

L'observation et l'enregistrement du déplacement d'un corps

par Roman DENGLER
Université de Munich

L'observation des mouvements peut s'effectuer à l'aide d'une caméra vidéo et l'exploitation d'une expérience se fait avec un ordinateur. Pour pouvoir relier directement la caméra et l'ordinateur nous avons mis au point un circuit électronique qui analyse le signal vidéo et qui donne des valeurs expérimentales à l'ordinateur. Nous appelons cette méthode «object registration par vidéo et computer», bref «ORVICO».

1. SITUATION ACTUELLE

Si on veut étudier le déplacement d'un corps pour en obtenir la variation dans le temps, sa vitesse et son accélération beaucoup d'efforts sont nécessaires. Deux exemples peuvent le mettre en évidence : la chute libre et des expériences sur un banc à coussin d'air. Quoiqu'il ne s'agisse que de mouvements rectilignes - c.à.d. très simples - vous avez besoin de plusieurs barrières lumineuses qui sont rangées convenablement, ou il faut réaliser plusieurs mesures avec une seule barrière lumineuse dont la place est modifiée chaque fois. Une autre méthode assez répandue est l'enregistrement stroboscopique. Mais la mise en œuvre est relativement compliquée et le résultat n'est pas disponible immédiatement (développement du film).

Dans le cas des déplacements non-rectilignes l'effort nécessaire pour l'enregistrement augmente considérablement. Les méthodes qui existent ne peuvent être appliquées que dans des cas pour lesquels on les a élaborées.

2. LA MÉTHODE À TROUVER

Qu'est-ce qu'on attend d'une nouvelle méthode ?

- la méthode devrait être capable d'observer et d'enregistrer des mouvements, qu'ils soient rectilignes ou non.
- on veut obtenir des résultats précis sans avoir à intervenir dans l'expérience en question.
- on souhaite que les valeurs expérimentales soient disponibles sur-le-champ.
- on désire que l'évaluation des données et le graphique s'effectuent facilement.
- on cherche une méthode qui permette l'emploi des appareils normalement disponibles dans des laboratoires et qui ne cause pas des investissements considérables.

3. ENREGISTREMENT PAR VIDÉO ET ORDINATEUR

L'observation des mouvements comme on les voit avec les yeux peut s'effectuer à l'aide d'une caméra vidéo et l'exploitation d'une expérience se fait très facilement avec un ordinateur. Pour pouvoir relier directement la caméra et l'ordinateur nous avons mis au point un circuit électronique qui analyse le signal vidéo et qui donne des valeurs expérimentales à l'ordinateur. Nous appelons cette méthode «object registration par vidéo et computer», bref «ORVICO».

4. ORVICO : DESCRIPTION DE LA MÉTHODE

On fixe un point blanc ou une lampe à l'objet à observer pour le voir clairement avec la caméra vidéo. L'information sur la position du point se trouve dans le signal vidéo. Comme l'image de télévision est formée de lignes, il suffit de les compter jusqu'au moment où le point est trouvé pour la première fois. C'est à dire qu'on compte dans le signal vidéo les impulsions de ligne (qui sont placées au début de chaque ligne) ; elles passent après le signal de synchronisation verticale (qui marque le début d'une image, ou si l'on veut d'une demi image) jusqu'au moment où l'objet est trouvé. Cela vous donne l'information sur la coordonnée verticale. La coordonnée horizontale est déterminée par la position du point dans cette ligne (image 1). La grandeur du point blanc n'a aucune importance, parce que la lecture commence en haut à gauche et le point peut être considéré comme trouvé dès qu'il apparaît pour la première fois sur une ligne. La seule condition est que le point

de marquage soit le point le plus clair de l'image. L'échelle de temps est donnée par la fréquence des images. Le circuit que nous avons mis au point produit à partir du signal vidéo les valeurs pour l'ordinateur. L'ensemble du montage est réalisé sur une petite carte qui est branchée directement à l'intérieur de l'ordinateur.

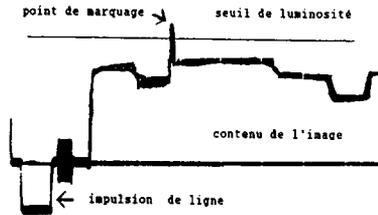


Image 1 : Photo prise par l'oscilloscope : on voit une ligne de l'image télé. Le signal du point clair est distinctement visible. Un seuil de luminosité réglable permet l'identification sans ambiguïté.

Le programme qui peut être adapté individuellement aux problèmes physiques permet la présentation directe (online) et la mise en mémoire des valeurs. On voit directement sur l'écran soit la position (x , y) actuelle du point (d'où résulte avec le temps sa trace) soit des diagrammes divers (par exemple : $t-x$, $t-y$). Les valeurs mises en mémoire permettent l'évaluation en détail (calcul de la vitesse, de l'accélération, de l'énergie etc. et leurs graphiques). Si l'objet se déplace dans un plan l'évaluation quantitative est également possible car l'unité de longueur est donnée par deux points dont on connaît la distance.

5. EXEMPLES

a) Mouvements rectilignes

Des phénomènes tels que position, vitesse, accélération et la relation qui existe entre eux sont couramment étudiés sur un banc à coussin d'air. Pour ORVICO il suffit de marquer le chariot avec un point blanc. Aucune autre manœuvre n'est nécessaire pour la mise en place de l'expérience. Le diagramme $t-x$ obtenu par ORVICO possède l'effet de suggestion bien connu des enregistrements stroboscopiques : plus la distance entre les points augmente, plus la vitesse est élevée. Mais outre le témoignage qualitatif, on peut calculer directement la

vitesse à partir des informations mémorisées. Si on s'intéresse spécialement à une partie de l'image, on peut changer le réglage du zoom de la caméra (Images 2 et 3).

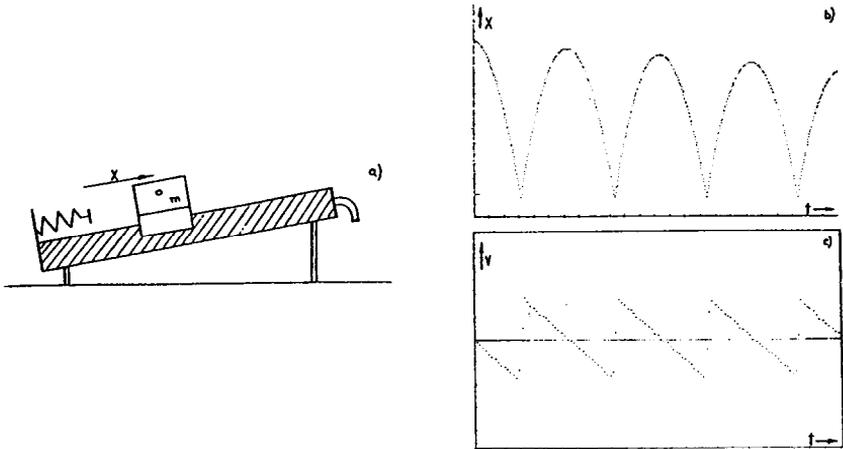


Image 2 :

- a) Un chariot de masse m sur un banc à coussin d'air incliné est repoussé par un ressort.
- b) Diagramme $t-x$: on voit des arcs paraboliques ; la diminution de la hauteur est déterminée par le frottement.
- c) Diagramme $t-v$, calculée à partir de b).

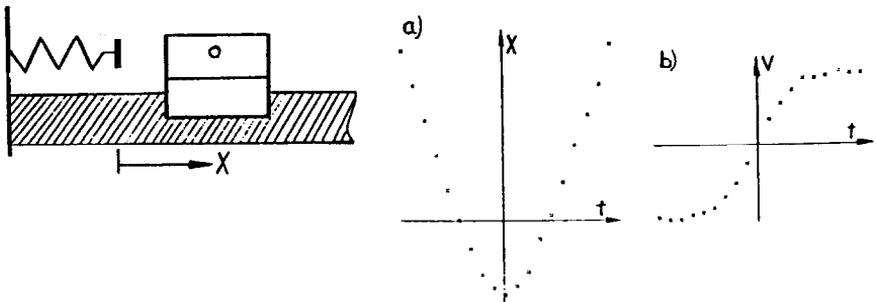


Image 3 : Même situation que précédemment mais on peut observer des détails :

- a) Diagramme $t-x$, enregistré pendant le contact entre chariot et ressort.
- b) Diagramme $t-v$, calculé à partir des mesures mises en mémoire.

b) Essais sur la table à coussin d'air

Par exemple enregistrement d'une trace. En partant des informations mémorisées on peut savoir sans difficulté la répartition en différentes vitesses. (Image 4).



Image 4 : Essai sur la table à coussin d'air :

Des petits disques magnétiques se déplacent sur la table. L'un d'entre eux est marqué et l'on observe sa trace avec ORVICO.

c) Trajectoire

Avec ORVICO on n'est pas limité à des expériences en laboratoire. Le mouvement à enregistrer peut l'être sur place avec un recorder vidéo et être ensuite exploité. Comme exemple nous prenons le jet d'une boule de neige, observé en plein air (Image 5).

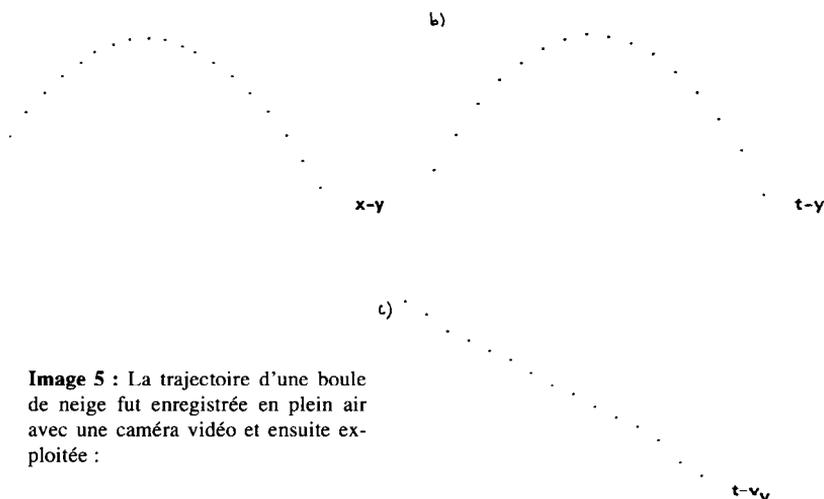


Image 5 : La trajectoire d'une boule de neige fut enregistrée en plein air avec une caméra vidéo et ensuite exploitée :

d) Saut du haut d'une chaise

Intéressante est l'étude de mouvements complexes, tels qu'on les rencontre dans la vie quotidienne. Le point de marquage se trouve, dans cet exemple précis, fixé à la hanche du sauteur. On peut décomposer le saut en trois phases : départ, vol libre, atterrissage. Le vol libre correspond à ce que nous avons appelé trajectoire. Dans cette partie du mouvement on peut par exemple déterminer l'accélération de la chute. L'enregistrement d'une série de sauts permet de reconnaître l'influence des mouvements des bras et des jambes (Image 6).

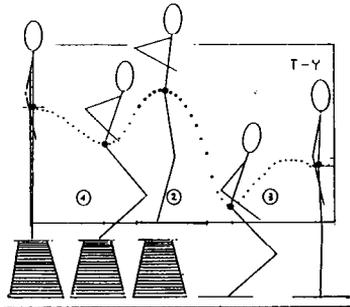


Image 6 : Saut du haut d'une chaise.

e) Pendule

Avec ORVICO, on peut naturellement aussi enregistrer le mouvement d'un pendule. Prenons comme exemple le pendule plat élastique. Si on le tire vers le bas, il se comporte comme un simple pendule à ressort. Si on le tire vers le bas de façon oblique, on obtient une courbe dépendant dans une large mesure des conditions de départ (Image 7).



Image 7 : Pendule plat et élastique :

- a) Diagramme $t-y$, quand on tire verticalement.
- b) Diagramme $x-y$, quand on tire de façon oblique.

Pour toute information sur les possibilités d'acquisition vous pouvez vous adresser à l'auteur :

Dr. Roman DENGLER Universität Sektion Physik
Schellingstr. 4 D-8000 München 40 R.F.A.