

Déclaration CE de conformité

Nous déclarons sous notre seule responsabilité que le produit :

BANC A COUSSIN D'AIR **REF : 332 026** est conforme à :

- la directive CEM 89/336/CEE Normes appliquées : EN 50081-1 et EN 50082-1
- la directive BT 73/23/CEE Norme appliquée : EN 61010-1

We declare under our own responsibility, that the following product :

BANC A COUSSIN D'AIR **REF : 332 026** is in accordance with :

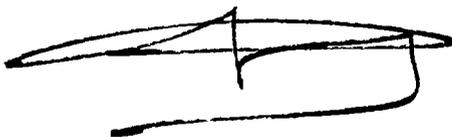
- the directive 89/336/CEE Applied standards : EN 50081-1 and EN 50082-1
- the directive 72/23/CEE Applied standard : EN 61010-1

Declaramos bajo nuestra única responsabilidad que el producto :

BANC A COUSSIN D'AIR **REF : 332 026** es conforme a :

- la directiva 89/336/CEE Normas aplicadas : EN 50081-1 et EN 50082-1
- la directiva 72/32/CEE Norma aplicada : EN 61010-1

Evreux, février 96



D GERARD
Directeur Technique

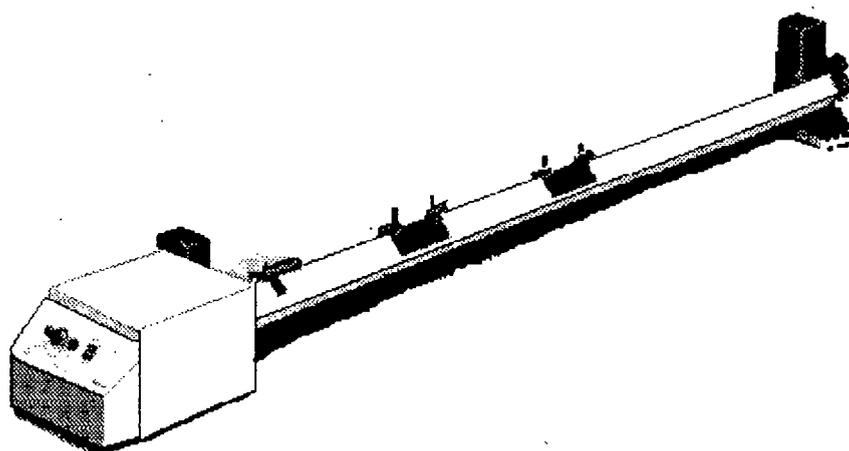


JY FRIBOULET
Responsable Qualité

MECANIQUE A COUSSIN D'AIR

BANC A COUSSIN D'AIR II

Référence 332 026



SOMMAIRE

I - La mécanique sur coussin d'air	p.2
II - Composition	p. 2
III - La mesure	p. 3
IV - Mise en service	P. 5
V - Conseils d'utilisation	p.11
VI - Manipulations	p. 12 et suivantes

PRINCIPE - DESCRIPTION

I - LA MECANIQUE A COUSSIN D'AIR

La technique du coussin d'air consiste à créer une couche d'air entre un objet mobile et une surface plane, de façon à pratiquement éliminer les forces de frottements.

Sur le banc à coussin d'air les mobiles se déplacent le long d'une règle rigide percée de trous et munie à une extrémité d'une soufflerie réglable.

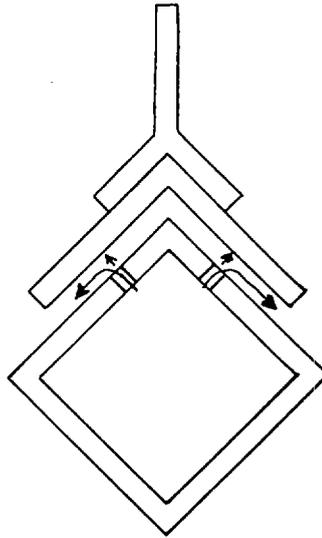


FIGURE 1

II- COMPOSITION

LE BANC

- 1 rail carré en aluminium de longueur 1,5 m avec la soufflerie solidaire.
- 2 chariots de masse m
- 1 Surcharge de masse $M = 100 \text{ g}$
- 4 Embouts pour chocs élastiques
- 2 embouts pour chocs mous
- 1 dispositif pour accéléromètre (poulie sur roulement + fil + fil chauffant)
- 1 déclencheur Co pour ESAO
- 1 dispositif pour explosion
- 1 déclencheur Co qui se connecte à l'entrée Co de l'adaptateur chronométré.
- 1 dispositif pour explosion.

III- LA MESURE :

Elle nécessite des matériels complémentaires non livrés avec le banc à coussin d'air II, Ref : 332 026, deux possibilités :

III- 1 ENREGISTREMENT PAR ETINCELAGE

qui nécessite les matériels suivants :

- TUBE POUR ENREGISTREMENT

REF : 333 034

comprenant :

- 1 cylindre d'enregistrement
- 2 fils HT avec douilles et écrous
- 1 ensemble moteur (moteur + douille + poulie + vis de fixation + courroie d'entraînement)
- 1 clé 6 pans pour le montage
- 2 pointes d'enregistrement pour mobiles
- 1 poulie pour le cylindre.

- GENERATEUR D'IMPULSIONS

Ref : 281035

On utilise une tension impulsionnelle de fréquence réglable, délivrée par le générateur.

Deux cordons conduisent les impulsions sur les deux fils courant le long du banc.

Chaque mobile est équipé d'une pointe assurant une liaison électrique entre les fils et le tube. A chaque impulsion, les étincelles jaillissent simultanément entre les deux pointes et le papier, provoquant le marquage (voir figure 2).

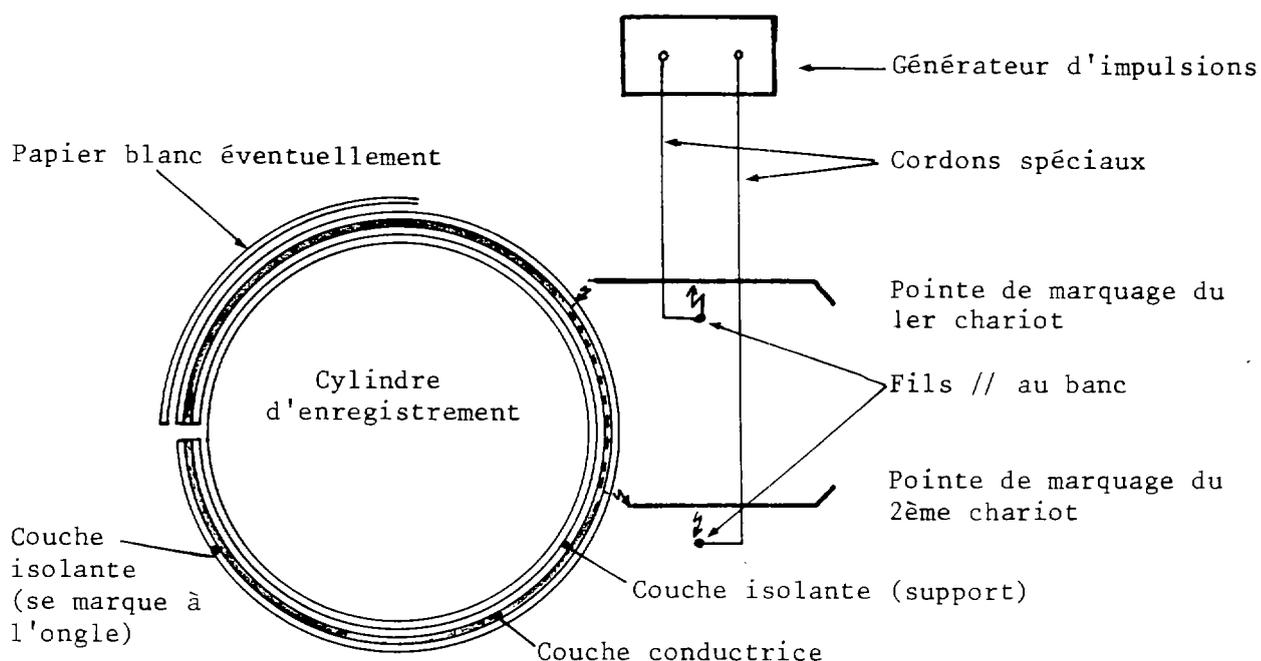


FIGURE 2

III - 3. ACCESSOIRES COMPLEMENTAIRES POUR LE BANC Réf : 333 038

- 1 chariot de masse m (avec 2 embouts $M = 100$ g)
- 2 embouts pour chocs élastiques
- 1 surcharge de masse $M = 100$ g
- 2 embouts pour chocs magnétiques (répulsifs)
- 2 ressorts avec système de fixation sur le rail et sur le chariot (pour oscillations).
- 1 réacteur (petit ballon gonflable, avec robinet de réglage du débit d'air)
- 1 lanceur

IV - MISE EN SERVICE

IV - 1 PRESENTATION DU BANC COMPACT JEULIN

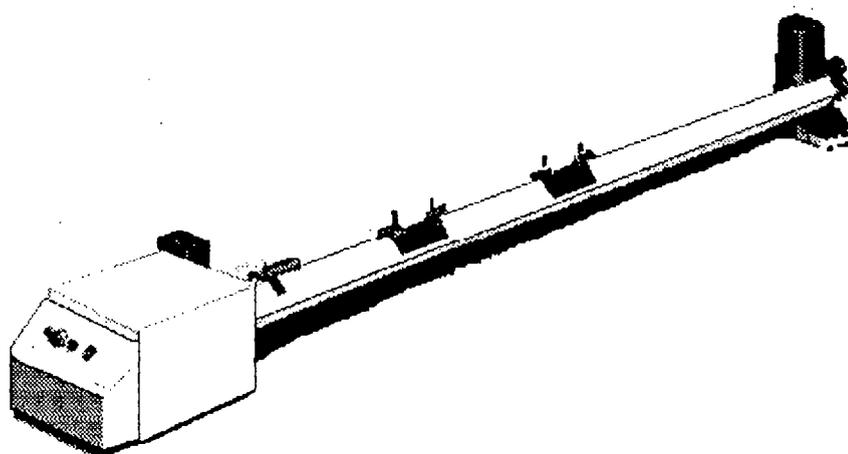


FIGURE 3

La mise en fonctionnement du banc ne nécessite aucune opération particulière, il suffit de brancher le cordon d'alimentation sur le secteur.
Pour la mise en place du système de mesure reportez-vous à la notice de celui-ci.

IV - 2 LES MOBILES

CHOC ELASTIQUE

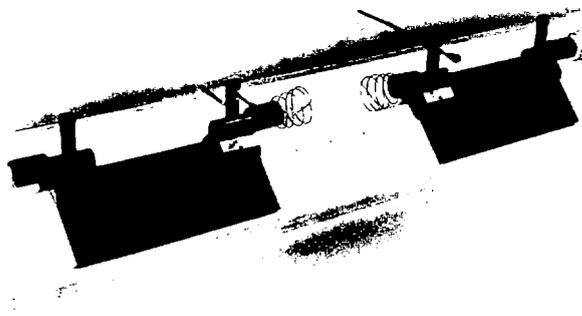


FIGURE 4

Afin d'assurer une bonne répulsion, les fils des ressorts en contact seront croisés (extrémité des ressorts).

CHOC MOU

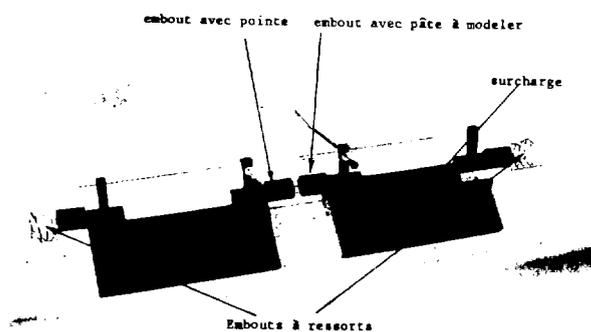


FIGURE 5

CHOC ELASTIQUE AVEC EMBOUTS AIMANTES (répulsion magnétique).
Remplacer les tampons à ressort par 2 tampons répulsifs (font partie du lot d'accessoires complémentaires Ref : 333 038).

EXPLOSION

Associer 2 chariots avec le dispositif "Explosion". Une extrémité du dispositif est enfichée dans un chariot.

Le 2ème chariot comporte un tampon contenant au centre un peu de pâte à modeler.

L'ensemble (une fois le ressort comprimé et maintenu par le fil) est solidaire lorsque la pointe du dispositif explosion est introduite dans la pâte à modeler.

Pour la fabrication d'avance de petites boucles, on pourra se fabriquer un petit gabarit (2 pointes espacées de 8 mm).

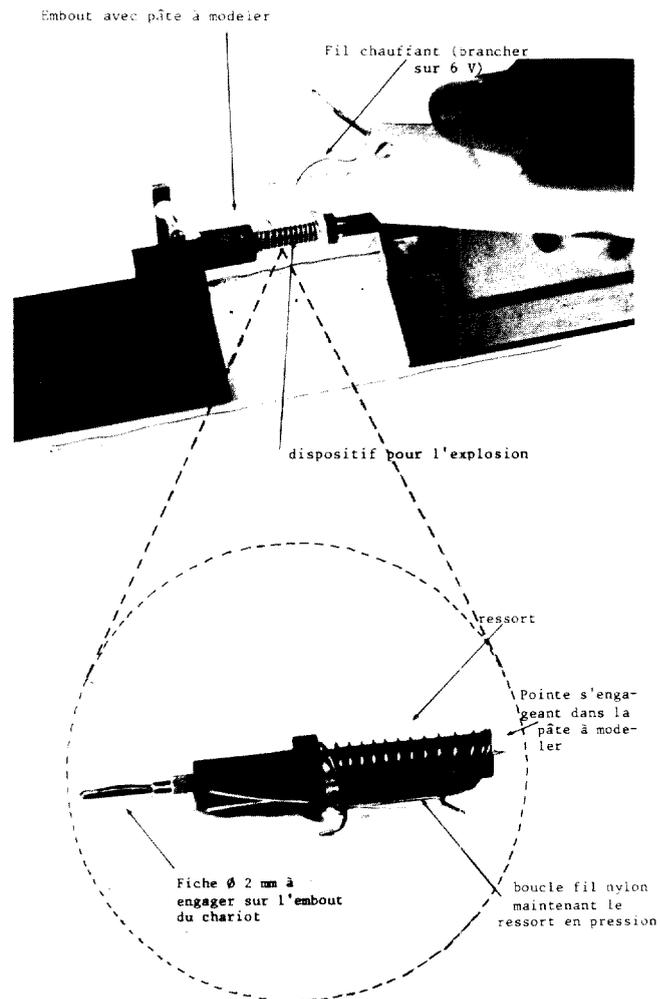


FIGURE 6

PLAN INCLINE

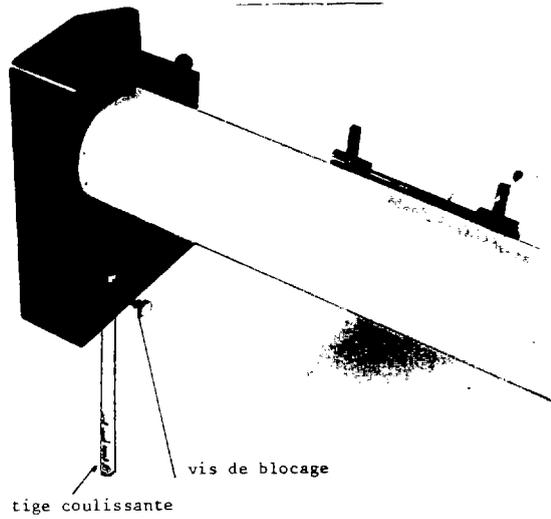


FIGURE 7

Pour régler l'inclinaison du rail, faire coulisser la tige et la fixer à l'aide de la vis de blocage.

ACCELEROMETRE

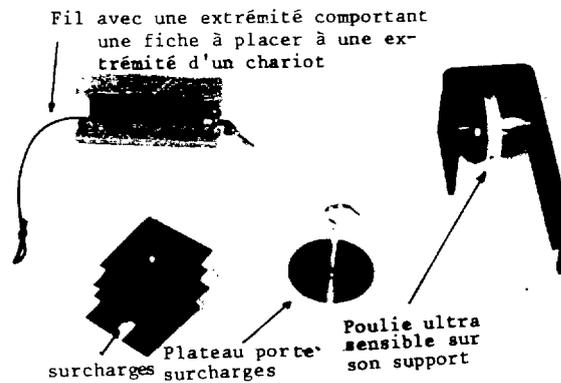


FIGURE 8

Accessoires pour accéléromètre.

Le support de la poulie ultrasensible sera fixé à l'extrémité du rail à coussin d'air opposée à la soufflerie. Serrer l'encoche de ce support à l'aide de la vis (utilisée également pour fixer le lanceur).

MOTEUR A COURANT CONTINU

Vitesse variable de 0 à 20 tours/mn en fonction de l'alimentation 0 à 12 V continu.

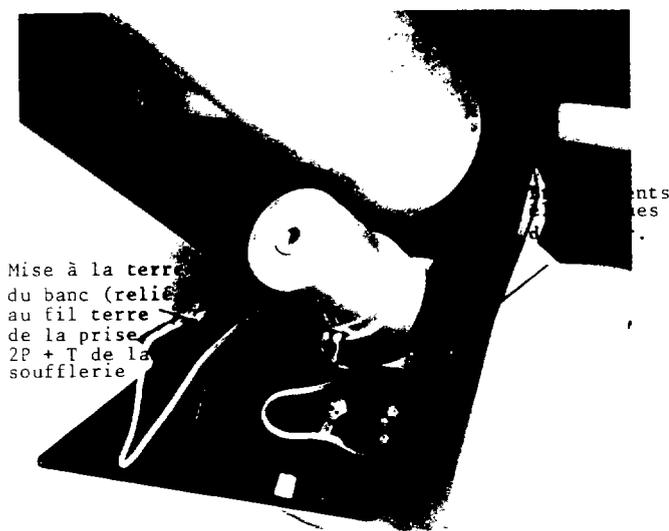


FIGURE 9

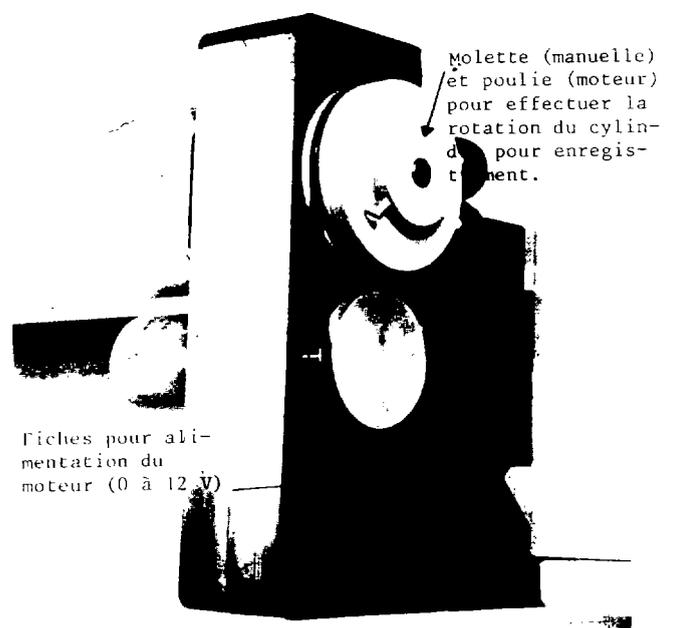


FIGURE 10

RESSORTS AVEC NOIX DE FIXATION

Oscillations d'un chariot sur plan horizontal :

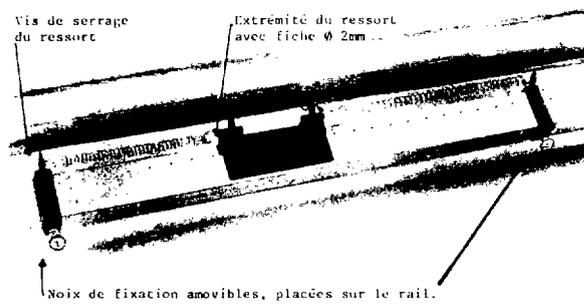


FIGURE 11

Oscillations d'un chariot sur plan incliné :
On pourra n'utiliser qu'un seul ressort.

LANCEUR

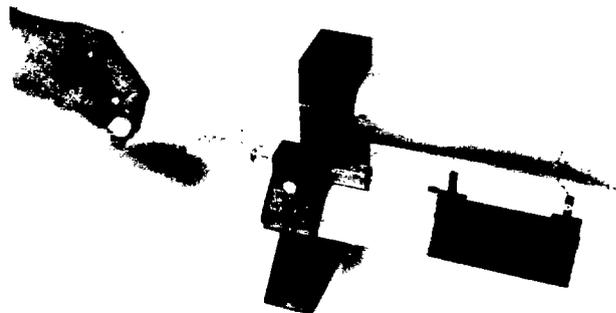


FIGURE 12

DISPOSITIF A REACTION

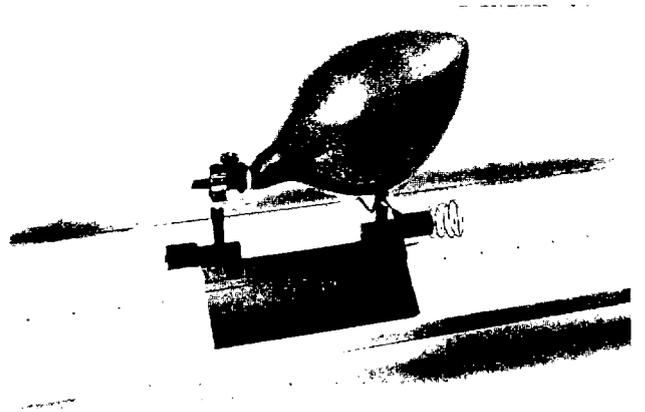


FIGURE 13

Baudruche gonflable équipée d'un petit robinet permettant le réglage du débit d'air.

REMARQUE

Les photos précédentes ont été prises avec un banc équipé d'un tube (cylindre d'enregistrement)

V - CONSEILS D'UTILISATION

Horizontalité : réglage :

le banc est parfaitement horizontal lorsque le chariot oscille légèrement entre deux trous d'éjection d'air.

. si le chariot oscille transversalement, agir sur la vis de réglage d'horizontalité transversale.

Précision :

. Pour obtenir de bonnes précisions des mesures (2 à 5 % selon les expériences), peser les chariots à 1 g près.

Entretien :

Les performances obtenues dépendent de la propreté et du poli de l'aluminium en surface. Pour éviter les rayures, il convient de ne pas déplacer les mobiles sur le banc en l'absence d'air.

. Si le banc se trouve rayé par inadvertance, on peut y remédier en utilisant, par petites quantités, un produit liquide pour métaux, doucement abrasif. Pour que le liquide n'obstrue pas les trous, il vaut mieux faire fonctionner la soufflerie pendant le nettoyage.

MANIPULATION N° 1 : LOI DE L'INERTIE

I - BUTS DE LA MANIPULATION

- Familiariser les élèves avec le matériel et la méthode d'enregistrement.
- Vérifier ou redécouvrir la première loi de Newton relative au mouvement d'un solide isolé.

II - EXPERIMENTATION

1/ Notion de solide isolé :

Un solide est qualifié d'isolé s'il ne subit aucune action de la part du monde qui l'entoure. L'air insufflé sous le chariot le soulève du banc horizontal et s'oppose à l'attraction terrestre. Les frottements du chariot sur l'air sont très réduits et tout se passe comme si le solide n'était plus soumis à aucune action extérieure : il se comporte alors comme un solide isolé (relativement aux mouvements de translation).

2/ Conditions expérimentales :

Le banc est réglé à l'horizontale.

Le document n° 1 a été obtenu ainsi :

- chariot lancé de masse $m = 97 \text{ g}$
- Tension initiale du lanceur : 1 N
- Intervalle de temps entre deux impulsions : 40 ms .

3/ Résultats :

- Les points sont équidistants : le mouvement rectiligne est uniforme.
- La distance correspondant à 2 intervalles de temps (80 ms) reste comprise entre $55,5 \text{ mm}$ et 56 mm . La vitesse est donc telle que :

$$0,694 \text{ m/s} < v < 0,700 \text{ m/s}$$

4/ Conclusions :

- Un solide peut être en mouvement même s'il ne subit aucune action.
- Lorsqu'un solide guidé rectilignement n'est soumis à aucune action, ce mouvement est uniforme (première approche de la loi de l'inertie).

III - NOTION DE REPERE GALILEEN

En donnant au banc un mouvement de va-et-vient pour le faire glisser sous le chariot dans le sens du mouvement, on constate que le déplacement du chariot par rapport à la classe n'en est pas affecté et reste uniforme. Mais le mouvement n'est plus uniforme pour un observateur lié au banc. La loi de l'inertie ne vaut que pour certains repères (ceux qui sont animés d'un mouvement rectiligne uniforme par rapport au banc), qualifiés de galiléens.

IV - PROLONGEMENTS POSSIBLES

- Tracé d'un diagramme temps-espace ($t \rightarrow x$) ou temps-vitesse ($t \rightarrow v$)
- Aborder le concept de vitesse.
- Etudier l'influence de la tension initiale du ressort sur la vitesse du mobile.

MANIPULATION N° 2 : "EXPLOSION" D'UN SYSTEME ISOLE
--

I - BUT DE LA MANIPULATION

- Vérifier que la quantité de mouvement d'un système isolé immobile reste constante lorsqu'il explose en deux fragments (ou aborder pour la première fois le concept de masse).

II - EXPERIMENTATION

1/ Conditions expérimentales

- Adapter le dispositif pour l'explosion (voir page 7)
- Banc horizontal
- Faire fonctionner le générateur d'impulsions juste avant l'explosion.
- Intervalle de temps entre deux éclairs : 40 ms
- Masses : $m = 0,097$ kg ; $M = 0,197$ kg

2/ Résultats

Sur le document n° 2 :

10 intervalles d'enregistrement du chariot m (0,097 kg) occupent 123 mm, d'où sa vitesse $\bar{v} = 0,307$ m/s.

10 intervalles d'enregistrement du chariot M (0,197 kg) occupent 62 mm, d'où sa vitesse $\bar{V} \approx - 0,155$ m/s

Le rapport des vitesses acquises vaut $\frac{\bar{v}}{\bar{V}} \approx - 1,98$

Le rapport des masses $\frac{M}{m} \approx 2,03$

Remarque : La relation $\frac{M}{m} = - \frac{\bar{v}}{\bar{V}}$ peut servir à définir le rapport des masses.

Les quantités de mouvement sont respectivement :

$$m\bar{v} \approx 3.10^{-2} \text{ kg m/s}$$

$$M\bar{V} \approx - 3,05 .10^{-2} \text{ m/ s}$$

Leurs valeurs sont égales à 1 % près.

III- PROLONGEMENTS POSSIBLES

1. Explosions avec mobiles de masses diverses
2. Immobilité du centre d'inertie.
3. Explosion du système en mouvement (principe de la fusée).

MANIPULATION N° 3 : COLLISION INELASTIQUE

I - BUT DE LA MANIPULATION

- Vérifier (ou découvrir) qu'il y a conservation de la quantité de mouvement lors d'une interaction inélastique (lorsque les deux mobiles font corps et forment un nouveau mobile après l'interaction).

II - EXPERIMENTATION

1/ Conditions expérimentales

- L'un des chariots est équipé du tampon creux rempli de pâte à modeler.
- L'autre chariot porte le tampon avec une aiguille horizontale.
- Le mobile projectile porte une pointe à étincelles, qui suffira pour déterminer les vitesses avant et après choc.
- Le banc est horizontal.
- Mobile incident $m = 97$ g (avec embout à aiguille).
- Mobile au repos $M = 197$ g (avec embout muni de pâte à modeler).
- Intervalle de temps entre 2 impulsions : 60 ms.

2/ Résultats

- 3 intervalles après l'interaction occupent 28 mm.
- 3 intervalles avant l'interaction occupent 86 mm.

Le rapport des vitesses après et avant est $\frac{28}{86} = 0,32$

Le rapport des masses en mouvement avant et après est :

$$\frac{0,097}{0,197 + 0,097} = 0,33$$

D'où : $\frac{m}{m + M} \approx \frac{v}{V}$ ou $mV \approx (m + M)v$

III - PROLONGEMENTS POSSIBLES

1. Modification des masses en interaction.
2. Mouvement du centre d'inertie, qui n'est pas modifié par l'interaction.
3. Les deux objets sont en mouvement avant et après l'interaction (afin d'éviter une surimpression de 2 trajectoires, on tournera le cylindre d'enregistrement à l'aide de la molette).

MANIPULATION N° 4 : CHOC ELASTIQUE

I - BUT DE LA MANIPULATION

- Vérifier (ou découvrir) qu'il y a conservation de la quantité de mouvement lors d'une interaction élastique entre deux parties d'un système isolé.

II - EXPERIMENTATION

1/ Conditions expérimentales

- Adapter le dispositif pour choc élastique (voir page 6)
- Chaque chariot est équipé d'une pointe pour enregistrement
- Chariot incident $m = 0,097$ kg
- Chariot immobile $M = 0,198$ kg
- Au moment du choc, le "cylindre enregistreur" a été légèrement tourné afin de séparer les points aller et retour.
- Δt impulsions : 60 ms.

2/ Résultats

Avant l'interaction, la distance occupée par 5 intervalles est 79,5 mm.

D'où la vitesse et la quantité de mouvement :
$$\left| \begin{array}{l} \bar{v} = 0,265 \text{ m/s} \\ \bar{p} = 25,7 \cdot 10^{-3} \text{ kg m/s} \end{array} \right.$$

Après l'interaction, on obtient de même (en comptant positivement les vitesses de même sens que celles du véhicule incident) :

- rebond : 10 intervalles $\hat{=}$ 49,5 mm
$$\left| \begin{array}{l} \bar{v}_1 = - 0,0825 \text{ m/s} \\ \bar{p}_1 = - 8 \cdot 10^{-3} \text{ kg m/s} \end{array} \right.$$

- mobile choqué : 10 intervalles $\hat{=}$ 102 mm
$$\left| \begin{array}{l} \bar{v}_2 = 0,170 \text{ m/s} \\ \bar{p}_2 = 33,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg m/s} \end{array} \right.$$

On obtient $p = \bar{p}_1 + \bar{p}_2 = 25,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg m/s}$ (à moins de 1 % près).

III - PROLONGEMENTS POSSIBLES

1. Etude de divers chocs élastiques entre cibles et projectiles de masses diverses, l'un d'eux étant ou non au repos. Pour obtenir des masses différentes, assembler des chariots ou les surcharger de pâte à modeler.
2. Mesure dynamique d'une masse.
3. Recherche des causes de la légère perte de quantité de mouvement.
4. Changement de repère galiléen (voir manipulation n° 8).

MANIPULATION N° 5 : PLAN INCLINE

I - BUT DE LA MANIPULATION

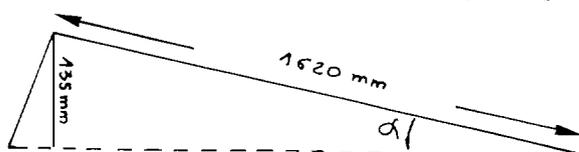
- Aborder le concept de force (par exemple).

II - EXPERIMENTATION

1/ Conditions expérimentales

Le banc peut être incliné avec l'axe situé dans le monopied porteur (côté opposé à la soufflerie), ou en posant ce pied sur un support à crémaillère ou sur des cales étalonnées.

Dans l'expérience décrite ici, le pied a été soulevé de 13,5 cm.



La distance entre les deux supports du banc étant de 1,62 m, $\text{tg} \alpha \approx 0,083$ et $\alpha \approx 4,8^\circ$
L'intervalle de temps entre deux étincelles est 60 ms.

2/ Résultats :

a- Détermination de la vitesse instantanée en un point :

Les intervalles de temps étant très courts, on admet que la vitesse au point A_n est la vitesse moyenne de passage du point $A_n - 1$ au point $A_n + 1$.

$$A_n - 1 \quad A_n \quad A_n + 1$$

Pour un intervalle de temps de $6 \cdot 10^{-2}$ s, la vitesse instantanée lors du passage au point A_n est donc :

$$V_n = \frac{A_n - 1, A_n + 1}{2 \times 6 \cdot 10^{-2}} \quad , \text{ qui donne la vitesse en m/s si } dn = A_n - 1, A_n + 1 \text{ est en m, ou encore}$$

$$V_n \cong \frac{dn \text{ (cm)}}{12} \text{ (m/s)}$$

Pour un chariot de masse 0,097 kg, la quantité de mouvement s'exprime donc en kg m/s, par :

$$P_n \cong \frac{dn \text{ (cm)}}{123,7} \quad (m = 0,097 \text{ kg} \quad \Delta t = 6 \cdot 10^{-2} \text{ s})$$

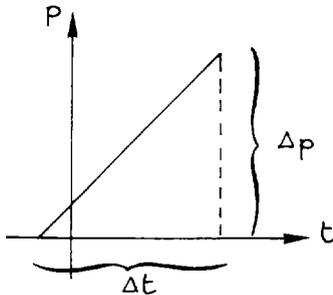
b- Variations de la quantité de mouvement en fonction du temps :

La date $t = 0$ correspond au premier point enregistré sur le document n° 5. On mesure successivement, et on calcule les valeurs suivantes :

t (ms)	0	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600	660	720	780	840	900
dn (cm)	?	0,65	1,1	1,80	2,60	2,90	3,50	4,05	4,60	5,2	5,75	6,30	6,85	7,40	8,05	8,60
P_n (kg m/s)	?	0,0053	0,0089	0,0146	0,0196	0,0234	0,0283	0,0327	0,0372	0,042	0,0465	0,0509	0,0554	0,0598	0,0651	0,0695

Le diagramme temps-quantité de mouvement $t \rightarrow p$ montre que le mobile est parti à la date $t_0 \approx -0,15 \times 6.10^{-2} \approx 0,0095$ et que la quantité de mouvement est une fonction affine du temps.

c- Force associée aux actions subies par le véhicule :



Sur le graphique, on lit que la quantité de mouvement varie de

$$\Delta p \approx 0,0695 \text{ kg m/s en } 9 + 900 = 909 \text{ ms}$$

La variation de quantité de mouvement pendant l'unité de temps, $\frac{\Delta p}{\Delta t}$, est par définition, appelée force associée aux actions subies par le véhicule.

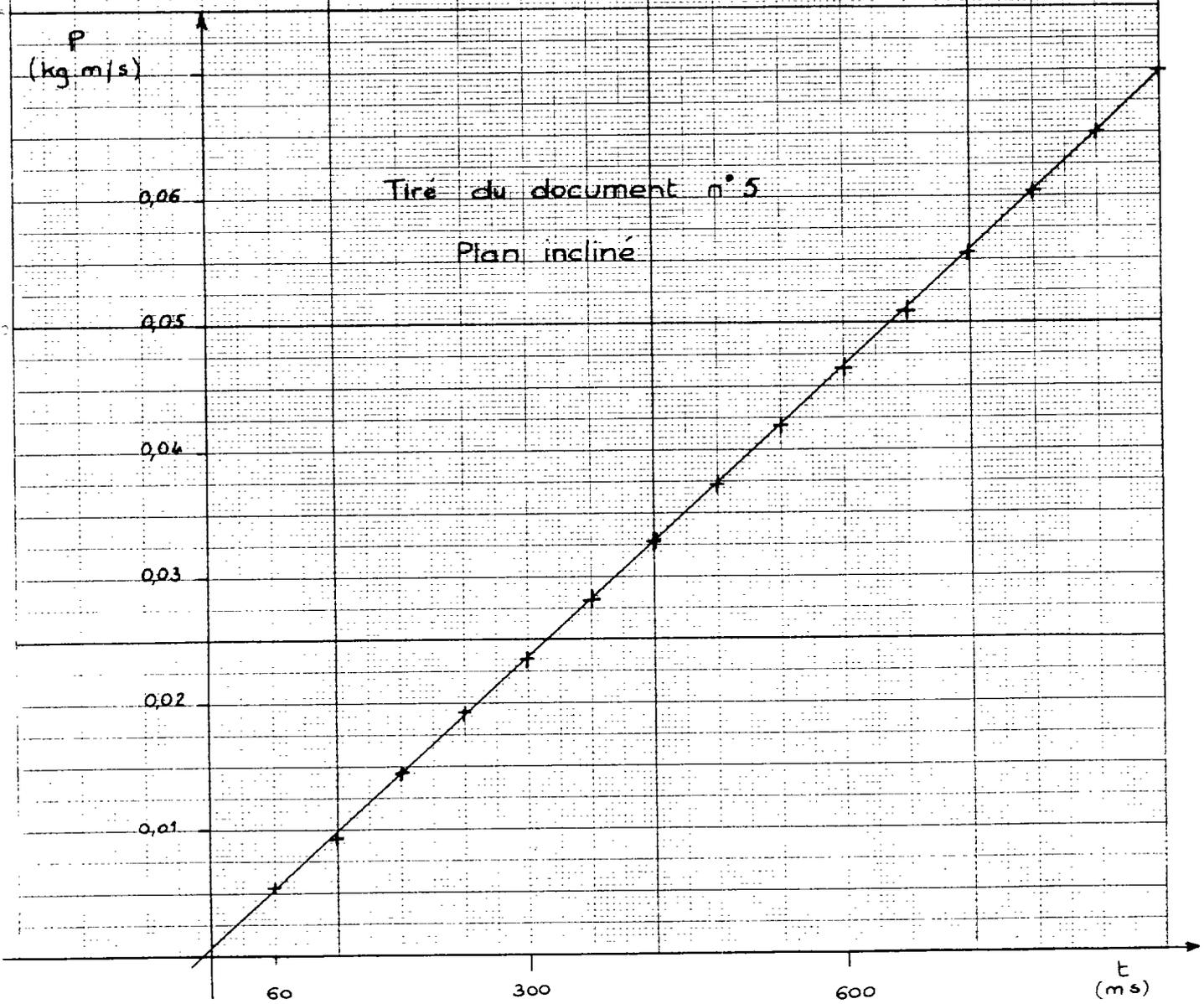
$$\text{Elle vaut : } F = \frac{0,0695}{0,909} \approx 0,076 \text{ N}$$

Sa valeur théorique est :

$$F = mg \sin \alpha \approx 0,097 \times 9,81 \times 0,083 \approx 0,079 \text{ N}$$

III - PROLONGEMENTS POSSIBLES

1. Faire partir au même instant deux chariots de masses différentes, et montrer que le mouvement est indépendant de la masse des véhicules.
2. Etudier l'influence de l'angle d'inclinaison ($\frac{F}{\sin \alpha} = \text{Cte}$)
3. Relation entre la vitesse et la hauteur de chute ($v^2 = 2 gh$ ou $1/2 m v^2 = mgh$).
4. Etude du mouvement ascendant, puis descendant du véhicule (rotation du cylindre pour enregistrement).
5. Etude d'un choc sur le plan incliné (vérifier que la quantité de mouvement juste avant est égale à la quantité de mouvement juste après).
6. Mouvement du centre d'inertie du système lors du choc étudié en 5.
7. Détermination de la réaction orthogonale : $\vec{R} = \vec{P} - \vec{T}$ (le poids de \vec{P} ayant été étudié).



MANIPULATION N° 6 : ACCELEROMETRE

I - BUT DE LA MANIPULATION

- Déterminer l'accélération d'un véhicule tracté par un fil. Comparaison de la tension du fil au poids tenseur.

II - EXPERIMENTATION

1/ Conditions expérimentales

- Monter la poulie de précision à l'extrémité du banc.
- Introduire la fiche $\varnothing 2$ mm fixée au fil, dans l'embout du chariot.
- Accrocher le plateau à surcharges à l'autre extrémité du fil.
- Le banc est horizontal
- Intervalle de temps : 40 ms
- m chariot : 87 g
- masse de traction : 10 g
- Intervalle de temps entre les impulsions : 40 ms.



2/ Résultats

- a- Détermination de la vitesse de passage en un point :
Elle se fait comme précédemment (manipulation n° 5) :

$$V_n \text{ (m/s)} = \frac{A_n - 1 \cdot A_n + 1 \text{ (m)}}{2 \times 4 \cdot 10^{-2} \text{ (s)}} \quad \text{ou} \quad \boxed{V_n \hat{=} \frac{dn \text{ (cm)}}{8} \text{ (m/s)}}$$

La date $t = 0$ correspondant au premier point enregistré, on mesure (document n° 6) :

t (ms)	0	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400	440	480	520	560	600	640	680	720	760	800
dn (cm)	?	0,4	0,6	0,95	1,25	1,6	1,9	2,15	2,4	2,7	3,0	3,37	3,75	4,0	4,3	4,6	4,9	5,2	5,5	5,8	6,1
V_n (m/s)	?	0,05	0,075	0,119	0,156	0,2	0,238	0,268	0,3	0,338	0,375	0,421	0,465	0,5	0,538	0,575	0,613	0,65	0,688	0,725	0,762
ΔV (m/s)		0,025	0,044	0,037	0,044	0,038	0,03	0,032	0,038	0,37	0,36	0,38	0,031	0,038	0,037	0,038	0,037	0,037	0,038	0,037	0,037

- b- Détermination de l'accélération

La moyenne des variations de vitesse est $\Delta V \approx 0,0364$ m/s en $4 \cdot 10^{-2}$ s.

$$\text{L'accélération vaut donc } a = \frac{0,764}{4 \cdot 10^{-2}} \approx 0,91 \text{ m/s}^2$$

$$\text{La valeur théorique est } \frac{mg}{(m + M)} = \frac{10}{97} \times 9,81 \approx 1 \text{ m/s}^2$$

- c- Comparaison du poids tenseur à la tension du fil :

$$\text{La tension du fil est } T = Ma = 0,087 \times 0,91 = 0,079$$

$$\text{Le poids tenseur a pour valeur } P = mg = 0,01 \times 9,81 \approx 0,098 \text{ N}$$

$$T < P$$

III - PROLONGEMENTS POSSIBLES

1. Etude statique du plan incliné
2. Influence des variations du poids tenseur.
3. Suppression de la force motrice (repos du support des surcharges sur un plan).
4. Détermination graphique de la date de départ ($t \rightarrow p = mv$) comme pour la manip. 5.

MANIPULATION N° 7 : OSCILLATIONS D'UN VEHICULE

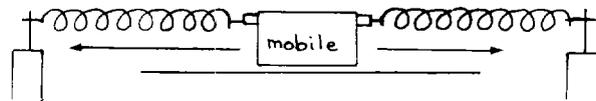
I - BUT DE LA MANIPULATION

- Etudier le mouvement d'un véhicule sous l'action de la force associée aux actions exercées par deux ressorts tendus de part et d'autre du mobile.

II - EXPERIMENTATION

1/ Conditions expérimentales :

- banc horizontal
- Δt entre 2 impulsions : 60 ms
- rotation du "cylindre enregistreur" lorsque le mobile atteint son élongation maximum.
- $m = 0,087$ kg.



2/ Résultats :

a- Détermination de la quantité de mouvement :

Les intervalles de temps entre deux étincelles ($\Delta t = 6 \cdot 10^{-2}$ s) sont assez courts pour que l'on admette la relation $p_n = m \frac{An-1 \cdot An+1}{2 \Delta t}$ donne encore la quantité de mouvement instantanée du mobile lors de son passage au point An (contrairement au cas des mouvements uniformément variés, ce n'est pas rigoureux).

Pratiquement, avec $\Delta t = 6 \cdot 10^{-2}$ s et $m = 0,087$ kg ($dn = An-1 \cdot An+1$)

$$p_n \text{ (kg m/s)} \approx \frac{dn \text{ (cm)}}{138}$$

Sur le document n° 7, nous avons obtenu les résultats suivants (la date $t = 0$ correspond au premier point enregistré).

t (ms)	60	120	180	240	300	360
dn (cm)	5,75	5,35	4,5	3,3	1,95	0,45
p_n (kg m/s)	0,0417	0,0388	0,0326	0,0239	0,0141	0,0033

$\vec{p} > 0$ \leftarrow Aller

t (ms)	420	480	540	600	660	720	780	840	900	960	1020
dn (cm)	1,30	2,7	3,95	4,95	5,55	5,65	5,35	4,60	3,65	2,35	0,8
p_n (kg m/s)	0,0094	0,0196	0,0286	0,0359	0,0402	0,0410	0,0388	0,0334	0,0265	0,0170	0,0058

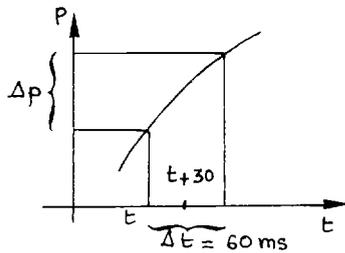
$\vec{p} < 0$ \rightarrow Retour

t (ms)	1080	1140	1200	1260	1320	1380	1440	1500	1560
dn (cm)	0,9	2,3	3,65	4,6	5,35	5,55	5,35	4,8	3,85
p_n (kg m/s)	0,0065	0,0167	0,0265	0,0334	0,0388	0,0402	0,0388	0,0348	0,0279

$\vec{p} > 0$ \leftarrow 2° Aller

La représentation graphique $t \rightarrow \bar{p}$ figure en page 23 .

b- Détermination de la force associée aux actions :



Avec les échelles choisies sur le diagramme de la page 23 :

1 cm en ordonnées $\hat{=} \Delta p = 0,01 \text{ kg m/s}$
0,5 cm en abscisses $\hat{=} \Delta t = 60 \cdot 10^{-3} \text{ s}$,

On obtient la force à la date $(t+30) \text{ ms}$

$$F = 0,166 \Delta p_i$$

t (ms)	90	150	210	270	330	390	450	510	570	630	690	750	810
Δp_i (cm)	0,2	0,65	0,85	1,0	1,15	1,20	1,05	0,9	0,75	0,4	0,1	-0,2	-0,55
F (N)	0,03	0,108	0,141	0,166	0,19	0,200	0,175	0,149	0,124	0,066	0,017	-0,033	-0,091

t (ms)	870	930	990	1050	1110	1170	1230	1290	1350	1410	1470	1530	1590
Δp_i (cm)	-0,7	-0,95	1,15	1,2	1,0	1	0,7	0,5	0,1	0,1	0,4	0,7	
F (N)	-0,116	-0,158	-0,191	-0,2	-0,166	-0,158	-0,116	-0,083	-0,016	0,016	0,066	0,116	

La représentation graphique $t \rightarrow \bar{F}$ figure page 23 .

La superposition des deux diagrammes $t \rightarrow p$ et $t \rightarrow \bar{F}$ montre que la force est nulle lorsque la quantité de mouvement est maximale ou minimale (passage au voisinage de la position d'équilibre).

III - PROLONGEMENTS POSSIBLES

1/ Force en fonction de la position

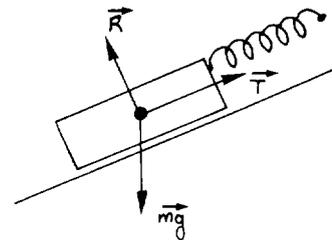
- Repérer la position 0 du chariot au repos (étincelle)
- Mesurer les abscisses des positions du mobile à partir de 0.
- Tracer le diagramme $t \rightarrow x$ et le comparer à $T \rightarrow \bar{F}$ (d'où $\bar{F} \approx -Kx$)

2/ Raideur des deux ressorts

- Tracer le diagramme $x \rightarrow \bar{F}$ et mesurer la pente $k = \frac{F}{x}$

3/ Oscillations sur un plan incliné :

Détermination directe, à partir du document de la force F associée aux diverses actions
Comparaison à $m\vec{g} + \vec{R} + \vec{T}$



4/ Période des oscillations :

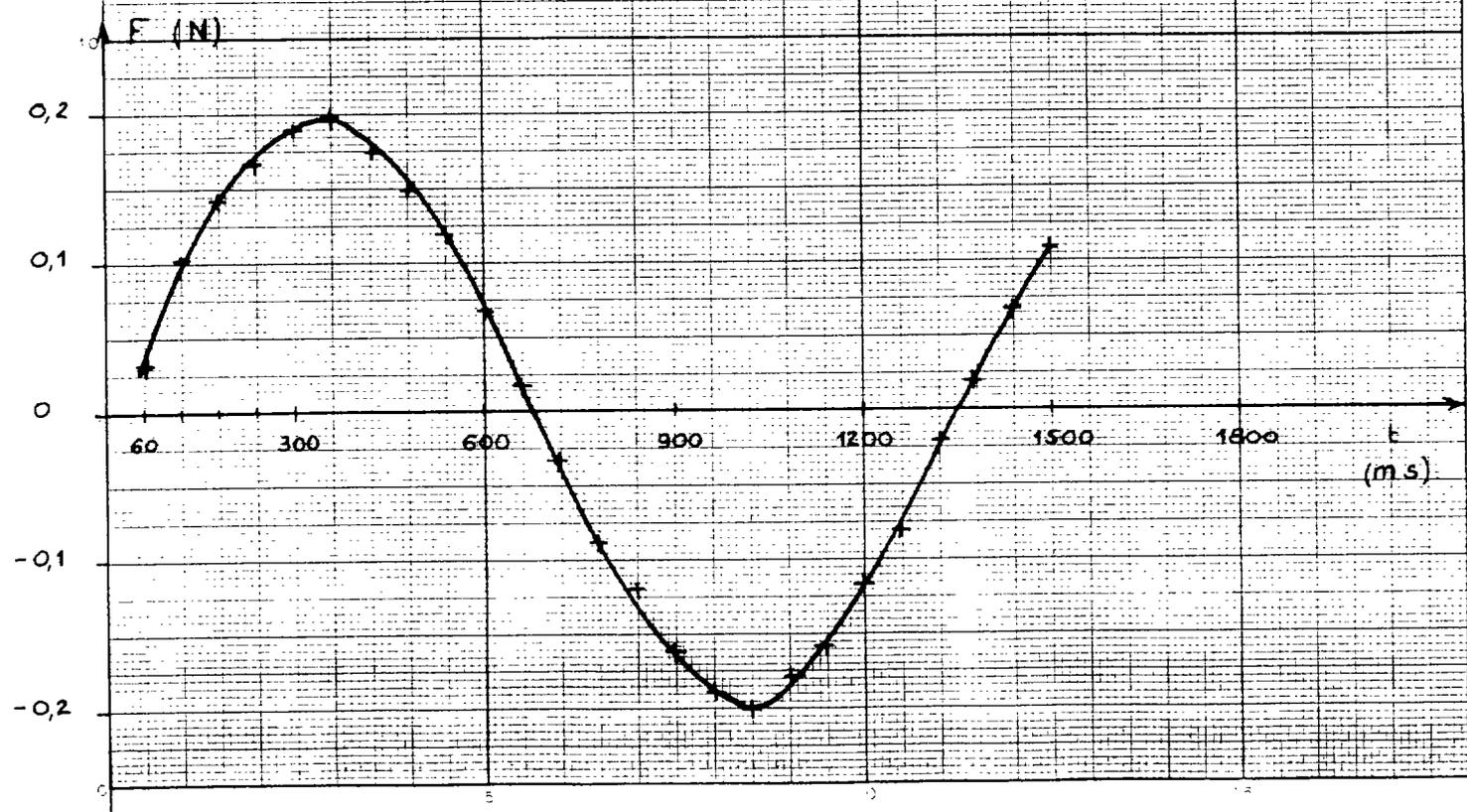
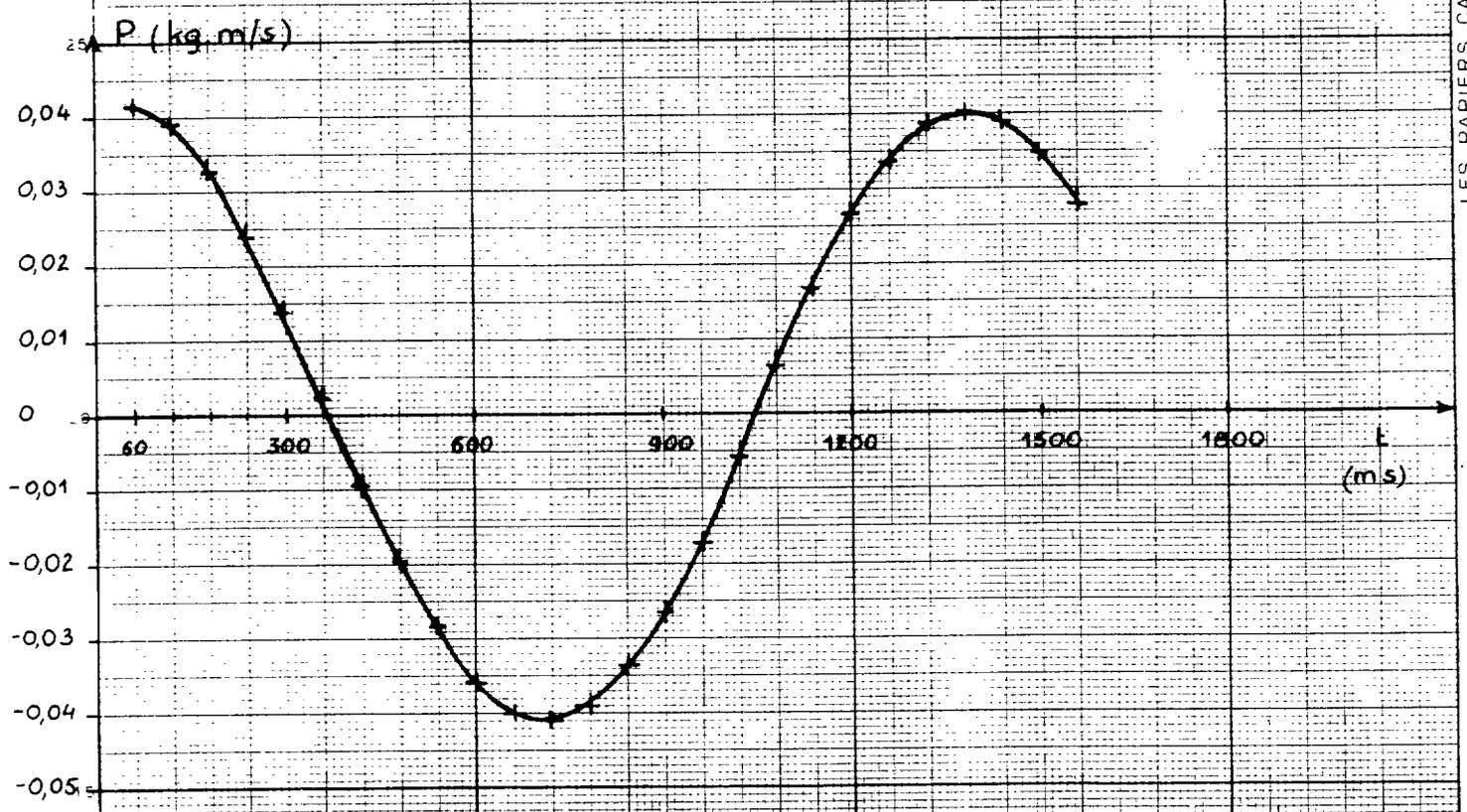
Influence de la masse du mobile, de la raideur du ou des ressorts, de l'inclinaison du banc, etc...

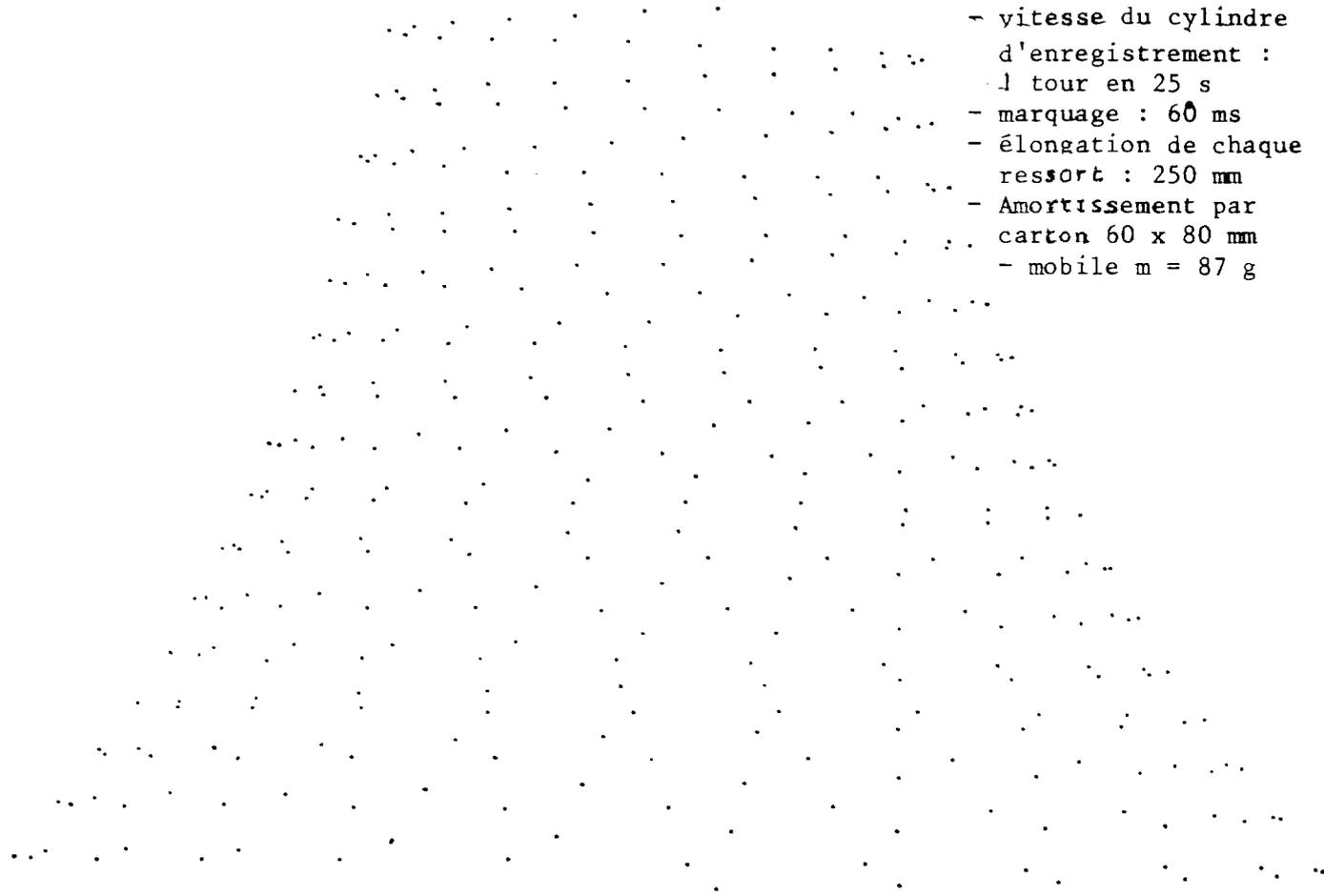
5/ Étude de l'amortissement (enregistrements p. 24)

(chariot oscillant entre 2 ressorts)

- Amortissement solide : obtenu en faisant frotter la pointe de marquage du chariot sur le fil HT (enregistrement page 24)
- Amortissement fluide : dans l'air : fixer une feuille de carton 60 x 80 mm, normalement au plan de déplacement du chariot. Le plus simple est de l'enficher sur l'embout du ressort (entre ressort et chariot).

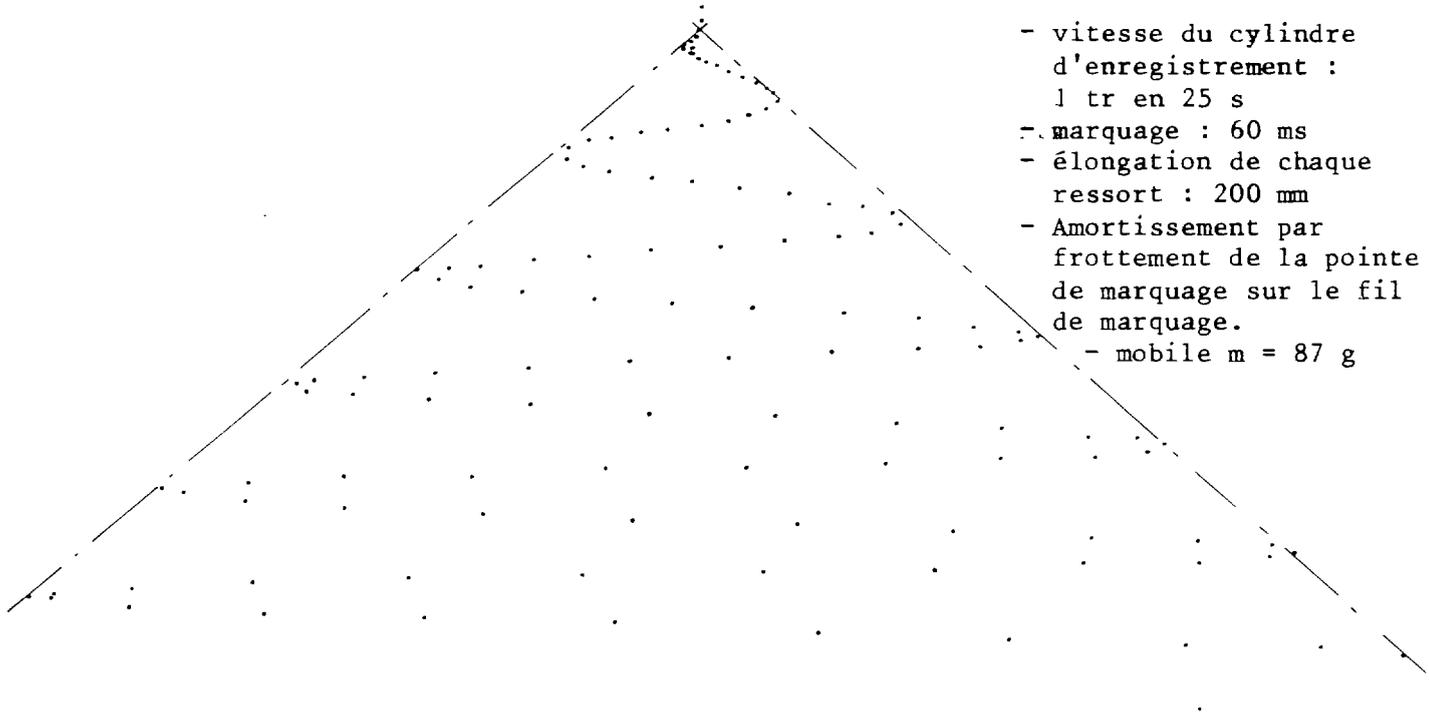
Manipulation n°7





- vitesse du cylindre d'enregistrement : 1 tour en 25 s
- marquage : 60 ms
- élongation de chaque ressort : 250 mm
- Amortissement par carton 60 x 80 mm
- mobile $m = 87$ g

Amortissement solide



- vitesse du cylindre d'enregistrement : 1 tr en 25 s
- marquage : 60 ms
- élongation de chaque ressort : 200 mm
- Amortissement par frottement de la pointe de marquage sur le fil de marquage.
- mobile $m = 87$ g

MANIPULATION N° 8 : CHANGEMENTS DE REPERES
--

I - BUT DE LA MANIPULATION

- Les documents obtenus donnent l'image du mouvement dans le repère de la classe. Trouver l'aspect de l'interaction dans d'autres repères.

II - EXPERIMENTATION

1/ Conditions expérimentales :

Adaptés à l'interaction étudiée (élastique ou inélastique).
 Intervalle de temps entre les impulsions : $\Delta t = 60$ ms.
 Un chariot de masse 0,100 kg est venu élastiquement choquer un véhicule immobile de masse 0,200 kg.
 Le "cylindre enregistreur" a été tourné après l'interaction.

2/ Repérage des points synchrones :

Pour obtenir les positions des deux chariots qui se correspondent dans le temps, on arrête, pendant un intervalle de temps très bref après l'interaction, l'émission des étincelles. On obtient ainsi une interruption dans la suite des points (par exemple, il manque un point sur le document n° 8). La fréquence des étincelles étant liée à celle du secteur, l'émission reprend comme s'il n'y avait pas eu d'interruption. On peut ensuite, sur la bande du papier enregistreur, numéroté commodément les points synchrones (document n° 8).

3/ Utilisation d'une bande de papier calque :

Sur la bande originale, tracer une droite qui servira de guide par la suite (ce pourra être le côté rectiligne de la bande enregistrée).
 Sur une bande de papier calque (de dimensions voisines de celles de la bande originale), tracer dans le sens de la longueur deux droites parallèles et rapprochées, qui seront appliquées sur la droite guide précédente (l'une pour l'aller, l'autre pour le retour).
 En déplaçant la bande de calque (qui sert de nouveau repère) d'une façon qui dépend du nouveau repère choisi, déterminer les positions des projections orthogonales points synchrones (utiliser une équerre) sur les droites du calque. Afin de ne pas détériorer la bande initiale, il est bon de repérer les points, sans appuyer, à l'aide d'un crayon feutre (par exemple, l'aller par des points et le retour par des croix : "points avant", "croix après").

Exemple :

Interaction élastique vue d'un repère lié à l'un des mobiles (document n° 8).

- Sur la bande de papier calque, placer un point sur la "droite aller". Ce point sera le centre du repère lié ici au mobile projectile.
- Déplacer la bande en faisant coïncider ce point successivement avec les divers points numérotés du mobile qui sert de nouveau référentiel.
- Après chaque déplacement, décalquer le point de même numérotation correspondant à l'autre mobile. On voit ainsi se dessiner peu à peu l'interaction vue de l'un des mobiles.

Remarque :

Deux repères galiléens différents interviennent ici : l'un avant, l'autre après l'interaction.

4/ Résultats :

Ils sont reproduits ci-dessous à échelle réduite :

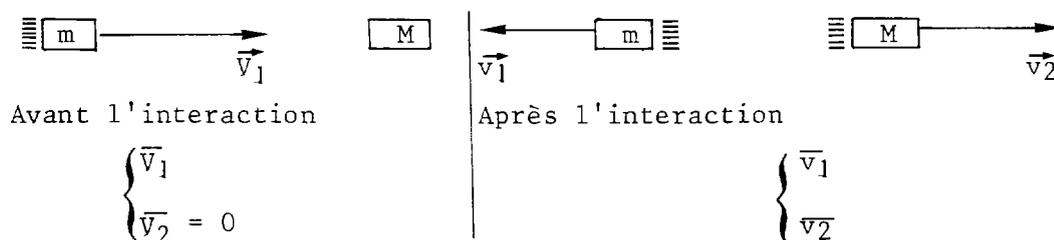
	x →														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	?
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
.								
-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8								
	← .														

On constate une légère perte de vitesse après le rebond. Le système n'est pas resté parfaitement isolé lors du choc.

5/ Interprétation :

- Dans le cas limite où il n'y a pas de perte de vitesse dans le repère lié à l'un des mobiles, le choc est qualifié de parfaitement élastique (analogie avec une balle rebondissant sur un mur fixe).

- Dans le repère initial de la classe, les vitesses sont :



- On passe aux vitesses évaluées dans le nouveau repère en retranchant V_1 (avant) ou v_1 (après) aux vitesses précédentes, d'où :

Avant l'interaction $\bar{v}^1_1 = \bar{v}_1 - \bar{v}_1 = 0$ $\bar{v}^1_2 = 0 - \bar{v}_1 = -\bar{v}_1$	Après l'interaction : $\bar{v}^1_1 = \bar{v}_1 - \bar{v}_1 = 0$ $\bar{v}^1_2 = \bar{v}_2 - \bar{v}_1$
---	--

où les lettres primées désignent les vitesses relatives au nouveau repère.

- Dans le nouveau repère, la condition de parfaite élasticité s'écrit :

$$\bar{v}^1_2 = -\bar{v}^1_1$$

d'où $\bar{v}_1 = \bar{v}_2 - \bar{v}_1$ (opposition des vitesses relatives).

Cette condition écrite $v_2 = \bar{v}_1 + \bar{v}_1$ jointe à la conservation de la quantité de mouvement $m\bar{v}_1 = m\bar{v}_1 + M\bar{v}_2$ ou $M\bar{v}_2 = m(\bar{v}_1 - \bar{v}_1)$

conduit à $Mv_2^2 = m(V_1^2 - v_1^2)$ et $mV_1^2 = mv_1^2 + Mv_2^2$

ce qui introduit une nouvelle loi de conservation pour le choc parfaitement élastique (plus tard, $1/2 mv^2$ sera appelé "énergie cinétique").

III - PROLONGEMENTS POSSIBLES

1/ Repère du centre d'inertie

a- Détermination :

- les masses des mobiles étant connues, déterminer les diverses positions du centre d'inertie des deux chariots sur la bande initiale.
- Vérifier que l'interaction n'altère pas le mouvement du centre d'inertie.
- Utiliser une bande de papier calque dont un point central coïncidera successivement avec les divers centres d'inertie précédemment déterminés.
- Repérer au crayon feutre les divers points synchrones sur le calque (le banc étant horizontal, on voit ainsi apparaître l'interaction vue du repère galiléen du centre d'inertie).

b- Chocs quelconques :

- Vérifier ou découvrir que, dans le repère du centre d'inertie, les deux quantités de mouvement sont opposées avant l'interaction.
- Vérifier que les quantités de mouvement sont opposées aussi après l'interaction (éventuellement nulles si le choc est élastique).

c- Chocs parfaitement élastiques :

- Le cas limite du choc parfaitement élastique est réalisé si les quatre quantités de mouvement (deux avant et deux après) ont même valeur arithmétique.
- En déduire la conservation de l'énergie cinétique par une méthode analogue à la précédente (exemple).

2/ *Relativité galiléenne* :

- Tracer sur la bande initiale une droite (D) (parallèle à la direction des mouvements initiaux par exemple) et y porter des points équidistants. Ces points seront considérés comme centres d'un repère galiléen quelconque.
- Vérifier que la conservation de la quantité de mouvement dans un repère se traduit par sa conservation dans ce repère quelconque.
- De même, s'il y a conservation de la quantité de mouvement et de l'énergie cinétique dans l'un des repères, la conservation est aussi vérifiée dans le repère galiléen quelconque.

Remarque : la droite (D) initiale peut être tracée hors de la bande enregistrée (perpendiculairement par exemple). Dans ce cas, l'apparence obtenue est une interaction à deux dimensions. La conservation de la quantité de mouvement doit alors s'exprimer vectoriellement.

En généralisant les considérations précédentes, on est conduit à poser le principe de la Relativité Galiléenne : "les lois de la mécanique s'expriment de la même façon dans tout repère galiléen".

NOTES PERSONNELLES