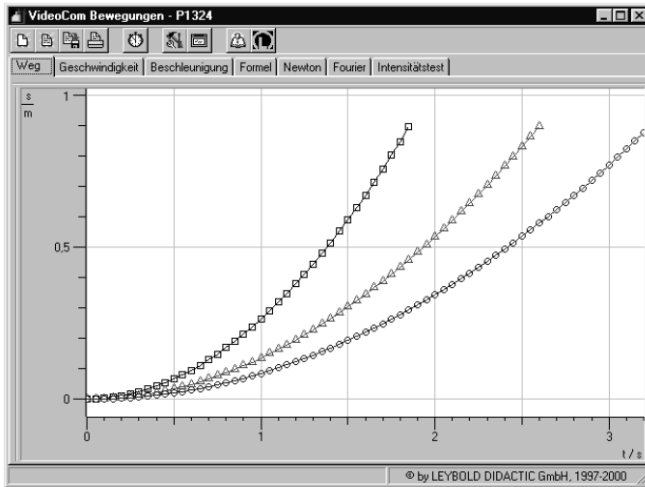


Fig. 11 Diagramme distance-temps du mouvement uniformément accéléré pour une force  $F = 0,294 \text{ N}$  ( $m = 530 \text{ g}$  ( $\square$ ),  $1030 \text{ g}$  ( $\triangle$ ),  $1530 \text{ g}$  ( $\circ$ )) uniformément accélérée

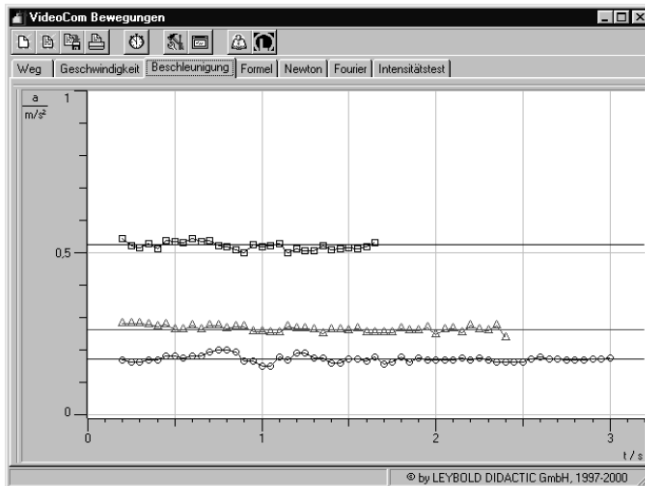


Fig. 12 Diagramme accélération-temps correspondant à la fig. 11