

Dispositif de mesures et traitements informatisés pour expériences sur aérobanc

par Pierre JAMMARON
Lycée Albert Triboulet
26100 Romans-sur-Isère

Le dispositif que nous avons mis au point au lycée Triboulet et qui est décrit ci-après permet de réaliser une assez grande variété d'expériences sur l'aérobanc.

Les résultats expérimentaux sont affichés et imprimés rapidement ce qui permet de recommencer l'expérience devant les élèves en modifiant un des paramètres (masse d'un des mobiles) ou les conditions de lancement des mobiles.

En TP les élèves peuvent donc disposer de plusieurs relevés de mesures différents suivant les groupes.

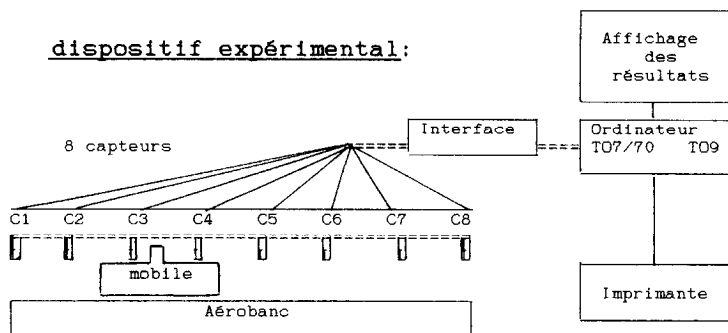
Le coût total des composants nécessaires pour réaliser les capteurs et l'interface est très modique (de l'ordre de 300 F).

Il faut bien sûr prévoir un certain nombre d'heures de travail pour la mise au point et disposer d'un ordinateur au laboratoire.

1. DESCRIPTION DU SYSTÈME

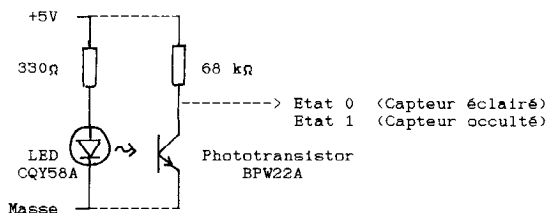
1.1. Schéma du dispositif expérimental

Les capteurs peuvent coulisser sur une tige métallique et leur position peut donc être modifiée suivant l'expérience à réaliser.

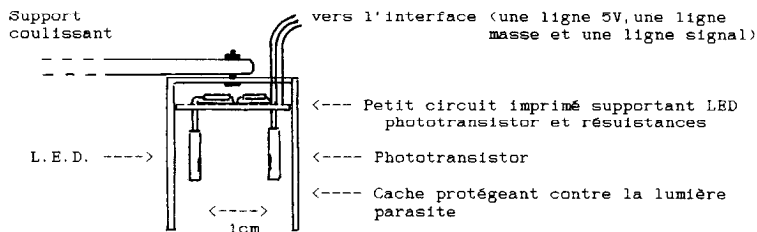
dispositif expérimental:**1.2. Les capteurs**

Ils sont constitués d'une LED infrarouge et d'un phototransistor.

Le schéma est le suivant :



Détail de la réalisation pratique : vue suivant un axe parallèle à l'aérobanc



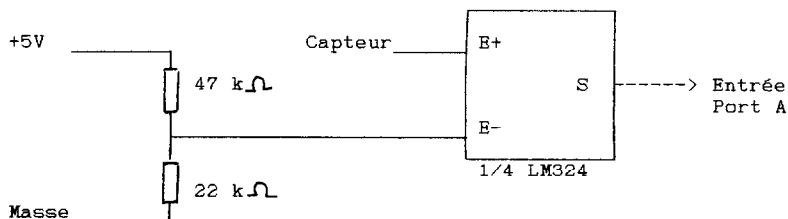
Principe de la détection du mobile : une plaque opaque de largeur $l = 3 \text{ cm}$, fixée au mobile, passe entre la LED et le phototransistor : la mesure du « temps d'occultation » du phototransistor permet de calculer la vitesse du mobile.

1.3. L'interface

un PIA 6821 relié au connecteur arrière du TO7/70 : on utilise les huit lignes du port A programmées en entrée. Toute interface comportant huit entrées logiques convient.

Chaque capteur est relié à une entrée logique par l'intermédiaire d'un ampli-op monté en comparateur, ceci afin de rendre plus nets les fronts montants et descendants.

Le schéma de principe est (pour chaque capteur)



Comme il y a huit capteurs, il est nécessaire d'utiliser deux amplis-ops quadruples LM324

1.4. Le logiciel

écrit en langage machine teste l'état des huit capteurs toutes les ms et garde en mémoire tout changement d'état d'un des capteurs et l'instant correspondant.

Un programme BASIC traite ensuite ces données pour calculer les vitesses des mobiles au passage devant chaque capteur et pour présenter les résultats sur l'écran :

soit : vitesse d'un mobile en fonction du temps

soit : vitesse d'un ou de deux mobiles lors de chaque passage devant l'un des capteurs (voir ci-dessous).

2. RÉSULTATS OBTENUS

2.1. Mouvement d'un seul mobile sur l'aérobanc

Expériences possibles :

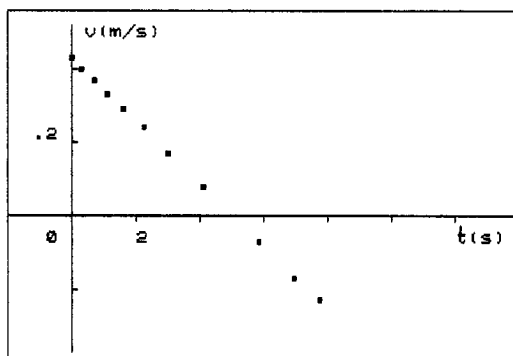
- mouvement uniforme sur aérobanc horizontal
- mouvement sur aérobanc incliné
- oscillateur sur aérobanc horizontal

Le programme permet d'obtenir l'affichage des instants et vitesses de passage du mobile devant les différents capteurs avec éventuellement représentation graphique $v(t)$ et impression des résultats.

Exemple : mobile sur plan incliné, lancé à partir du bas :

Capteurs	t (s)	v (m/s)
00000001	2.70	0.43
00000010	3.02	0.40
00000100	3.38	0.37
00001000	3.80	0.33
00010000	4.30	0.29
00100000	4.94	0.24
01000000	5.68	0.17
10000000	6.80	0.08
10000000	8.54	-0.07
01000000	9.67	-0.17
00100000	10.43	-0.23
00010000	11.08	-0.28

Voici la représentation graphique obtenue avec ces valeurs (avec un changement d'origine des temps) :



On vérifie donc que la vitesse est une fonction affine du temps et on peut comparer l'accélération expérimentale avec la valeur « théorique » $g \sin \alpha$ (en valeur absolue).

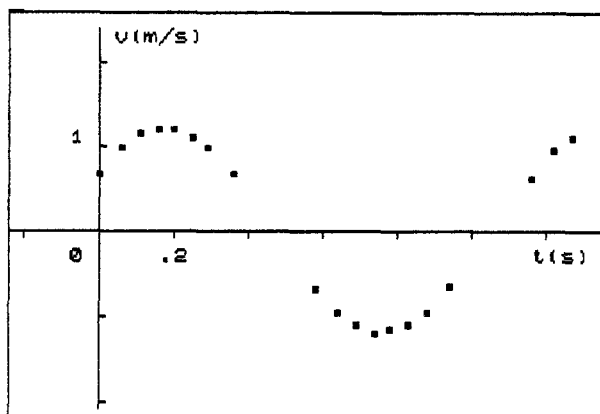
Les mesures ci-dessus ont été réalisées avec une valeur très faible de l'angle α (on avait approximativement $\sin \alpha = 0,008$).

La précision obtenue est en général de l'ordre de 3 ou 4%

Autre exemple : oscillateur horizontal (mobile fixé aux deux bouts du banc par l'intermédiaire de deux ressorts)

Capteurs	t (s)	v (m/s)
10000000	0.95	0.68
01000000	1.01	0.97
00100000	1.06	1.15
00010000	1.11	1.20
00001000	1.16	1.20
00000100	1.20	1.11
00000010	1.24	0.97
00000001	1.31	0.67
00000000	1.33	0.67
00000000	1.36	-0.94
00000100	1.44	-1.11
00001000	1.50	-1.11
00010000	1.59	-1.20
00100000	1.73	-1.15
01000000	1.78	-1.11
10000000	1.83	-0.94
10000000	1.89	-0.64
10000000	1.94	0.63
01000000	2.01	0.94
00100000	2.07	1.11
00010000	2.10	1.15

Graphique $v(t)$ pour cet oscillateur :



On peut donc déterminer la période des oscillations et on pourrait, connaissant l'abscisse des capteurs, étudier la conservation de l'énergie mécanique du système.

2.2. Chocs et éclatements

avec deux mobiles sur l'aérobanc

Expériences possibles :

- éclatement d'un système matériel en deux parties
- chocs «élastiques»
- chocs «mous» (accrochage des deux mobiles)

Le programme donne dans l'ordre chronologique, les détections de passage d'un des mobiles par l'un quelconque des capteurs et la vitesse de passage du mobile détecté.

La présentation des résultats sur l'écran illustre le phénomène étudié (choc, éclatement ou rebond à l'extrémité du banc) : voir les copies d'écran ci-dessous :

Choc «élastique» :

On peut réaliser ce type de choc avec une des masses immobile au milieu du banc au départ ou lancer les deux mobiles l'un vers l'autre.

Voici un exemple de résultat obtenu dans ce dernier cas :

m1= 74g					m2= 130g		
Capteurs							
1	2	3	4	5	6	7	8
0.73							0.43
	0.71						
		0.71					
			0.71				
				0.77		0.45	
					0.45		
					0.35		
		0.77	0.77				
						0.33	
0.79	0.77						0.30
Vitesses (en m/s)							

On peut exploiter ces valeurs en calculant la « variation de quantité de mouvement » de chaque mobile au moment du choc soit :

en posant $\Delta \vec{p}_1 = \vec{p}'_1 - \vec{p}_1$ et $\Delta \vec{p}_2 = \vec{p}'_2 - \vec{p}_2$

$$\Delta p_1 = 0.074 \times 0.71 + 0.074 \times 0.77 = 0.109 \text{ kg. m/s}$$

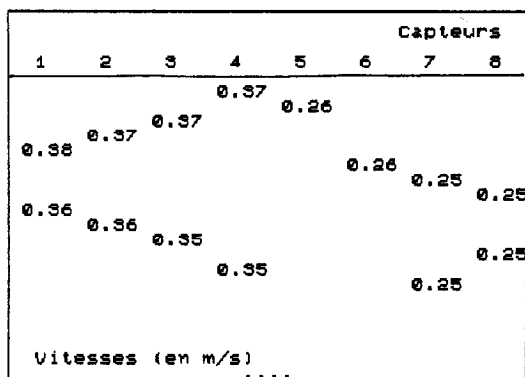
$$\Delta p_2 = 0.130 \times 0.45 + 0.130 \times 0.35 = 0.104 \text{ kg. m/s}$$

On vérifie donc que $\vec{\Delta p_1} = -\vec{\Delta p_2}$ avec une précision de l'ordre de 5 à 6%.

C'est un peu moins bon que dans les autres expériences mais les essais ont montré que c'est dans ce cas de choc frontal que le « système pseudo-isolé » semble le moins bien réalisé, sans doute à cause du fait que le choc est plus violent.

En plus de la vérification des lois de conservation, on peut tirer de ces expériences des informations sur l'influence des frottements sur le mouvement de chaque mobile, détecter un éventuel défaut d'horizontalité du banc... etc

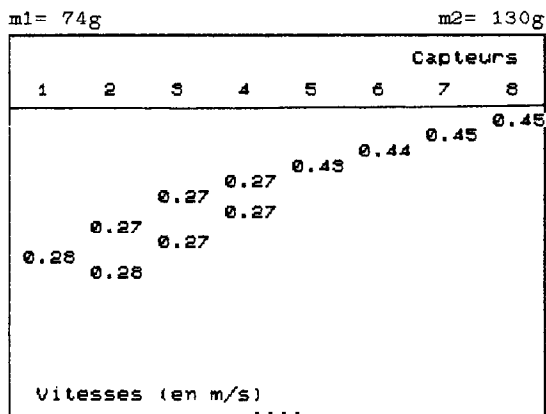
Autres exemples : Éclatement, le système des deux mobiles étant initialement immobile au milieu du banc.



On a donc, immédiatement après l'éclatement $v_1 = 0.37$ m/s et $v_2 = 0.26$ m/s soit $p_1 = m_1 \cdot v_1 = 0.37 \times 0.074 = 0.0274$ kg. m/s et $p_2 = m_2 \cdot v_2 = 0.26 \times 0.103 = 0.0268$ kg. m/s.

On vérifie donc que $\vec{p_1} = -\vec{p_2}$ avec une bonne précision.

Choc mou : le mobile de masse m_2 est lancé avec une vitesse v_2 vers le mobile de masse m_1 initialement immobile. Les deux mobiles restent accrochés après le choc.



On obtient donc $p(\text{avant}) = m_2.v_2 = 0.130 \times 0.43 = 0.056 \text{ kg. m/s}$

et $p(\text{ap}) = (m_1 + m_2).v = 0.204 \times 0.27 = 0.055 \text{ kg. m/s}$

ce qui constitue une bonne vérification de la loi de conservation de la quantité de mouvement pour le système (m_1, m_2)

3. EN CONCLUSION

Cette réalisation permet de renouveler un peu les possibilités d'expériences de mécanique dans nos classes de lycée.

En plus des expériences décrites ci-dessus, nous envisageons de l'utiliser en modifiant un peu les capteurs, pour l'étude du mouvement d'une bille roulant sur un plan incliné (énergie cinétique) et pour l'étude de mouvements circulaires.

Le seul problème rencontré pour le moment est le manque de fiabilité de l'ordinateur TO7/70 mais celui-ci est sur le point d'être remplacé par un PC.

Je dois pour terminer préciser que la réalisation pratique des capteurs et de l'interface a été grandement facilitée par la grande compétence de Mr. A. LIOTTARD, technicien de laboratoire au lycée Triboulet de Romans.