

## Déclaration CE de conformité

Nous déclarons sous notre seule responsabilité que les produits :

**332 021, 332 025, 332 020, 281 035** sont conformes à

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

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

**332 021, 332 025, 332 020, 281 035** are in accordance with

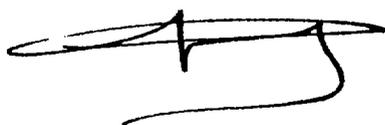
- the directive 73/23/CEE Applied standard : EN 61010-1
- the directive 89/336/CEE Applied standards : EN 50081-1 , EN 50082-1

Declaramos bajo nuestra única responsabilidad que los productos :

**332 021, 332 025, 332 020, 281 035** son conformes al

- la directiva 73/23/CEE Norma aplicada : EN 61010-1
- la directiva 89/336/CEE Normas aplicadas : EN 50081-1 , EN 50082-1

Evreux, décembre 96



D GERARD  
Directeur Technique



JY FRIBOULET  
Responsable Qualité

# MECANIQUE DYNAMIQUE

MECANIQUE SUR COUSSIN D'AIR A  
DEUX DEGRES DE LIBERTE

REF : 332 021



ENREGISTREMENT PAR IMPULSIONS :

- Ne perturbant pas le phénomène observé
- Sans réglage préalable
- Propre
- Economique

COUSSIN D'AIR :

- Autoporteurs autonomes
- Mobiles de forte inertie
- Faible bruit

## SOMMAIRE

### PRINCIPE - DESCRIPTION

1. La mécanique à coussin d'air
2. Ensembles Mēca II
3. L'enregistrement des trajectoires
4. Les éléments des ensembles Mēca II
  41. Table et accessoires
  42. Autoporteurs et accessoires
  43. Bloc d'alimentation BZ6
  44. Générateur d'impulsions
5. Première mise en service
6. Réponses à vos questions
7. Compléments et maintenance

### MANIPULATIONS

1. Etude des chocs
  11. Chocs élastiques
  12. Chocs inélastiques
2. Explosion
3. Rotation
4. Recherche d'un centre d'inertie
5. Accéléromètre
6. Mouvements relatifs
7. Enregistrements sur une feuille blanche
8. Recommandations

### EXPERIENCES

01. Principe d'inertie
02. Vecteur vitesse
03. Position du centre d'inertie
04. Interaction élastique
05. Interaction inélastique
06. Interaction par fil élastique
07. Force associée aux actions subies par un solide en mouvement sur un plan incliné.
08. Tension d'un fil (accéléromètre)
09. Composition dynamique des forces
10. Etalonnage dynamique d'un ressort
11. Changements de repère
12. Statique

---

COMPOSITION DES ENSEMBLES MECA II
-----------------------------------

---

- 1 table verre équipée avec portique en fil acier, et 1 lot de 50 feuilles 800 x 500 mm papier spécial enregistrement.
- 2 autoporteurs munis chacun de :
  - . 4 surcharges situées à l'intérieur (ensemble Mēca II secteur)
  - . 4 accumulateurs (ensemble Mēca II Accumulateurs)
- 1 jeu de 2 surcharges 350 g environ, en acier nickelē
- 1 jeu de 2 bagues pour chocs ēlastiques
- 1 jeu de 2 bagues pour chocs mous
- 1 bague pour explosion
- 1 lanceur ētalonnē
- 1 dispositif recherche du centre d'inertie
- 1 bloc mētalique 800 g environ, avec piton (pour la rotation)
- 1 dispositif accēlēromētre
- 1 jeu de 6 cales, ēpaisseur 1 cm
- 1 pochette avec ēlastiques, bobine de fil
- 1 mallette de rangement
- 1 gēnērateur
  - . bloc BZ6 (ensemble Mēca II secteur)
  - . gēnērateur d'impulsions 281.035 (ensemble Mēca II accumulateurs)

---

ACCESSOIRES COMPLEMENTAIRES
-----------------------------

---

- |   |                     |
|---|---------------------|
| - Jeu 2 bagues aimantēes                                      | Rēfērence : 333.019 |
| - Accumulateur CdNi, 2 ampēres heure                          | Rēfērence : 283.103 |
| - Lot 250 feuilles papier spēcial enregistrement 850 x 500 mm | Rēfērence : 333.011 |
| - Lot 500 feuilles papier blanc 650 x 500 mm                  | Rēfērence : 333.014 |
-

# PRINCIPE - DESCRIPTION

## 1. 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 frottement.

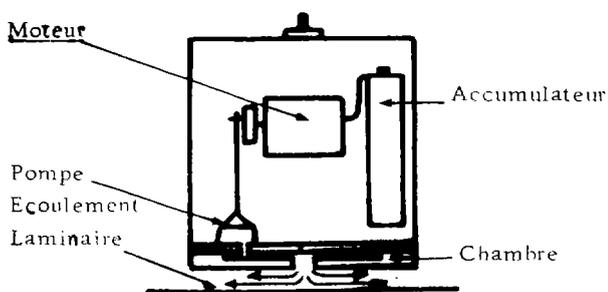
Deux séries d'appareils ont été créées pour l'enseignement :

- Le banc à coussin d'air, pour l'étude en dynamique à un degré de liberté (vecteurs vitesses colinéaires : ensemble Jeulin Méca I)
- La table à coussin d'air pour étude en dynamique à deux degrés de liberté (vecteurs vitesses dans un plan, ensembles Jeulin Méca II)

Dans cette notice, nous décrivons la table à coussin d'air (ensembles Méca II)

## 2. ENSEMBLES MECA II

Les ensembles Jeulin se composent d'une surface plane en verre glace, de deux autoporteurs cylindriques et d'accessoires (surcharges, bagues, etc ...) Un système original breveté est utilisé pour l'enregistrement des trajectoires.



Le coussin d'air est obtenu dans les autoporteurs par une pompe de telle sorte qu'il ne crée pas d'effet gyroscopique. L'alimentation de chaque autoporteur est assurée.

- par 4 accumulateurs CdNi rechargeables : ensemble Méca II accus.
- par l'alimentation BZ6 (2 x 6 Volts) : ensemble Méca II secteur.

Ce système avec pompe permet d'utiliser des mobiles de masse relativement importante : (700 à 1.400 g) comparativement aux tables soufflantes. Cette grande inertie diminue l'influence des effets parasites : courants d'air, légers défauts de planéité, poussières ...

## 3. L'ENREGISTREMENT DES TRAJECTOIRES

Les travaux pratiques nécessitent des mesures sur les trajectoires et les vitesses de chaque mobile afin de :

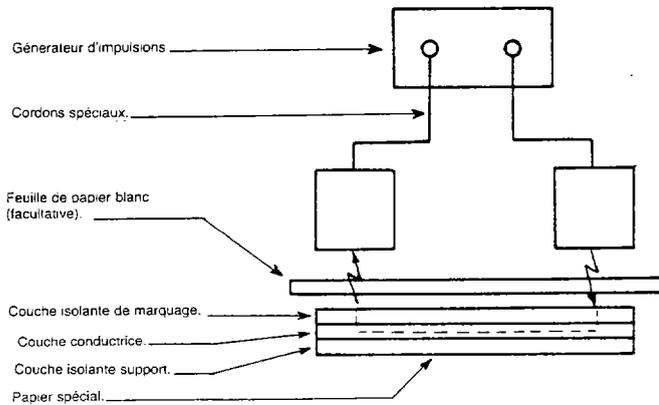
- déterminer la forme des trajectoires : rectiligne, circulaire ...
- calculer les vitesses des 2 mobiles (et vérifier les conservations des quantités de mouvement)

### L'enregistrement par étincelage

Avec les ensembles Méca II, chaque mobile effectue un marquage ponctuel, synchrone, sur une feuille située sous les autoporteurs.

Une tension impulsionnelle, de fréquence réglable, est délivrée par l'alimentation BZ6 (Méca II secteur) ou le générateur d'impulsions (Méca II accus). Des fils, très fins afin de ne pas perturber les trajectoires, à haut pouvoir diélectrique (isolants), conduisent les impulsions électriques sur les autoporteurs. Chaque autoporteur est pourvu d'une pointe, située sur son axe d'inertie. A chaque impulsion délivrée par le générateur, une étincelle jaillit simultanément entre les pointes sur les autoporteurs, et le papier spécial enregistrement. Deux traces quasiment ponctuelles sont laissées sur le papier.

Le circuit électrique est le suivant :  
 Impulsion ; Autoporteur 1 ; Etincelle perçant la couche du papier spécial ;  
 Couche conductrice ; Etincelle autoporteur 2 (2ème marquage) ; Retour au générateur.

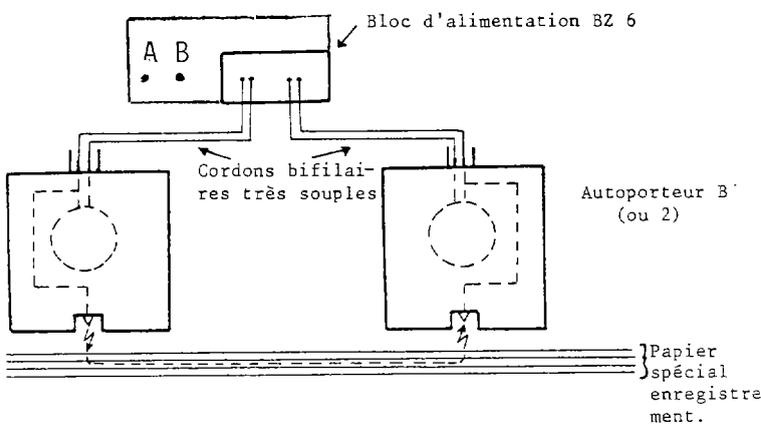


### Avantages de ce type d'enregistrement

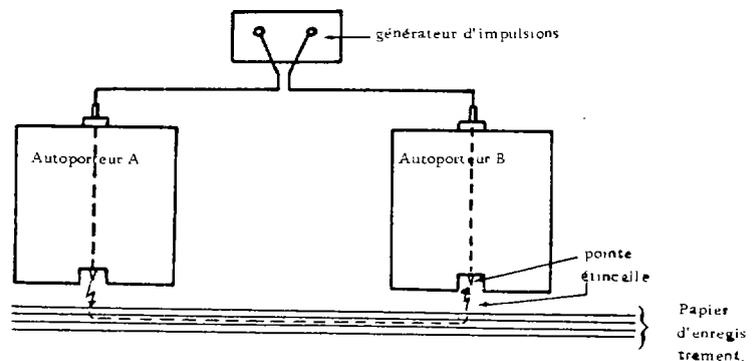
- marquages fins, sans contact mécanique
- très sûr et sans réglage : il suffit d'appuyer sur un bouton
- marquage synchrone des 2 autoporteurs
- enregistrements en grandeur réelle
- coût : 1 feuille de papier 50 x 60 cm.

**Important :** Pour éviter tout risque de haute tension, malgré toutes les sécurités prévues, n'appuyez sur le bouton « impulsions » que le temps strictement nécessaire. Assurez-vous en particulier que personne ne touche un élément soumis à la haute tension.

Il faut donc obligatoirement fermer le circuit électrique pour obtenir des marquages. Exemple : si on n'utilise qu'un seul autoporteur, il faut fermer le circuit en connectant le 2ème fil HT au papier spécial (en se servant du 2ème mobile, ou mieux, reliez au bloc métallique posé sur la feuille).



Connexions pour l'enregistrement des autoporteurs, avec l'ensemble Méca.II secteur.



Connexions pour l'enregistrement des trajectoires des autoporteurs avec l'ensemble Méca.II accumulateurs.

## 4. LES ELEMENTS DES ENSEMBLES MECA II

### 4.1. TABLE ET ACCESSOIRES

- 1 table verre glace 865 x 575 x 10 mm avec cadre de protection en bois - 3 pieds supports réglables - ring acier avec 4 axes d'angle et ressorts - 1 potence en acier inox pour le guidage des fils pour les autoporteurs - 1 lot de 50 feuilles de papier spécial enregistrement.

Cette table est livrée dans une caisse bois.

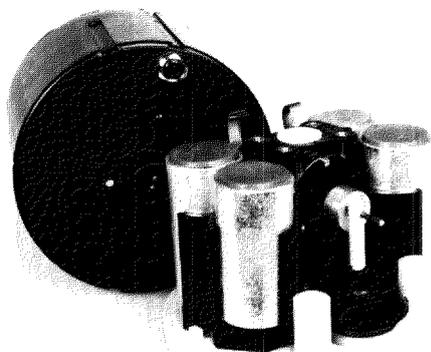
### 4.2. AUTOPORTEURS ET ACCESSOIRES

- 2 autoporteurs munis de 4 cylindres surcharges (à l'intérieur) : ensemble Méca II Secteur, ou 4 accumulateurs CdNi : ensemble Méca II accus.

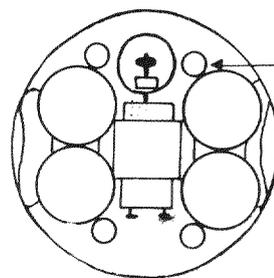
Le corps est en plastique moulé, isolant - La semelle verre est indéformable - Une pompe à membrane, actionnée par un moteur 6 V, génère le coussin d'air. Une pointe, au centre de la semelle verre sert pour le marquage par impulsions HT, fournies par le générateur. Sur le dessus du capot : 2 fiches diamètre 2 mm pour le branchement des autoporteurs au générateur - Sur le côté du capot : 2 types de rainures pour le guidage et le positionnement des bagues en position basse, ou médiane.

Dimensions : 100 x 95 mm

Masse : 615 g (+/- 10g)



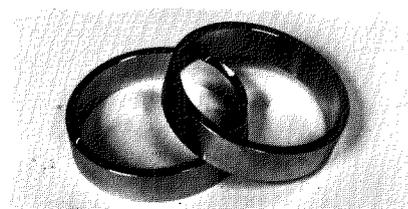
Nota : La masse des autoporteurs peut être ajustée. Vous pouvez répartir symétriquement des masses, dans les 4 petits logements cylindriques, situés à l'intérieur des autoporteurs. Utilisez par exemple de la grenaille de plomb stabilisée avec de la pâte à modeler.



Cylindre pour ajustage des masses

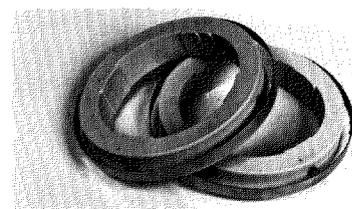
- 1 jeu de 2 surcharges : en acier nickelé, permet de faire varier la masse d'un autoporteur dans les rapports 1 - 1,5 et 2 environ.

Masse unitaire : 350 g environ



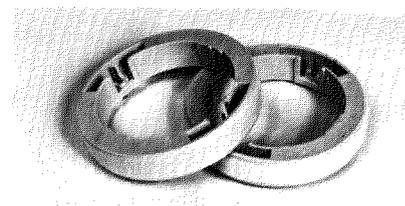
- 1 jeu de 2 bagues : pour chocs élastiques. Bagues en plastique moulé, entouré d'une lame acier, reliée à la bague par 3 ressorts.

Masse unitaire : 105 g environ

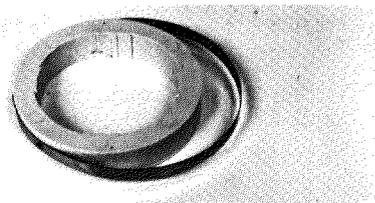


- 1 jeu de 2 bagues : pour choc inélastiques (chocs mous) : bague en plastique moulé, entourée d'une bande de velcro pour l'accrochage des 2 autoporteurs après un choc.

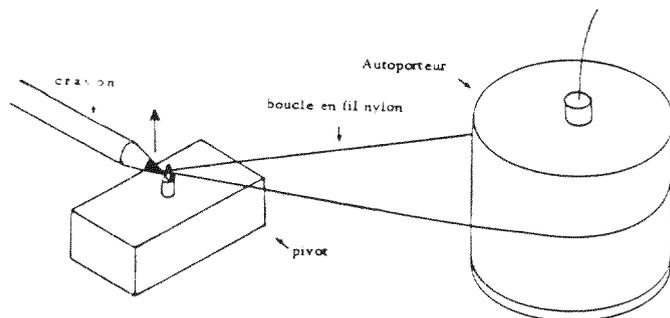
Masse unitaire : 80 g environ



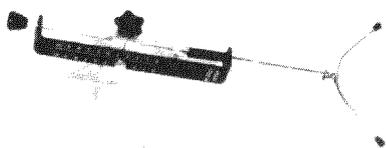
- 1 bague pour l'explosion : bague en plastique moulé, entouré d'une lame en acier, fixée d'un seul côté de la bague plastique  
Masse : 105 g environ.



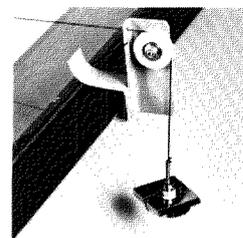
- 1 bloc métallique avec piton - 1 bobine de fil nylon. Les autoporteurs peuvent être reliés à la terre par l'intermédiaire d'une fiche diamètre 4



- 1 lanceur : étalonné avec un ressort de 10 N. La force de lancement est préréglable. Une gachette maintient le lanceur en position de lancement. Ce lanceur se fixe sur le bord de la table en verre.

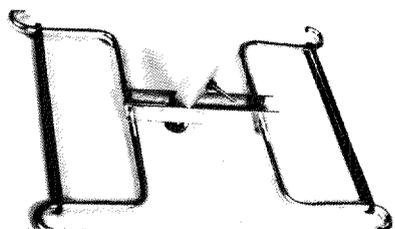


- 1 dispositif pour accéléromètre : poulie très sensible montée sur un support enfichable sur le bord de la table. Livré avec 1 plateau porte surcharge de 40 g environ et 3 surcharges de 10 g.



Un petit aimant au centre de la fourche, permet de maintenir l'autoporteur avant le déclenchement avec gachette. Pour que cet aimant agisse (les autoporteurs sont en plastique), une petite masse métallique est collée à l'intérieur des autoporteurs. Son emplacement est repéré par un trou. Pour le lancement, positionnez l'aimant, et le trou dans l'autoporteur en vis à vis.

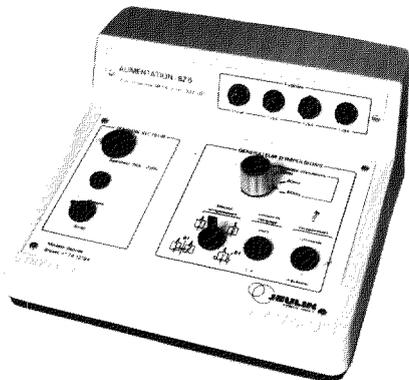
- 1 dispositif de recherche du centre d'inertie permet d'associer 2 mobiles de façon semi-rigide. L'enregistrement se fait sur un autoporteur, et sur la pointe réglable située entre les 2 fourches du dispositif. Le bloc mobile contenant la pointe doit affleurer la papier à enregistrement. Livré avec une pochette d'élastique, à monter entre les fourches.



- 1 jeu de 6 cales de 50 x 25 x 10 mm. Ces cales seront utilisées pour obtenir un plan incliné, d'angle prédéterminé. Masse unitaire : 100 g environ.
- 5 m d'élastique souple : Ils seront utilisés pour les associations de 2 autoporteurs, munis d'aimants répulsifs (solide déformable)
- 2 cordons de recharge à prises Jack, pour autoporteurs avec accus (pour ensemble méca II accus seulement)
- 2 cordons bifilaires assurent l'alimentation des mobiles (332.021) et le marquage.
- 1 cordon monofilaire assurant le marquage d'un point périphérique.

### 4.3. LE BLOC D'ALIMENTATION BZ6 (ensemble Meca II secteur)

Ce générateur sert à l'alimentation et au marquage des trajectoires des 2 autoporteurs (ou un autoporteur et une pointe extérieure).



#### 4.3.1. Caractéristiques

- Alimentation 125-220 V
- Alimentation pour autoporteurs : 6 V - 1 A
- Tension impulsionnelle : jusqu'à 3000V (très faible énergie).
- Energie réglable par commutateur "cours ou TP" (intensité de marquage).
- Période entre impulsions : 20, 40 ou 60 millisecondes.
- Sélection de l'enregistrement :
  - . 2 autoporteurs
  - . 1 autoporteur et une pointe extérieure
- Borne de terre
- Fusibles :
  - 2 fusibles 1,25 A (T) pour la protection du transformateur et des 2 circuits d'alimentation des autoporteurs
  - 1 fusible 315 mA temporisé pour l'alimentation en 125 V
  - 1 fusible 250 mA rapide pour l'alimentation en 220 V.

#### 4.3.2 Mise en service

##### Test de fonctionnement en générateur

- Le générateur étant sous tension, placez le commutateur rotatif sur la position "générateur 60 ms". Appuyez sur le bouton poussoir enregistrement. Vous entendez le bruit dû à l'étincelage au niveau de l'éclateur interne (assurant la sécurité durant la manipulation).

- Placez successivement le commutateur sur les positions 40 et 20 ms. La fréquence d'étincelage augmente.

#### Enregistrements

Les liaisons avec les autoporteurs étant réalisées (voir tableau ci-après) :

Reliez éventuellement la borne de terre située à l'arrière du boîtier à la feuille de papier spécial enregistrement, avec l'aide d'une connexion et d'une pince (on peut alors toucher le papier sans aucun risque, même pendant l'enregistrement).

Choisissez la période d'impulsions : 20, 40 ou 60 ms.

Placez l'inverseur "Intensité de marquage" sur la position cours ou TP suivant que l'on souhaite un marquage moyen ou fin.

Mettez l'interrupteur sur la position "marche"

Lancez le(s) autoporteur(s). Appuyez sur le bouton "enregistrement" pendant le temps nécessaire.

Mettez l'interrupteur sur la position "arrêt" (voyant éteint)

#### **IMPORTANT :**

Pour éviter tout risque de haute tension, malgré toutes les sécurités prévues, n'appuyez sur le bouton "impulsions" que le temps strictement nécessaire.

Assurez-vous en particulier que personne ne touche un élément soumis à haute tension.

#### 4.3.3. Utilisation avec les autoporteurs munis d'accumulateurs (option)

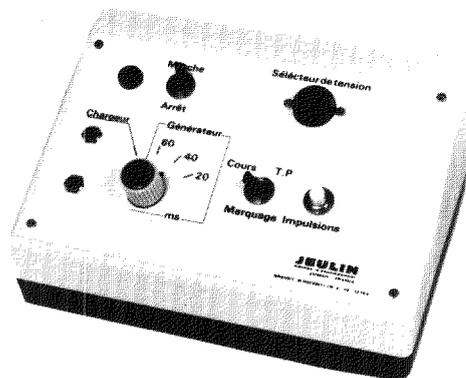
- Il est possible d'alimenter le moteur des autoporteurs avec 4 accumulateurs CdNi Réf. 283.103 qui seront mis dans le bon sens (+ et -) à la place des "tubes surchargés" en acier.
- Dans ce cas, utilisez IMPERATIVEMENT pour l'enregistrement des trajectoires, le jeu de cordons Réf. 283.224 (cordons bifilaires HT) à brancher sur les autoporteurs et dans les prises A et B du bloc BZ6.

CONNEXIONS DU BLOC BZ.6 AUX AUTOPORTEURS

<p>Commutateur "Sélection enregistrement en position haute"</p>	<p>Avec 2 autoporteurs : Enregistrement de leur centre d'inertie. (Ne pas connecter le cordon monofilaire en B)</p>	<p>Sorties AB 1 2 Bloc BZ 6 → Cordons bifilaires Sélecteur enregistrement en position haute 1 2</p>
<p>Commutateur "Sélection enregistrement" en position basse</p>	<p>Avec 2 autoporteurs et le dispositif de recherche du centre d'inertie : Enregistrement du centre d'inertie d'un autoporteur et de la pointe de recherche.</p>	<p>Sorties AB 1 2 Bloc BZ 6 → Cordons bifilaires Sélecteur enregistrement en position basse Cordon simple 1 2</p>
<p>Commutateur "Sélection enregistrement"</p>	<p>Avec un autoporteur et une bague choc mou : Enregistrement du centre d'inertie de l'autoporteur et d'un point périphérique</p>	<p>Sorties AB 1 2 Bloc BZ 6 → Cordon bifilaire Sélecteur enregistrement en position basse Cordon monofilaire 1</p>
<p>Commutateur "Sélection enregistrement"</p>	<p>Avec un autoporteur et une bague choc mou : Enregistrement de 2 points périphériques diamétralement opposés.</p>	<p>Sorties AB 1 2 Bloc BZ 6 → Cordon monofilaire Cordons bifilaires Sélecteur enregistrement en position basse 2</p>

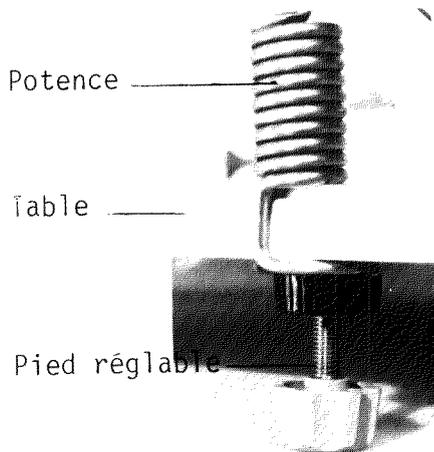
4.4. GENERATEUR D'IMPULSIONS 281.035  
(ensemble Meca II Accus)

Ce générateur sert au marquage des trajectoires de 2 autoporteurs (ou d'un autoporteur et une pointe extérieure) et à la recharge des accumulateurs situés dans les autoporteurs.  
Pour les caractéristiques et l'utilisation, reportez-vous à la notice livrée avec l'appareil Référence 281.035.

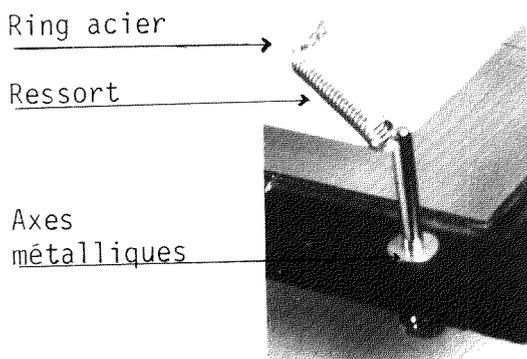


## 5. PREMIERE MISE EN SERVICE

- Déballez la table verre, livrée dans une caisse bois.
- Rangez soigneusement le lot de 50 feuilles de papier spécial enregistrement.
- Montez les 2 pieds d'un côté de la table. Puis le troisième en y incluant l'embase de la potence métallique.



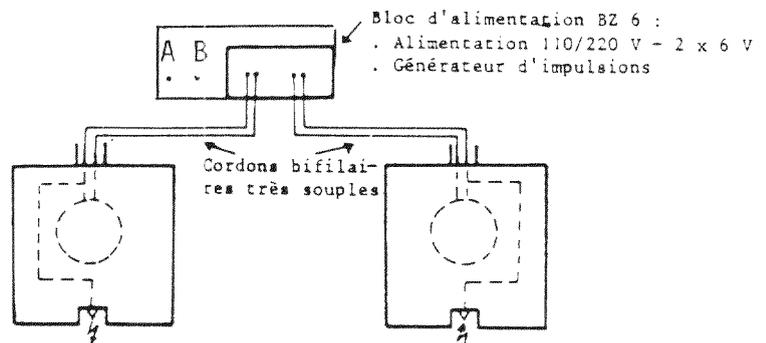
- Montez les 4 vis d'angle munies de ressorts aux 4 coins de la table.



- Retirez soigneusement le fil en acier serti (ne pas le plier) et placez le dans la spire faisant office de crochet, des 4 ressorts.
- Placez les 2 autoporteurs sur la table
- Montez les cordons HT le long de la potence, dans les attaches (attention à ne pas percer l'isolant).

- a) Autoporteurs avec accumulateurs (en semble Méca II accus) : dès réception, chargez les accus pendant 12 heures environs. Branchez le cordon d'alimentation à prises Jack sur l'autoporteur, et sur le générateur en position charge. Le voyant de contrôle sur l'autoporteur s'allume.
- Après avoir chargé les accus, branchez les fils HT, d'un côté au générateur, de l'autre au autoporteurs.

- b) Autoporteurs sans accumulateurs  
Branchez les fils d'un côté aux autoporteurs, de l'autre en 1 et 2 à l'arrière du bloc BZ6)



- Branchez le générateur au réseau (vérifiez la tension : 220 V ou 125 V).
- Mettez les interrupteurs du générateur et des autoporteurs sur marche : les moteurs tournent et les autoporteurs se déplacent.
- Réglez l'horizontalité de la table à l'aide des 3 vis réglables, jusqu'à ce que les autoporteurs soient en équilibre sur la table.  
Les autoporteurs doivent se mouvoir sur la table sans frottement notable.
- Enlevez les autoporteurs et placez la feuille de papier spécial enregistrement sur la table, le côté se marquant facilement à l'angle côté autoporteurs
- Sélectionnez sur le générateur :
  - la période des impulsions : 20 ms par exemple
  - l'enregistrement (sur BZ6) : bouton en haut (enregistrement avec 2 autoporteurs)
  - l'intensité de marquage : Cours qu T.P.
- Lancez les autoporteurs sur la table, et appuyez sur le bouton poussoir : enregistrement.  
Des petits points apparaissent sur la feuille, matérialisant la trajectoire du centre d'inertie des autoporteurs.

Voyant de charge  
(fonctionne sur  
les modèles accus)

Fiches de branchement  
au générateur

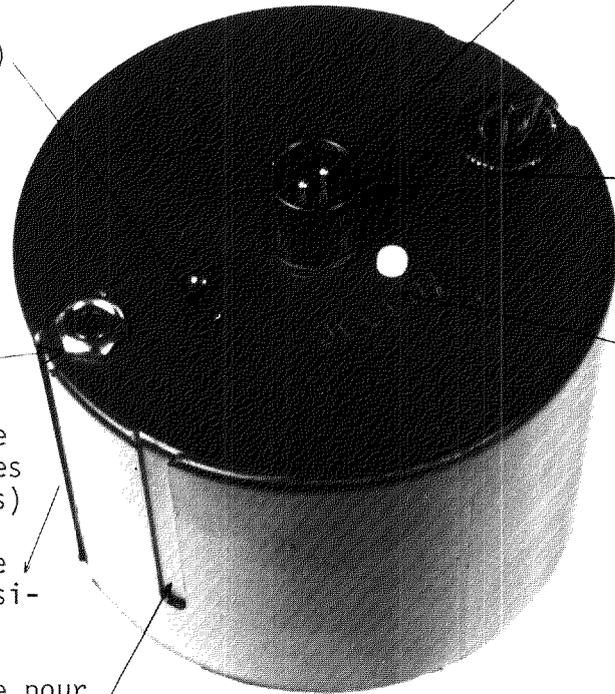
Interrupteur  
moteur

Vis de maintien  
du capot

Fiche de branche-  
ment pour recharge  
(fonctionne sur les  
modèles avec accus)

Rainure de guidage  
pour bagues en posi-  
tion basse.

Rainure de guidage pour  
bagues en position médiane



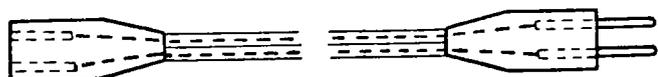
## 6. REPONSE A VOS QUESTIONS

OBSERVATIONS	VERIFICATIONS ET REMEDES
<b>1°) PROBLEMES COMMUNS AUX 2 ENSEMBLES</b>	
Le moteur tourne à vide	Enlevez le capot : vérifiez si la vis de l'excentrique sur l'axe moteur n'est pas déserrée.
Les autoporteurs frottent	<ul style="list-style-type: none"><li>- Vérifier la charge des autoporteurs (Meca II Accus) : recharger éventuellement pendant 12 H.</li><li>- Petit excès de colle sur le pourtour : enlever au scalpel</li><li>- Anneau de protection plastique maté : rectifiez la bavure au scalpel.</li></ul>
Le marquage ne se fait pas ou par intermittence	<ul style="list-style-type: none"><li>- Changer le fusible (250 mA ou 315 mA) du générateur</li><li>- Régler l'écartement de l'éclateur du générateur de 6 à 8 mm environ ( pour le BZ6, réglage dans les ateliers JEULIN)</li><li>- Si les pointes d'un autoporteur sont encrassées, nettoyez avec une gomme ou un chiffon imbibé d'alcool</li></ul>
<b>2°). MECA II SECTEUR</b>	
Le moteur ne démarre pas ou par intermittence	<ul style="list-style-type: none"><li>- Si le cordon est coupé, changez-le (Référence 283.242 le lot de 2)</li><li>- Dans le cas d'un point dur inversez le branchement du cordon sur l'autoporteur</li></ul>
Le marquage ne se fait que sur un autoporteur	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ne laissez pas le cordon "points extérieurs" (monofil) sur la feuille d'enregistrement, placez-le en haut de la potence.</li></ul>
<b>3°). MECA.II ACCUS</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>. Les accus ne chargent pas</li><li>. Seul un autoporteur charge</li><li>. Le voyant ne s'allume pas en charge</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Changez le fusible T.1,25 du générateur (Réf. 283.208 le lot de 10)</li><li>- Vérifiez le cordon "Jack" mâle (coupé ou en court-circuit (Réf. 283.242 le lot de 2)</li><li>- Vérifiez le "Jack" femelle du générateur (Réf. 283.242 lot de 2)</li><li>- LED défectueux (Réf. 303.033 le lot de 10)</li></ul>

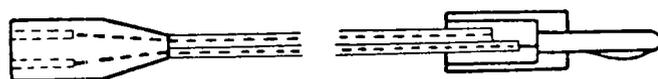
OBSERVATIONS	VERIFICATIONS ET REMEDES
On ne peut pas recharger un autoporteur seul	Changez le(s) Jack(s) femelle(s) du générateur (Réf. 283.243 le lot de 10) Note : le Jack défectueux est celui qui fonctionne en charge avec un seul autoporteur.
Les accus ne tiennent pas la charge	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recharge insuffisante : chargez pendant 12h</li> <li>- 1 ou plusieurs accus hors service : vérifiez la tension avec débit 0,5 A : on doit avoir <math>V \geq 1,2</math> Volts par accu.</li> </ul>
Le moteur ne démarre pas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérifiez la charge des accus : <math>V \geq 5</math> V à la sortie du Jack m�le (branché sur l'autoporteur). Si la charge est insuffisante, chargez pendant 12h</li> <li>- Le jack femelle de l'autoporteur a un mauvais contact. Changez-le (Réf 283.243 le lot de 10)</li> </ul>

7. COMPLEMENT ET MAINTENANCE

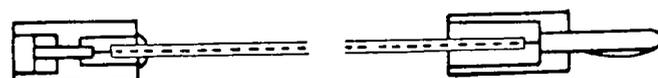
DESIGNATION	REF.
Autoporteur A 4 accus (pour complément d'ensembles anciens) .....	332.013
Autoporteur 6 V lesté (livré avec l'ensemble Méca II secteur) .....	332.019
Table verre glace équipée .....	331.003
Jeu de 2 surcharges en acier nickelé .....	333.006
Jeu de 2 bagues chocs élastiques .....	333.004
Jeu de 2 bagues pour chocs mous .....	333.005
Bague pour explosion .....	333.013
Jeu de 2 bagues aimantées (non livrées avec les ensembles) .....	333.019
Dispositif pour centre d'inertie .....	333.010
Lanceur à ressort .....	333.002
Accessoires pour la rotation (non livrés avec les ensembles) .....	333.016
Accumulateur CdNi (4 par autoporteur) .....	283.103
Jeu de 2 cordons monofils HT(pour autoporteurs 332.013) .....	283.223
Jeu de 2 cordons bifils HT (pour autoporteurs 332.023) .....	283.224
Jeu de 2 cordons bifils HT et alim. (pour autoporteurs 332.019) .....	283.225
Jeu de 2 cordons de recharge (pour autoporteurs 332.013 et 332.023) .	283.242
Lot de 10 prises Jack femelles (pour autoporteurs 332.013 et 332.023)	283.243
Ring en fil acier serté .....	313.082
<u>Feuilles</u>	
Lot de 250 feuilles papier spécial enregistrement 800 x 500 mm .....	333.011
Lot de 500 feuilles papier blanc 650 x 500 mm .....	333.014
<u>Fusibles de rechange</u>	
Lot de 10 fusibles 1,25 A tubulaires, temporisés .....	283.208
Lot de 10 fusibles 315 mA tubulaires, temporisés .....	283.207
Lot de 10 fusibles 250 mA rapides	283.319



Cordon bifil. HT + Alim.



Cordon bifil. HT



Cordon monofil

## I. ETUDES DES CHOCS

### 11. CHOCS ELASTIQUES ET CHOCS MOUS

Placez les bagues correspondantes en position médiane sur les autoporteurs. les chocs s'effectuent ainsi approximativement dans le plan d'inertie des autoporteurs.

Avec des surcharges, la lère est placée en position basse, la 2ème en position haute, par dessus la bague choc.

### 12. CHOCS INELASTIQUES

- Placez les bagues aimantées (en option Réf. 333.019) en position basse sur les 2 autoporteurs (ne pas utiliser de surcharges métalliques).

- Laissez un autoporteur fixe au milieu de la table

- Lancez (utilisez de préférence le lanceur) le 2ème autoporteur en direction du 1er. Enregistrez.

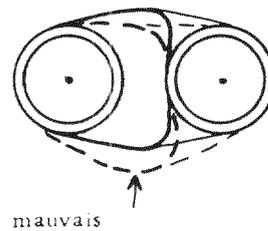
Observez les courbes hyperboliques, résultant du mouvement de 2 corps répulsifs (similitude avec la déviation des particules chargées).

Note : l'énergie n'est pas conservée au cours du mouvement, une partie est absorbée par les phénomènes magnétiques.

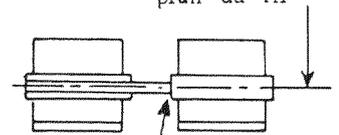
- Montez en position médiane sur les autoporteurs, la bague à ressort, et une bague chocs élastiques.

- Comprimez la bague à ressort, de manière symétrique, et entourez les 2 autoporteurs à l'aide d'un anneau nylon. Mettez en route les 2 autoporteurs, et vérifiez que l'ensemble ne frotte pas.

ressort.



plan du fil



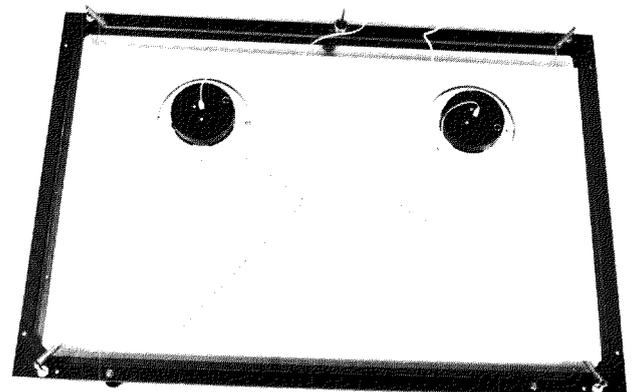
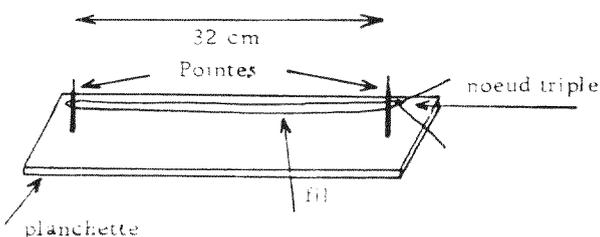
Si frottement agit au point d'appui.



Autoporteur équipé d'une bague "choc élastique"

## II. EXPLOSION

- Réalisez plusieurs anneaux avec le fil nylon (il est commode de se fabriquer un petit gabarit)



Choc élastique entre 2 autoporteurs

Simultanément, appuyez sur le bouton commande impulsions du générateur, et brûlez le fil nylon (allumette). Les 2 autoporteurs "explorent" selon un axe colinéaire, si le ressort est comprimé de manière bien symétrique.

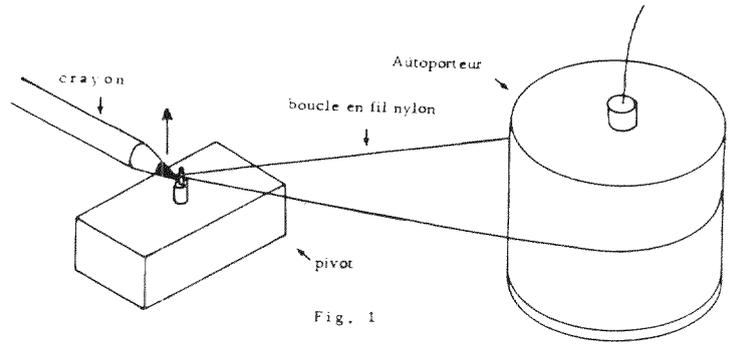
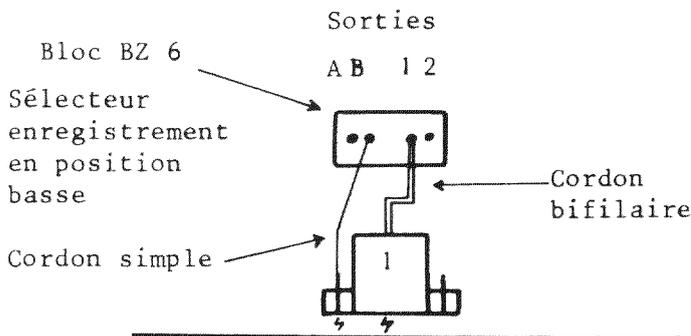


Fig. 1

### III. ROTATION

#### 31. ROTATION D'UN AUTOPORTEUR AUTOUR DE SON CENTRE D'INERTIE

- Placez une bague chocs mous en position basse.
- Branchez 1 cordon HT sur l'autoporteur et le 2ème sur une des 2 fiches fixées sur la bague.



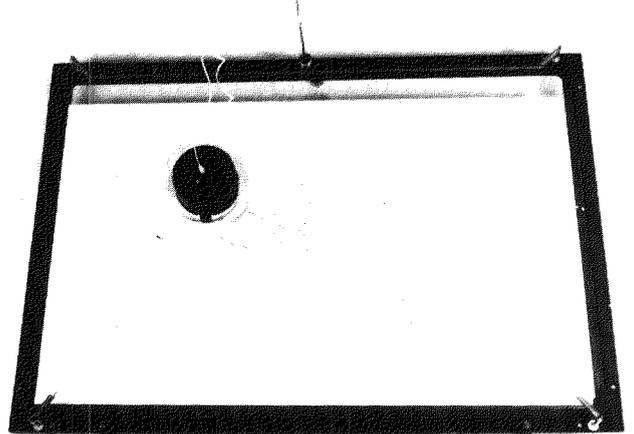
#### Remarques :

- Faites quelques essais avant de réaliser un enregistrement
- Attention à ce que les fils HT ne soient pas torsadés. Pratiquement, vous pourrez exécuter 3 tours dans un sens, puis lancer l'autoporteur dans l'autre sens, et enregistrer au 2ème tour.
- Le retour électrique pour le marquage s'effectue à l'aide de la bague contenant 2 pointes, posée dans un coin de la table, sur la feuille de papier spécial enregistrement.

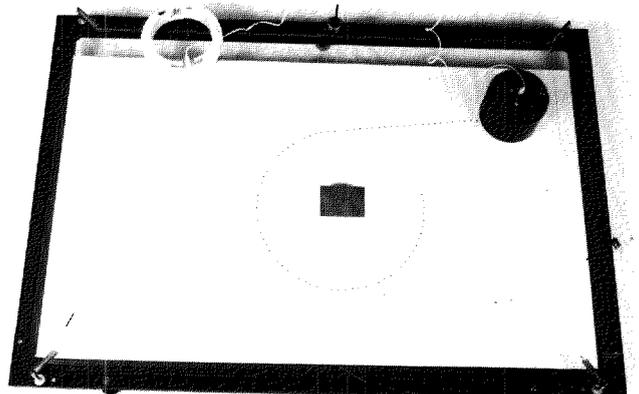
- Lancez l'autoporteur avec un mouvement de rotation, et enregistrez (les deux trajectoires).

#### 3.2. ROTATION D'UN AUTOPORTEUR AUTOUR D'UN POINT EXTERIEUR A SON AXE D'INERTIE

- Placez la masse métallique surmontée d'un pivot au centre de la table.
- Réalisez un anneau en nylon, et effectuez le montage ci-dessous.
- Après avoir lancé l'autoporteur perpendiculairement à l'axe pivot- autoporteur, enregistrez le mouvement sur un tour.
- A l'aide d'une pointe (crayon aiguisé par exemple) faites "sauter" le fil du pivot, tout en continuant à enregistrer la trajectoire.



Trajectoire du centre d'inertie d'un autoporteur et d'un point extérieur

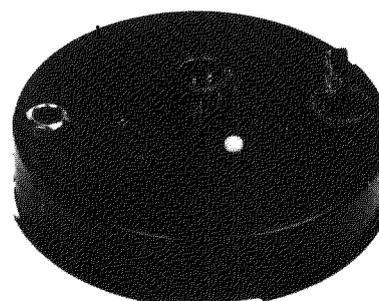
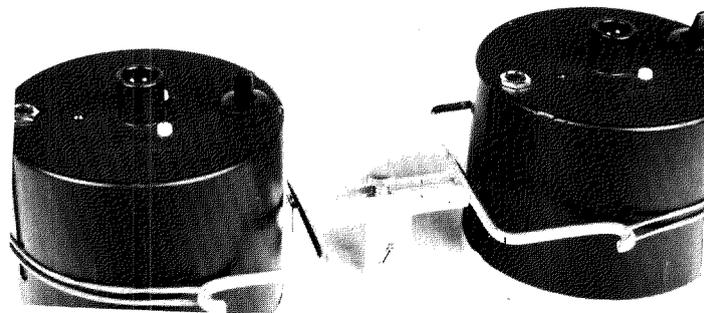
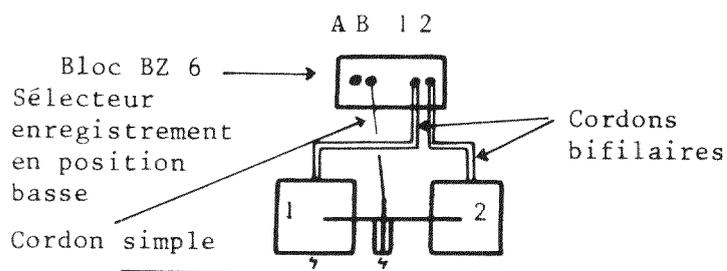


Mouvement circulaire puis linéaire

#### IV. RECHERCHE D'UN CENTRE D'INERTIE

##### 41. DISPOSITIF POUR RECHERCHE DU CENTRE D'INERTIE

- Montez le dispositif comme sur la photo ci-contre. Celui-ci est placé approximativement dans le plan d'inertie de l'ensemble. La base du bloc plastique contenant la pointe pour l'enregistrement est placée à environ 0,5 mm de la feuille spécial enregistrement.
- Connexions : voir schéma ci-dessous.



- Lancez l'ensemble, avec un mouvement de rotation (l'ensemble doit faire au moins 1 tour sur lui-même, tout en se déplaçant sur une longueur de table). Enregistrez.
- Déplacez le bloc à position réglable, jusqu'à ce que sa trajectoire soit une droite : ce point est le centre d'inertie de l'ensemble des 2 autoporteurs (en fait sa projection sur la table).

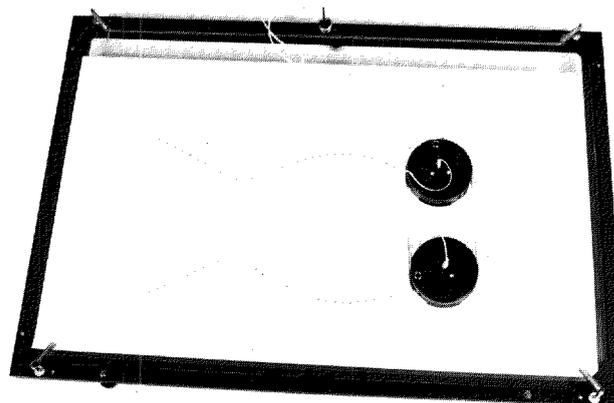
Note : Vous pouvez réaliser l'expérience avec une surcharge (en position basse).

Autoporteur équipé d'une bague à aimant

##### 4.2. BAGUES A AIMANTS REPULSIFS

(En option : Réf 333.019)

- Mettez les 2 bagues (doubles) aimantées en position basse sur les 2 autoporteurs (ne pas utiliser de surcharges métalliques)
- Entourez les 2 autoporteurs avec un fil élastique souple, sans serrer.
- Branchez et mettez en marche.
- Lancez les autoporteurs, de manière légèrement divergente, et enregistrez les trajectoires.
- A partir des points synchrones de l'enregistrement, recherchez le centre d'inertie.

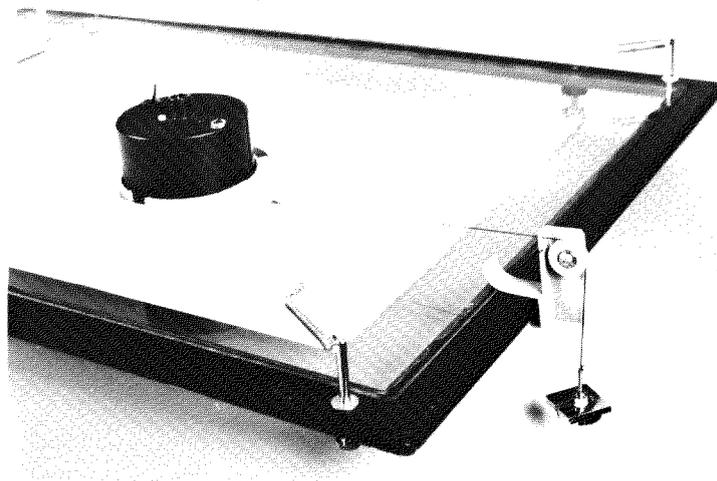


Solide déformable

## V. ACCELEROMETRE

### 5.1. TABLE HORIZONTALE

- Effectuez le montage selon la photo ci-contre. Les petites surcharges doivent pouvoir descendre jusqu'au sol (0,8 à 1 m de chute).
- L'autoporteur sera maintenu à une extrémité de la table de façon à le lâcher sans lui imprimer de mouvement de rotation.
- Pour éviter la chute des petites surcharges, elles sont maintenues sur leur plateau par un écrou moleté.



### 5.2 TABLE INCLINEE

- Mettez les cales métalliques sous le pied (côté potence) de la table. Ces cales ont 1 cm d'épaisseur, et vous pouvez déterminer une fois pour toutes, l'angle donné avec 2 cales, 3 cales, ... 6 cales.

## VI. MOUVEMENTS RELATIFS

D'une façon générale, lorsque l'on veut observer et enregistrer des trajectoires dans des repères en mouvement, l'un par rapport à l'autre, on effectuera le montage.

Ce type de manipulation est bien entendu réalisable avec les expériences sur la rotation. On pourra se reporter utilement au Bulletin de l'Union des Physiciens de Février 79 n° 611, pages 610 et 616 où sont décrites quelques techniques pour faire des enregistrements de mouvements relatifs.

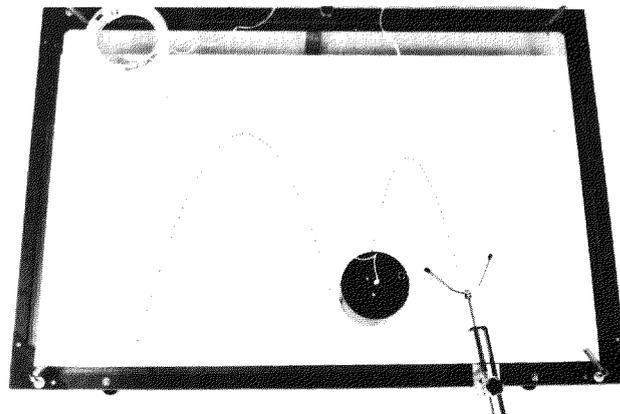
## VII. ENREGISTREMENTS SUR UNE FEUILLE BLANCHE

Une feuille de papier spécial enregistrement peut être utilisée de nombreuses fois.

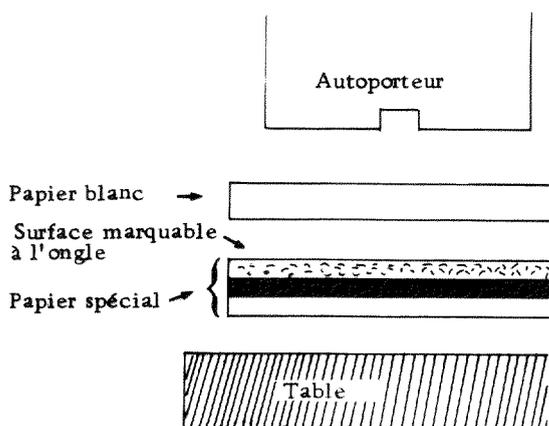
Pour cela, il suffit d'intercaler une feuille de papier ordinaire lisse, de format minimum 50 x 60 cm.

Le lot de 500 feuilles de papier blanc : référence Jeulin 333.014 convient parfaitement.

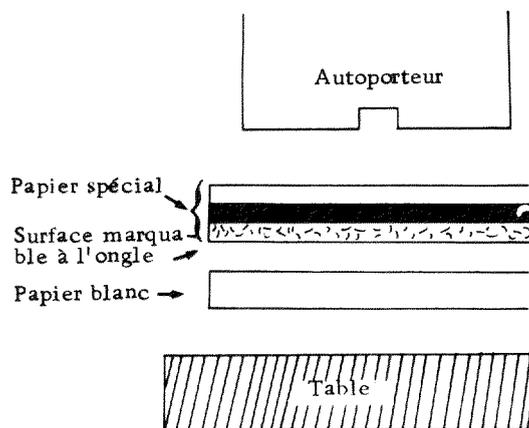
Dispositions possibles des feuilles :



Mouvement sur plan incliné



Positionnement le plus usuel : vous laissez la feuille de papier spécial sur la plaque de verre, et vous enregistrez une manipulation par feuille de papier ordinaire.



Positionnement utilisé lorsque la feuille de papier ordinaire est trop petite et gêne la manipulation (l'autoporteur "bute" sur le bord de la feuille)

## VIII. RECOMMANDATIONS

- Pour obtenir une précision optimale, à mieux de 5 %, les autoporteurs doivent avoir une vitesse de déplacement d'environ 50 cm/s. A l'enregistrement, ceci correspond à des intervalles de marquages d'environ 3 cm pour la position générateur : 60 ms.
- La masse des mobiles : autoporteurs + bagues + surcharges, doit être connue à 1 g près. Faites des pesées.
- Conservez une aire de déplacement propre : nettoyez fréquemment avec un chiffon imbibé d'alcool (désélectrisant).
- Evitez de poser les autoporteurs directement sur la table : vous risquez de rayer la semelle verre.
- Stockez le papier à plat, dans un endroit sec.



MANIPULATION n° 1

PRINCIPE D'INERTIE

ENREGISTREMENTS : n° 1 A et 1 B

I - BUT DE LA MANIPULATION

- Familiariser les élèves avec le matériel.
- Constater qu'un solide peut être en mouvement même s'il ne subit pas d'actions de la part du milieu extérieur, et que, dans ce cas, le mouvement est rectiligne et uniforme.

II - CONDITIONS EXPERIMENTALES

- Table parfaitement horizontale.
- Mettre d'abord un mobile en fonctionnement au centre de la table : il ne doit pratiquement pas bouger.
- Disposer sur la table une feuille d'enregistrement, relier les deux mobiles à la H.T. ; en disposer un à l'arrêt dans un angle de la feuille de papier (retour de la H.T.).
- Procéder à quelques lancements à la main, ou avec le lanceur, du mobile et enregistrer le déplacement grâce au dispositif à étincelage (enregistrement A)
- Placer la bague chocs mous avec une pointe sur un mobile et relier le 2ème fil de la H.T. à celle-ci. Lancer le mobile à la main avec une rotation. Enregistrer le déplacement (enregistrement B)

Résultats :

*Enregistrement A : (La pointe à étincelles centrale fonctionne seule)*

La trajectoire est rectiligne.

La distance correspondant à 7 intervalles de temps, soit 420 ms, est constante et égale à 270 mm.

La vitesse est donc :

$$V = 0,643 \text{ m/s}$$

*Enregistrement B : (une autre pointe à étincelles a été disposée à la périphérie du mobile).*

La trajectoire de la pointe centrale est rectiligne.

La distance correspondant à 7 intervalles de temps, soit 420 ms, est constante et égale à 222 mm.

La vitesse est donc :

$$V = 0,528 \text{ m/s}$$

La pointe située à l'extérieur décrit un mouvement circulaire uniforme.

III - INTERPRETATION DES EXPERIENCES :

1) *Notion de solide isolé :*

L'évacuation de l'air sous le mobile annule l'effet de l'attraction terrestre. Lorsque le mobile est posé sur la table horizontale, tout se passe donc comme s'il n'était soumis à aucune action : sur une table horizontale, un autoporteur se comporte comme un solide isolé.

2) *Notion de centre d'inertie :*

La pointe à étincelle n'a pas été disposée n'importe où sur la semelle de l'autoporteur, mais dans sa région centrale. Une autre pointe, disposée à l'extérieur du mobile, a un mouvement plus compliqué.

Remarque :

La pointe à étincelle est en fait la projection orthogonale du centre d'inertie.

3) *Loi de l'inertie :*

Lorsqu'un solide est isolé, son centre d'inertie  $I$  est animé d'un mouvement rectiligne et uniforme.

En général, le mouvement de translation de  $I$  est accompagné d'une rotation autour de  $I$ .

IV - PROLONGEMENTS POSSIBLES

1) *Lancement quelconque du mobile :*

Imposer avec la main un mouvement quelconque au mobile (translation et rotation) avant de le lâcher.

2) *Notion de vitesse instantanée :*

Modifier pendant le parcours la fréquence des étincelles.

Constater que  $\frac{\Delta x}{\Delta t}$  conserve la même valeur.

A la limite, on note :  $v = \frac{dx}{dt}$

3) *Diagrammes :*

Tracer les diagrammes  $t \rightarrow x$  et  $t \rightarrow v$

Choix des origines  $t = 0$  et  $x = 0$

Relier la valeur constante de  $v$  au coefficient directeur ( $x = vt$ )

4) *Influence du lanceur :*

- La vitesse est bien déterminée par le réglage du lanceur (à condition que le mobile soit stable au départ et le lâcher, franc.)
- En lançant un mobile sans surcharges à différents réglages (entre 4 et 10), montrer que la vitesse est sensiblement proportionnelle à l'allongement du ressort.
- Dans un réglage du lanceur (10), montrer que cette vitesse est inversement proportionnelle à  $\sqrt{M}$  (mobiles avec surcharges).

5) *Notion de repère galiléen.*

Communiquer un mouvement horizontal quelconque à la table (ou au papier tiré avec des pinces en bois.)

Constater que le mouvement rectiligne uniforme persiste par rapport à la salle de classe seulement.

Enregistrement n° : *1A*

Manipulation : *Principes d'inertie.*

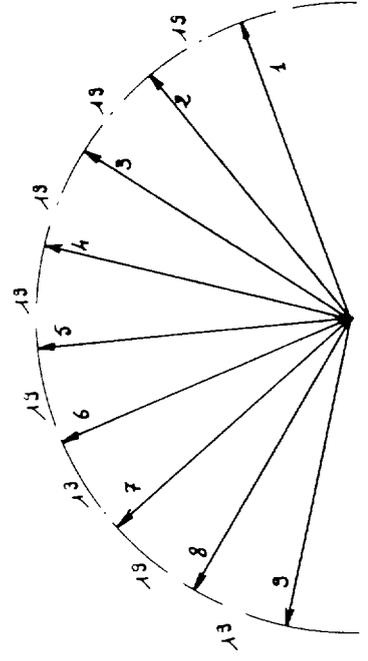
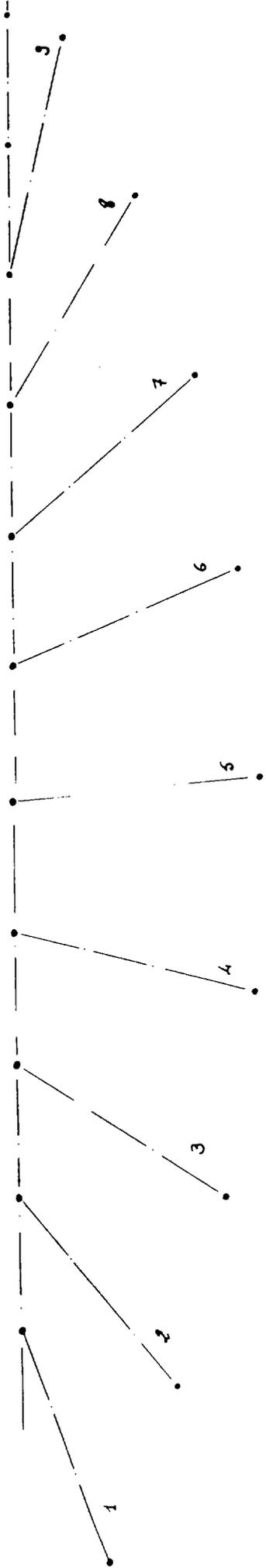
$\Delta t$  : *60 ms.*

$M$  : *640 g.*

Inclinaison de la table :

Echelle : *1/2*

*270 mm.*



Enregistrement n° : *1B (Reproduit partiellement)*

Manipulation : *Principes d'inertie*

$\Delta t$  : *60 ms.*

$M$  : *640 g.*

Inclinaison de la table :

Echelle : *1/2*



I - BUT DE LA MANIPULATION

Aborder les notions de vitesse et de vecteur vitesse instantanés.

II - CONDITIONS EXPERIMENTALES

1) Pour l'obtention d'un mouvement rectiligne varié :

- plan incliné sans vitesse initiale (document 2 A)
- traction du mobile (accéléromètre)
- action d'un ressort ou d'un fil élastique.

2) Pour l'obtention d'un mouvement curviligne varié :

Mêmes dispositifs, en lançant le mobile avec une vitesse initiale non colinéaire aux précédentes (document 2 B)

III - EXPLOITATION DES DOCUMENTS

1) Mouvements rectilignes :

- numéroté les points



Première méthode :

- Déterminer les vecteurs vitesses moyennes successifs

$$\vec{V}_{10} = \frac{\overrightarrow{A_0 A_{10}}}{10 \Delta t}, \vec{V}_9 = \frac{\overrightarrow{A_0 A_9}}{9 \Delta t} \dots \vec{V}_1 = \frac{\overrightarrow{A_0 A_1}}{\Delta t}$$

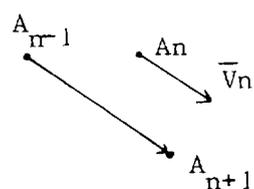
et constater qu'ils tendent vers une limite.

Seconde méthode :

Etudier les vecteurs  $\frac{\overrightarrow{A_0 A_{10}}}{10 \Delta t}, \frac{\overrightarrow{A_1 A_9}}{8 \Delta t}, \frac{\overrightarrow{A_2 A_8}}{6 \Delta t} \dots \frac{\overrightarrow{A_4 A_6}}{2 \Delta t} = \vec{V}_5$  qui sont sensiblement

égaux si le mouvement est uniformément varié.

2) Mouvements curvilignes :



De même  $\vec{V}_n = \frac{\overrightarrow{A_{n-1} A_{n+1}}}{2 \Delta t}$  est le vecteur vitesse du point  $A_n$

si le mouvement est uniformément varié. Lorsque le mouvement est varié, les intervalles de temps entre deux étincelles (60, 40 ou 20 ms) sont assez courts pour que l'on puisse considérer encore

que  $\vec{V}_n \approx \frac{\overrightarrow{A_{n-1} A_{n+1}}}{2 \Delta t}$

IV - EXEMPLES

Enregistrement n° 2 A.

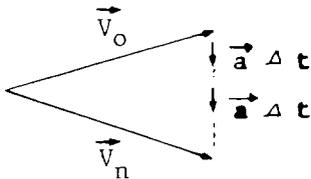
2ème méthode

$\Delta t = 60 \text{ ms}$

$A_0 A_{10} \text{ mm}$	222	$\frac{A_0 A_{10}}{10 \Delta t}$	0,370
$A_1 A_9 \text{ mm}$	178	$\frac{A_1 A_9}{8 \Delta t}$	0,370
$A_2 A_8 \text{ mm}$	133,5	$\frac{A_2 A_8}{6 \Delta t}$	0,370
$A_3 A_7 \text{ mm}$	89	$\frac{A_3 A_7}{4 \Delta t}$	0,370
$A_4 A_6 \text{ mm}$	44,5	$\frac{A_4 A_6}{2 \Delta t}$	0,370

V - PROLONGEMENTS POSSIBLES

1) Tracé de l'hodographe du mouvement



Dans le cas du mouvement parabolique, on aboutit à

$$\vec{V}_n = \vec{V}_0 + n \vec{a} \Delta t \quad (\text{document 2 B})$$

Dans le cas du mouvement circulaire, l'hodographe est un cercle.

2) Etude du vecteur accélération  $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t}$

-  $\frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t}$  est un vecteur constant pour le mouvement parabolique.

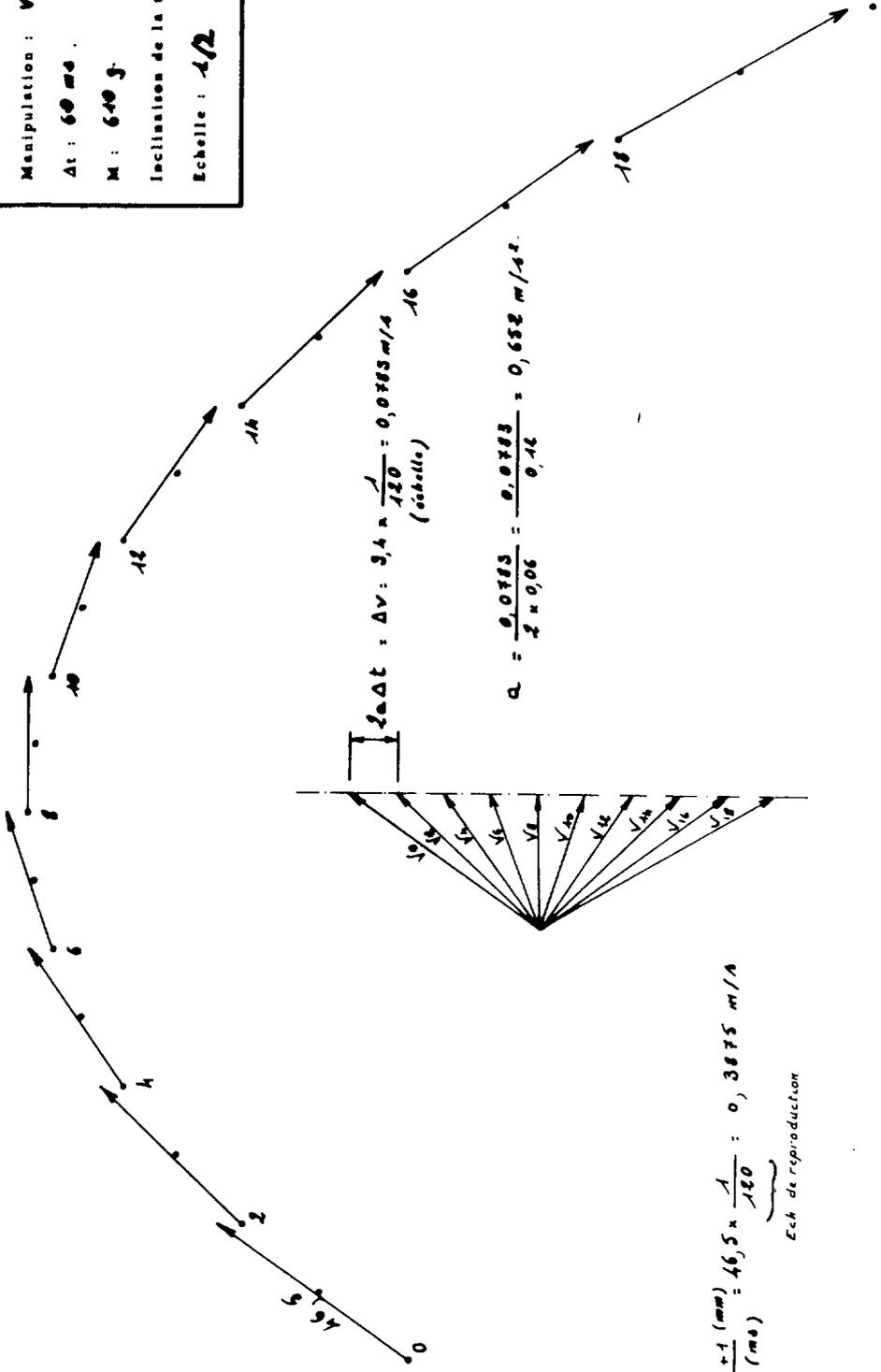
- L'étude de l'hodographe du mouvement circulaire uniforme conduit à la valeur  $a_n = \frac{v^2}{R}$  de l'accélération normale.

-  $\vec{a}$  pointe toujours "vers l'intérieur" de la trajectoire pour un mouvement curviligne quelconque.

3) Nature du mouvement.

- Etude du signe du produit scalaire  $\vec{V} \cdot \vec{a}$  (ou de l'écart angulaire entre les vecteurs  $\vec{V}$  et  $\vec{a}$ ).

Enregistrement n° : 20  
 Manipulation : Vecteur vitesse  
 Δt : 60 ms  
 M : 640 g  
 Inclinaison de la table : 4 calées  
 Echelle : 1/2



Enregistrement n° : 21  
 Manipulation : Vecteur vitesse  
 Δt : 60 ms  
 M : 640 g  
 Inclinaison de la table : 3 calées  
 Echelle : 1/2



Exemples :

**Enregistrement 2 B : mouvement parabolique**

- La construction montre bien que le vecteur  $\vec{a}$  est un vecteur constant.
- La table possède 4 cales pour l'inclinaison, soit :

$$\sin \alpha = \frac{40}{610} = 0,0655$$

d'où la détermination de  $a$  théorique.

$$a = g \sin \alpha \Rightarrow a = 0,643 \text{ m/s}^2$$

D'après la construction 2 B :

$$2 a \Delta t = 0,0783 \text{ m/s}$$

d'où :

$$a = \frac{0,0783}{0,12} = 0,652 \text{ m/s}^2$$

La valeur expérimentale correspond à 1,3 % à la valeur théorique

**Enregistrement 2 C : mouvement circulaire uniforme avec poursuite tangentielle .**

Condition : 1 plot avec axe vertical placé au centre de la table. Lancer le mobile lié à l'axe par un fil fin et couper (ou brûler) le fil après enregistrement sur un tour, tout en continuant d'enregistrer le mouvement.

Résultats :

V en m/s

$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$		$v_x$	$v_{x+1}$		$v_y$	$v_{y+1}$
0,506	0,506	0,506	0,506		0,506	0,506		0,506	0,506

V est donc constant.

Poursuite tangentielle

Poursuite tangentielle du mouvement à la même vitesse linéaire.

L'hodographe du mouvement circulaire uniforme est un cercle.

$$a \Delta t = 0,065 \text{ m/s}$$

$$\text{or } \Delta t = 40 \text{ ms}$$

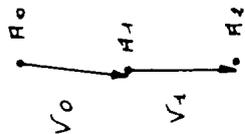
soit

$$a \text{ expérimental} = 1,625 \text{ m/s}^2$$

$$\text{or } a \text{ théorique} = \frac{v^2}{R} = \frac{(0,506)^2}{0,155}$$

$$a \text{ théorique} = 1,652 \text{ m/s}^2$$

La valeur expérimentale correspond à 1,5 % à la valeur théorique.

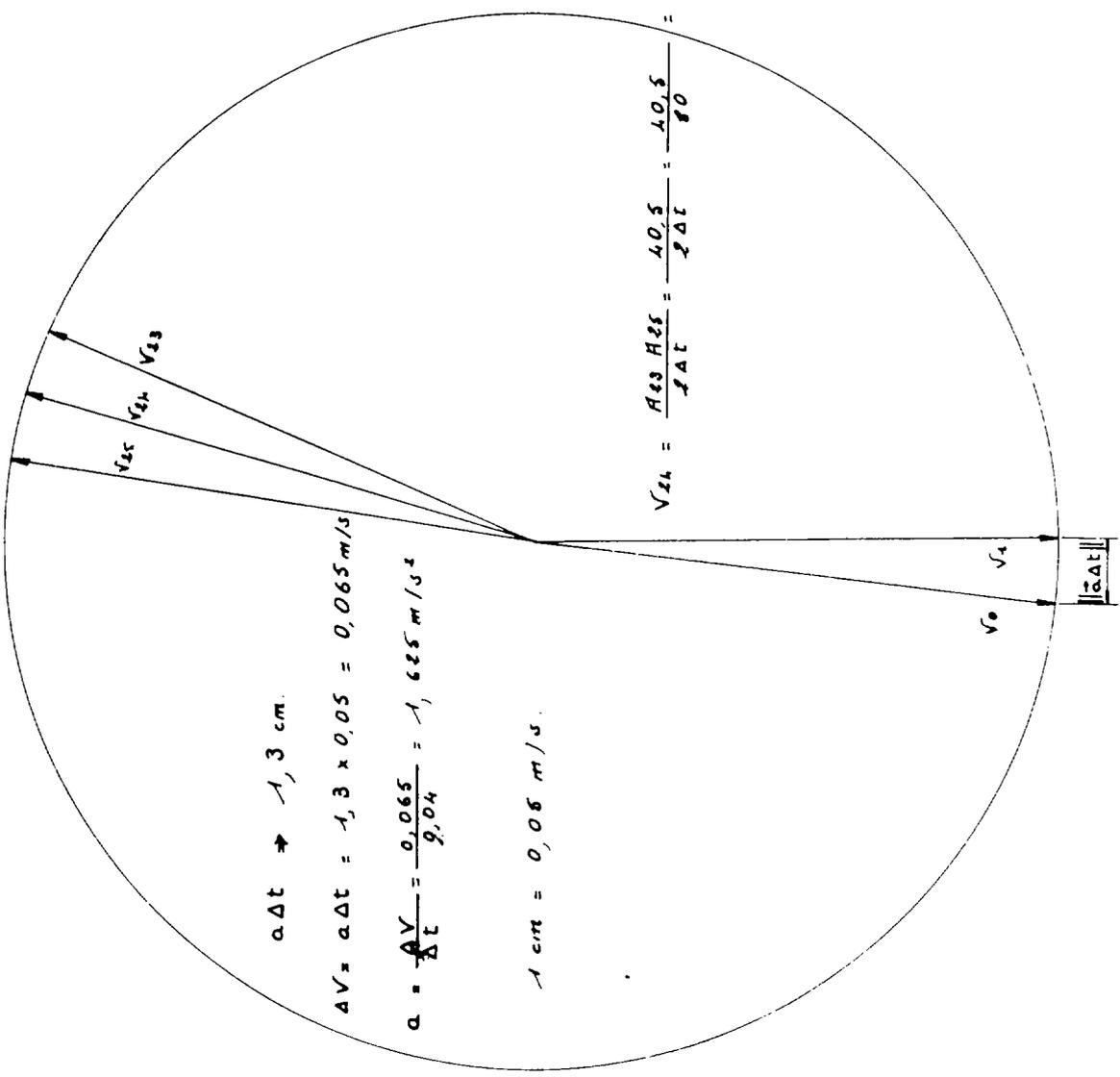


$$a \Delta t \Rightarrow 1,3 \text{ cm.}$$

$$\Delta V = a \Delta t = 1,3 \times 0,05 = 0,065 \text{ m/s}$$

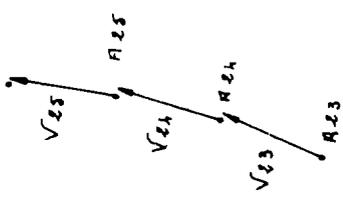
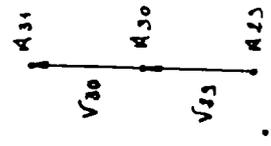
$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{0,065}{0,04} = 1,625 \text{ m/s}^2$$

$$1 \text{ cm} = 0,05 \text{ m/s}$$



$$V_{24} = \frac{A_{23} A_{25}}{\Delta t} = \frac{40,5}{0,04} = 1012,5 \text{ m/s}$$

$$V_{25} = \frac{A_{23} A_{25}}{\Delta t} = \frac{40,5}{80} = 0,506 \text{ m/s}$$



Enregistrement n° : 8C (Reproduit partiel)  
 Manipulation : Vecteurs vitesse  
 Δt : 40 ms  
 M : 640 g  
 Inclinaison de la table :  
 Echelle : 1/2



ENREGISTREMENTS : n° 3

I - BUT DE LA MANIPULATION

Vérifier (ou aboutir à) la relation  $m_1 \vec{II}_1 + m_2 \vec{II}_2 = \vec{0}$

II - CONDITIONS EXPERIMENTALES

- Enregistrer le mouvement du centre d'inertie des 2 mobiles rigidement liés, la table étant parfaitement horizontale.
- Différentes autres manipulations peuvent être réalisées

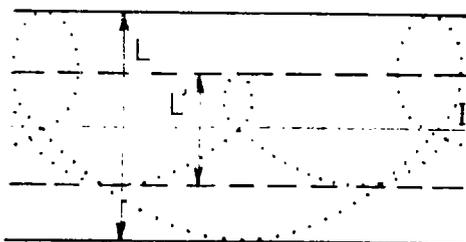
III - MODE OPERATOIRE1) *Assemblage de deux mobiles identiques*

Lancer les deux mobiles assemblés en leur communiquant des mouvements de translation et rotation simultanés.

Vérifier que le milieu des deux centres d'inertie est animé d'un mouvement rectiligne uniforme.

2) *Assemblage de deux mobiles différents*

Lancer les deux mobiles assemblés comme précédemment.



Les deux trajectoires des centres d'inertie sont inscrites entre deux bandes rectangulaires parallèles.

La trajectoire du centre d'inertie est au milieu des deux bandes.

Si l'on a posé que, par définition, le rapport des masses est égal au rapport des largeurs des bandes :

$$\frac{M}{M'} = \frac{L'}{L}$$

IV - PROLONGEMENTS POSSIBLES1) *Détermination qualitative de la position du centre d'inertie.*

Poser une feuille de papier journal à plat sur les deux mobiles assemblés (ne pas utiliser les fils H.T.)

Faire tourner les deux mobiles assez rapidement sur eux mêmes. On repère aisément la lettre immobile du journal.

2) *Quantité de mouvement d'un système*

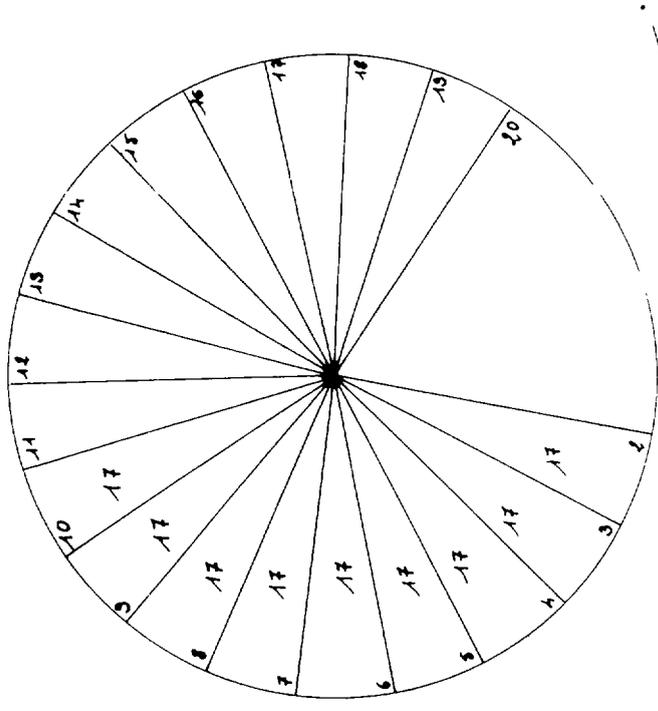
Vérifier que  $m_1 \vec{V}_1 + m_2 \vec{V}_2 = (m_1 + m_2) \vec{V}_I$

V - EXEMPLE

Enregistrement 3 :

Le milieu du centre d'inertie des mobiles A et B de même masse est bien animé d'un mouvement rectiligne et uniforme.

Enregistrement n° : 3  
 Manipulation : Position du centre d'inertie  
 $\Delta t$  : 1/20 ms  
 M A = B = 610 g  
 Inclinaison de la table :  
 Echelle : 1/2



Trajet du centre d'inertie  
du mobile B

Trajet du centre d'inertie  
de l'ensemble

Ensemble de 2 mobiles rigidement liés  
lancé avec rotation

0  
 1  
 2  
 3  
 4  
 5  
 6  
 7  
 8  
 9  
 10  
 11  
 12  
 13  
 14  
 15  
 16  
 17  
 18  
 19  
 20

I - BUT DE LA MANIPULATION

Vérifier ( ou découvrir) la loi de conservation de la quantité de mouvement.

II - CONDITIONS EXPERIMENTALES

- Table parfaitement horizontale.
- Monter les bagues à ressorts sur les mobiles
- Fixer deux lanceurs sur les bords de la table.
- Faire quelques essais pour bien synchroniser les lancements, avant l'enregistrement ; l'angle de la trajectoire des mobiles avant le choc étant d'environ 90°.
- Pour une bonne conservation de l'énergie cinétique, ne pas faire de choc trop violent.
- Pour repérer les points synchrones, interrompre l'enregistrement pendant un très bref instant.

III - EXPLOITATION DES DOCUMENTS

Enregistrement n° 4 A

- période d'étincelage : 60 ms
- masse des mobiles :  $m_A = 1,340 \text{ kg}$   
 $m_B = 0,670 \text{ kg}$

Avant le choc		Après le choc
$m_A v_A = 1,340 \times \frac{145}{240} = 0,809$		$m_A v'_A = 1,340 \times \frac{137}{240} = 0,765$
$m_B v_B = 0,670 \times \frac{148}{240} = 0,415$		$m_B v'_B = 0,670 \times \frac{153}{240} = 0,427$

La construction vectorielle montre que les 2 vecteurs :

$$\vec{p} = m_A \vec{v}_A + m_B \vec{v}_B \quad (\text{avant le choc})$$

$$\vec{p}' = m_A \vec{v}'_A + m_B \vec{v}'_B \quad (\text{après le choc})$$

sont égaux.

IV - PROLONGEMENTS POSSIBLES

## 1) Introduction du concept de masse

Construire pour chacun des mobiles le vecteur vitesse :

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{v} \text{ avec le choc} \\ \vec{v}' \text{ après le choc} \end{array} \right.$$

et la variation de vitesse produite soit  $\Delta \vec{V} = \vec{V}' - \vec{V}$

Exemple : enregistrement n° 4

Avant le choc				Après le choc		
mobile	x mm	$\Delta t$ ms	V m/s	x mm	$\Delta t$ mm	V' m/s
$m_A$	145	240	0,604	137	240	0,571
$m_B$	148	240	0,617	153	240	0,637

La construction vectorielle montre que  $\Delta \vec{V}_A$  et  $\Delta \vec{V}_B$  sont parallèles et de sens contraire.

Le rapport de leurs valeurs est constant.

$$\left| \frac{\Delta \vec{V}_A}{\Delta \vec{V}_B} \right| = \frac{0,355}{0,71} = 0,5 \quad \text{et} \quad \frac{m_B}{m_A} = \frac{1,340}{0,670} = 0,5$$

$$\left| \frac{\Delta \vec{V}_A}{\Delta \vec{V}_B} \right| = \frac{m_B}{m_A}$$

## 2) Etude du mouvement projeté sur une droite

Vérifier que la loi de la conservation de la quantité de mouvement est vérifiée en projection sur toute droite quelconque.

## 3) Etude du mouvement du centre d'inertie de 2 mobiles

a - repérer les points synchrones en suspendant pendant un bref intervalle de temps, l'émission des étincelles (enregistrement n° 4)

Repérer la position du centre d'inertie de l'ensemble à chaque instant. Constater qu'il décrit un mouvement rectiligne uniforme.

Exemple : (n° 4)

A chaque instant :

$$\frac{\overline{I I_A}}{\overline{I I_B}} = \left\| - \frac{m_B}{m_A} \right\| = - \frac{0,670}{1,340} = - 0,5$$

La trajectoire obtenue est une droite et la vitesse obtenue est :

$$\frac{32}{60} < v < \frac{33}{60}$$

$0,533 < v < 0,550 \quad \text{m/s}$
--------------------------------------

b - Vérifier qu'un point quelconque partageant le segment joignant les 2 mobiles dans un rapport différent du rapport des masses, n'est pas animé d'un mouvement rectiligne et uniforme (remarquer en particulier la brusque déviation à l'instant du choc).

## 4) Interaction magnétique :

Toutes les vérifications précédentes peuvent être faites en remplaçant la bague à ressort par des bagues à aimants (attention ! ne pas utiliser les surcharges)



5) Conservation de l'énergie cinétique.

En veillant bien à ne pas provoquer de chocs trop violents (ressorts écrasés), on peut vérifier la conservation de l'énergie cinétique avec une précision meilleure que 5 %.

Exemple 4 :

Avant le choc		Après le choc	
$m_A v_A^2 = 1,340 \times \left[ \frac{145}{240} \right]^2 = 0,489$		$m_A v_A'^2 = 1,340 \times \left[ \frac{137}{240} \right]^2 = 0,437$	
$m_B v_B^2 = 0,670 \times \left[ \frac{148}{240} \right]^2 = 0,254$		$m_B v_B'^2 = 0,670 \times \left[ \frac{153}{240} \right]^2 = 0,272$	
$\Sigma m v^2 = 0,743 \text{ kg. m/s}$		$\Sigma m v'^2 = 0,709 \text{ kg. m/s}$	

La conservation de l'énergie cinétique est vérifiée avec une précision de 4,7 %

Remarque :

Une partie de l'énergie cinétique disparue est probablement apparue sous forme d'énergie cinétique de rotation des mobiles.

MANIPULATION n° 5

ENREGISTREMENT n° 5

## INTERACTION INELASTIQUE

### I BUT DE LA MANIPULATION

Vérifier la loi de conservation de la quantité de mouvement lorsque l'objet formé est différent des objets initiaux.

### II CONDITIONS EXPERIMENTALES

- Table parfaitement horizontale
- Mobiles équipés des bagues pour chocs mous
- Lancer les 2 mobiles, l'un contre l'autre, avec une vitesse faible, légèrement de côté.

La manipulation peut éventuellement être réalisée avec des mobiles de masses différentes

### III EXPLOITATION DES DOCUMENTS (enregistrement n° 5)

La détermination des quantités de mouvement avant et après le choc, ainsi que la construction vectorielle montrent qu'il y a conservation de la quantité de mouvement avec une précision meilleure que 5 %.

### IV PROLONGEMENTS POSSIBLES

#### 1) *Mouvement du centre d'inertie*

Rectiligne et uniforme

#### 2) *Les variations de quantité de mouvement sont opposées lors de l'interaction*

Cela peut servir à définir le rapport des masses.

#### 3) *Détermination dynamique d'une masse (ordre de grandeur : 500 g)*

Fixer l'objet dont on cherche la masse  $m'$  sur l'un des deux mobiles autoporteurs (de même masse  $m$ ).

Déterminer les vecteurs vitesses  $\vec{V}$  du mobile lancé et  $\vec{V}'_I$  du centre d'inertie du système formé.

Déterminer  $m'$  à partir de  $m\vec{V} - 2m\vec{V}'_I = m'V'_I$

$$|\vec{P}_{O3}| = 0,681 \times \frac{44}{120} = 0,249 \text{ Kg.m/s}$$

$$|\vec{P}_{A3}| = 0,681 \times \frac{84,5}{120} = 0,483 \text{ Kg.m/s}$$



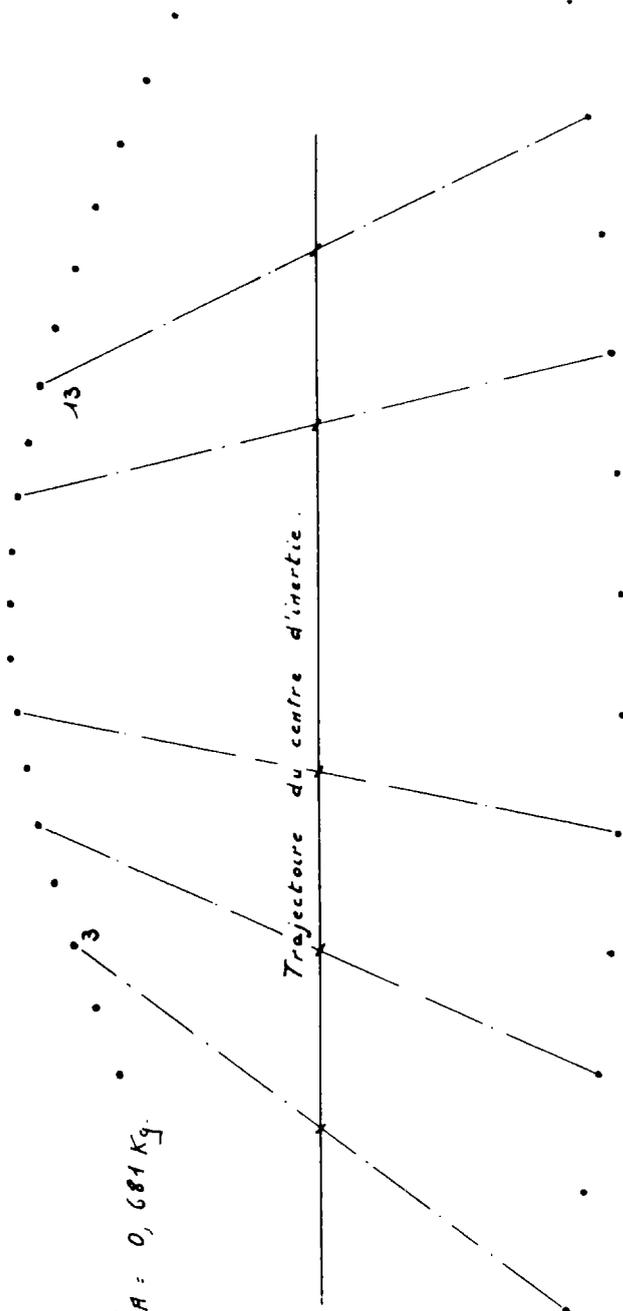
$$|\vec{P}_{A13}| = 0,681 \times \frac{88}{120} = 0,494 \text{ Kg.m/s}$$

$$|\vec{P}_{B13}| = 0,681 \times \frac{44}{120} = 0,249 \text{ Kg.m/s}$$

$$M_A = 0,681 \text{ Kg}$$

$$M_B = 0,681 \text{ Kg}$$

$$|\vec{P}| = |\vec{P}_0| = 0,681 \times \frac{67}{120} = 0,380 \text{ Kg.m/s}$$



Enregistrement n° : 5 (reproduct. partielle)  
 Manipulation : Interaction inélastique  
 Δt : 60 ms  
 M : M<sub>A</sub> = M<sub>B</sub> = 0,681 Kg.  
 Inclinaison de la table :  
 Echelle : 1/2 - Vecteurs : 10 cm ≈ 0,88 Kg.m/s

MANIPULATION n° 6

INTERACTION PAR FIL ELASTIQUE

ENREGISTREMENT n° 6

### I BUT DE LA MANIPULATION

Montrer la généralité de la loi de conservation de la quantité de mouvement.

### II CONDITIONS EXPERIMENTALES

Utiliser 2 mobiles, avec ou sans surcharges munis d'une bague à ressort ou à aimants. Les relier par un élastique sur l'axe central des mobiles

En les lançant à la main, on obtient plusieurs éloignements et rapprochements.

Veiller enfin à ce que les chocs ne soient pas trop violents.

### III EXPLOITATION DES DOCUMENTS (n° 6)

$m_A = 0,700 \text{ kg}$  ;  $m_B = 1,400 \text{ kg}$  ;  $\Delta t = 60 \text{ ms}$

Les constructions vectorielles montrent qu'il y a conservation de la quantité de mouvement ( $\|\vec{p}\| = \text{cte}$  à 4 % près et  $\vec{p}$  parallèles à quelques degrés près)

La direction du vecteur  $\vec{p}$  est celle de la droite suivie par le centre d'inertie de l'ensemble.

### IV PROLONGEMENTS POSSIBLES

1) *Variation des quantités de mouvement de chaque mobile.*

Vérifier qu'elles sont opposées à tout instant (interaction réciproque).

$$\Delta \vec{p}_A + \Delta \vec{p}_B = \vec{0}$$

2) *Variations de l'énergie cinétique du système :*

L'énergie cinétique diminue lorsque les mobiles s'écartent et augmente lorsqu'ils se rapprochent, c'est à dire lorsque l'énergie potentielle élastique varie dans le sens opposé.

La conservation de l'énergie mécanique est médiocrement vérifiée par suite des phénomènes d'hystérésis dans le fil élastique.

(Exemple : enregistrement n° 6)

Energie Cinétique :

$E_{CA} = \frac{1}{2} \cdot 0,7 \cdot \left(\frac{1}{6}\right)^2 = \frac{7}{720} l^2$ ( l = intervalle de 2 points consécutifs en cm)		$E_{CB} = \frac{1}{2} \cdot 1,4 \cdot \left(\frac{1}{6}\right)^2 = \frac{14}{720} l^2$		Energie cinétique totale
$l_3 = 2,45 \text{ cm}$	$E_{CA_3} = 58 \cdot 10^{-3} \text{ J} = 58 \text{ m J}$	$l_3 = 2$	$E_{CB_3} = 78 \text{ m J}$	136 m J
$l_7 = 3,3 \text{ cm}$	$E_{CA_7} = 106 \text{ m J}$	$l_7 = 2,6$	$E_{CB_7} = 101,5 \text{ m J}$	207,5 m J
$l_{10} = 3,5 \text{ cm}$	$E_{CA_{10}} = 119,5 \text{ m J}$	$l_{10} = 2,95$	$E_{CB_{10}} = 103 \text{ m J}$	222,5 m J
$l_{12} = 4$	$E_{CA_{12}} = 156 \text{ m J}$	$l_{12} = 1,9$	$E_{CB_{12}} = 70 \text{ m J}$	226 m J
$l_{16} = 3,4$	$E_{CA_{16}} = 112 \text{ m J}$	$l_{16} = 1,9$	$E_{CB_{16}} = 70 \text{ m J}$	182 m J
$l_{21} = 2,1$	$E_{CA_{21}} = 43 \text{ m J}$	$l_{21} = 2,15$	$E_{CB_{21}} = 90 \text{ m J}$	133 m J

- L'énergie cinétique varie pendant l'interaction (au contraire de la quantité de mouvement).
- Elle est minimale lorsque le fil présente l'allongement maximal.
- L'élastique tendu emmagasine de l'énergie (potentielle élastique).

Enregistrement : 6

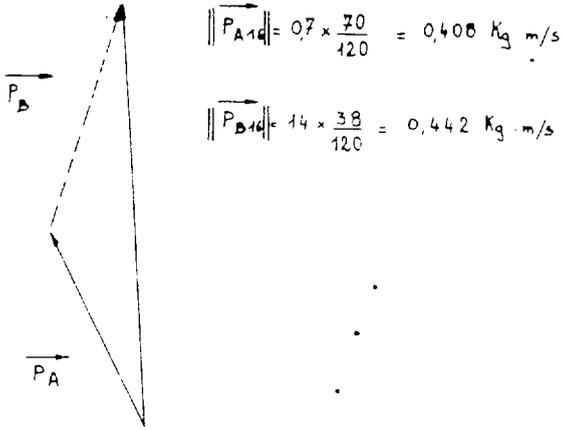
Multiplicateur : Interaction par fil élastique

$v = 60 \text{ m/s}$

M : A : 0,7 Kg    B : 1,4 Kg

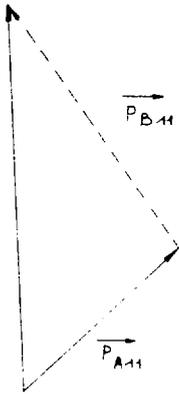
Distance de recul :

$l = 1/4$



$$\|\vec{P}_{A10}\| = 0,7 \times \frac{70}{120} = 0,408 \text{ Kg} \cdot \text{m/s}$$

$$\|\vec{P}_{B10}\| = 1,4 \times \frac{38}{120} = 0,442 \text{ Kg} \cdot \text{m/s}$$



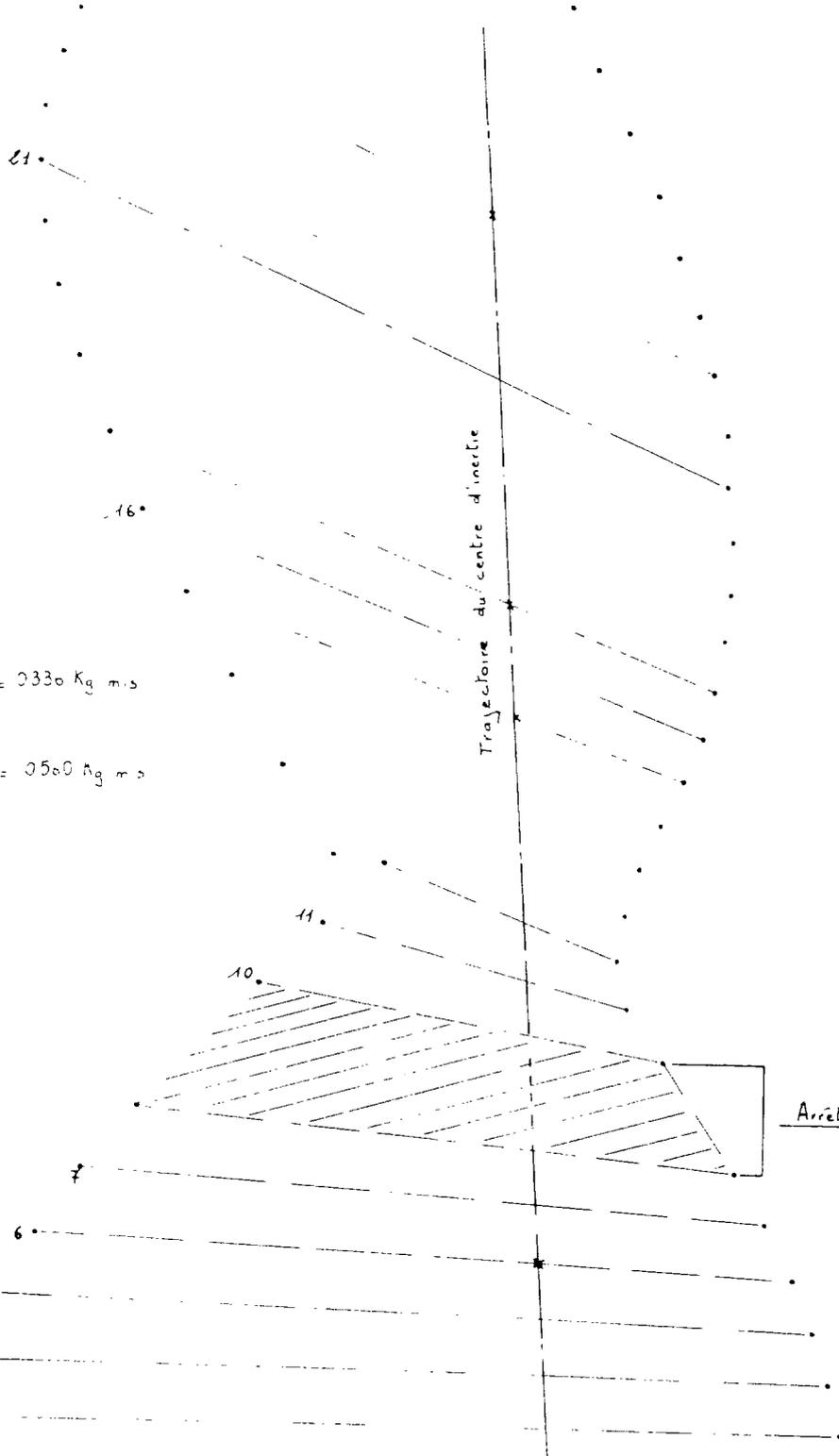
$$\|\vec{P}_{A11}\| = 0,7 \times \frac{68}{120} = 0,390 \text{ Kg} \cdot \text{m/s}$$

$$\|\vec{P}_{B11}\| = 1,4 \times \frac{38}{120} = 0,560 \text{ Kg} \cdot \text{m/s}$$



$$\|\vec{P}_{A6}\| = 0,7 \times \frac{60}{120} = 0,350 \text{ Kg} \cdot \text{m/s}$$

$$\|\vec{P}_{B6}\| = 1,4 \times \frac{36}{120} = 0,536 \text{ Kg} \cdot \text{m/s}$$





I BUT DE LA MANIPULATION

- Introduire (ou étudier) le concept de force à propos de l'étude du plan incliné.

II CONDITIONS EXPERIMENTALES

Table inclinée à l'aide des cales

$\Delta t$  (enregistrement) = 60 ms

Lâcher le mobile à l'aide d'un lanceur dans une direction approximativement orthogonale à la plus grande pente, et enregistrer son déplacement.

Procéder à deux lancements du même mobile avec 2 inclinaisons différentes.

III EXPLOITATION DES DOCUMENTS

1) Montrer que la quantité de mouvement du solide varie plus rapidement lorsque l'inclinaison du plan augmente.

2) Déterminer à partir du document la force  $\vec{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t}$  associée aux diverses actions subies par le mobile sur le plan incliné.

Pour une inclinaison donnée, la force est un vecteur constant dirigé suivant la ligne de plus grande pente.

3) Exemple : enregistrement n° 7

En repérant les points comme suit :

A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	...	A <sub>10</sub>	→	pour la trajectoire avec pente la plus faible.
B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	...	B <sub>10</sub>	→	pour la trajectoire avec pente la plus forte

Nous avons vu (manipulation n° 2) que le vecteur vitesse instantanée en chacun des points est :

$$\vec{v}_n \approx \frac{A_{n-1} A_{n+1}}{2 \Delta t}$$

Si  $d_n = A_{n-1} A_{n+1} \implies v_n \approx \frac{d_n}{2\Delta t}$

et  $p_n \approx M \frac{d_n}{2\Delta t}$

M = 0,615 kg ;  $\Delta t = 60$  ms

a/ variation de la quantité de mouvement :

t = 0 = lers points enregistrés sur le document

$t_{ms}$	60	120	180	240	300	360	420	480
$d_{mm}$	50,5	52	53	54	56	58,5	60	62
$p_{nA}$ kg.m/s	0,259	0,266	0,272	0,277	0,287	0,300	0,308	0,318
$p_{nB}$	53,5	58,5	64	68	74	80	86	91
$p_{nB}$ kg.m/s	0,274	0,300	0,328	0,348	0,379	0,410	0,441	0,466

Le diagramme temps-quantité de mouvement  $t \rightarrow p$  (manip. 8) montre que la quantité de mouvement varie plus rapidement lorsque l'inclinaison du plan augmente.

Il montre que la quantité de mouvement est une fonction affine du temps.

b/ Force associée aux actions subies par le mobile :

Sur le graphe p. 28 pour le mobile **B** la quantité de mouvement varie de  $\Delta p = 0,222$  kg.m/s pendant un intervalle de 480 s.

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

Elle vaut  $F = 0,463$  N

Sa valeur théorique est  $F = mg \sin \alpha = 0,615 \times 9,81 \times \frac{50}{610} = 0,494$  N

#### IV PROLONGEMENTS POSSIBLES

1) *Influence de l'inclinaison sur la valeur de la force*

Vérifier que  $\frac{F}{\sin \alpha} = \text{Cte} (= mg)$

2) *Composition dynamique des forces*

Si l'on admet que la force précédemment déterminée résulte du poids  $\vec{p}$  et de la réaction  $\vec{R}$  du plan incliné, vérifier que  $\vec{R} = \vec{F} - \vec{p}$  est orthogonale au plan incliné.

3) *Comparaison des mouvements de 2 mobiles*

a/ Vérifier la non-influence de la masse sur les mouvements

b/ Vérifier que les mouvements projetés orthogonalement et horizontalement sur une ligne de plus grande pente, sont tous deux uniformément accélérés (avec la même accélération indépendante de la masse).

c/ Vérifier que les mouvements projetés orthogonalement sur une perpendiculaire à la précédente, sont uniformes.

d/ Lâcher l'un des mobiles sans élan et, simultanément, lancer un mobile avec une vitesse initiale perpendiculaire à une ligne de plus grande pente (les conditions initiales sont expérimentalement délicates à réaliser pour que les points s'inscrivent au même niveau sur la droite et sur la parabole.

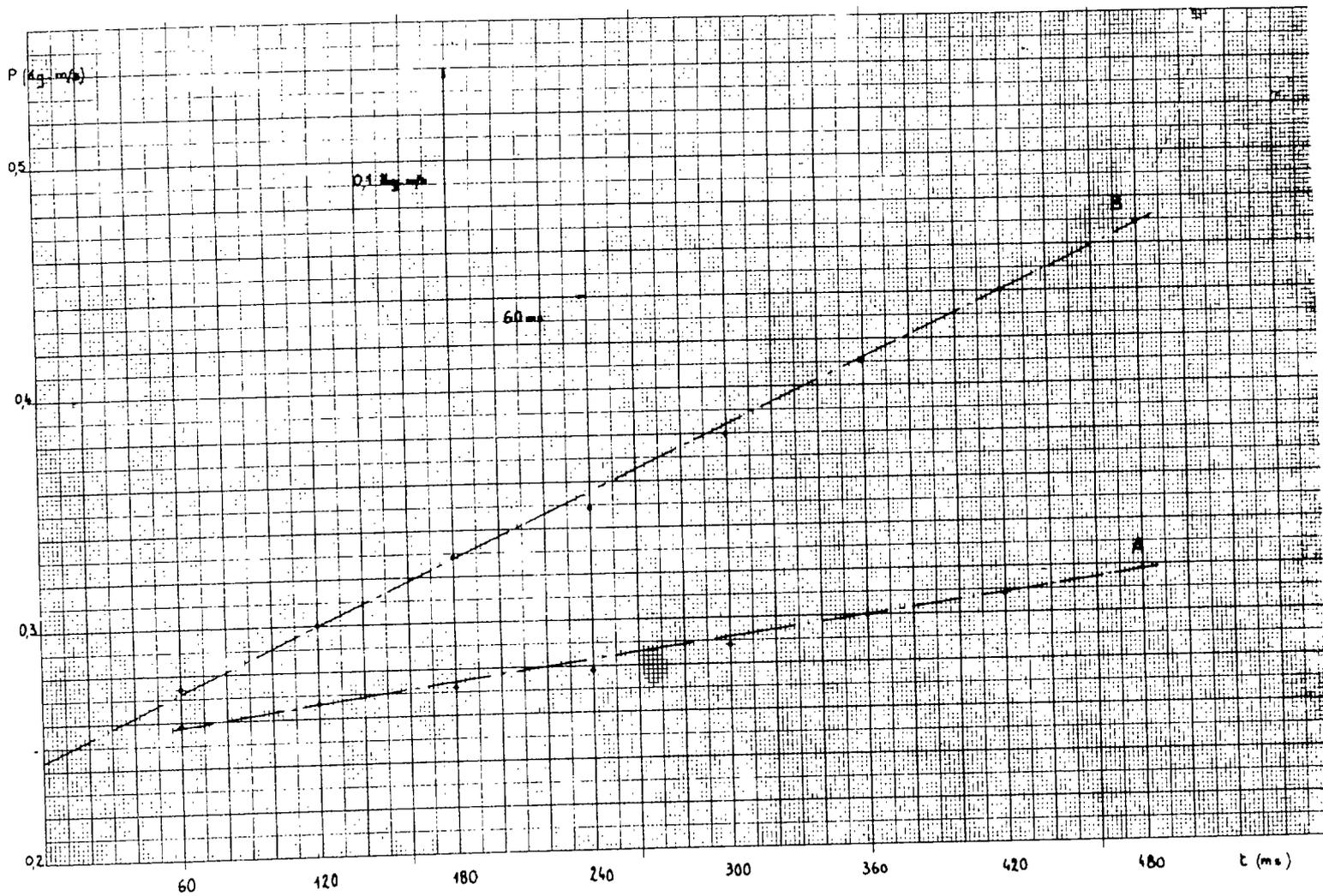
4) *Interaction sur la table inclinée*

Etudier une interaction (élastique ou inélastique) sur la table.

lancement 4 N

Exercice n° 7  
 Force associée aux actions  
 Manipulation  
 3: 60 ms.  
 M: 615 J  
 Inclinaison de la table: A; Escal. B. Scale  
 Echelle: 1/2





a/ quantité de mouvement juste avant = quantité de mouvement juste après

b/ mouvement parabolique du centre d'inertie du système

### 5) Pendule de Mach

Attacher le mobile à un fil et étudier ses oscillations.

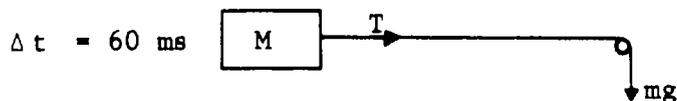
Déplacer la feuille d'enregistrement pour chaque inclinaison étudiée.

I BUT DE LA MANIPULATION

Etudier la force associée à l'action d'un fil tractant un mobile.

II CONDITIONS EXPERIMENTALES

- Table horizontale
- Montage réalisé comme indiqué fig. 14
- $M = 615 \text{ g}$   $m$  (traction) =  $30 \text{ g}$

III EXPLOITATION DES DOCUMENTS (document n° 8 ; trajectoire 1)

- Déterminer  $\vec{T} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$  à partir du document.
- Vérifier que  $T < mg$

a/ Détermination de  $\vec{T}$

- procéder comme pour la manipulation n° 7  $v_n = \frac{A_{n-1} - A_{n+1}}{120} = \frac{d_n}{120 \text{ ms}}$

t	0	60	120	160	240	300	360	420	480	540	600	660	720
$d_{n \text{ mm}}$		9	11,5	15	18,5	21	24	27,5	30,5	34	36,5	39	42
$v_{n \text{ m/s}}$		0,075	0,096	0,125	0,154	0,175	0,200	0,229	0,254	0,283	0,304	0,325	0,350
$\Delta v_n$ m		0,021	0,029	0,029	0,021	0,025	0,029	0,025	0,021	0,021	0,021	0,025	

La moyenne des variations de vitesse est d'environ  $0,024 \text{ m/s}$  en  $60 \text{ ms}$ .

$$\text{La tension } T \text{ est } \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{M \Delta v}{\Delta t} = 0,615 \times \frac{0,024}{0,06} = 0,246 \text{ N}$$

$$\text{Or, } mg = 0,030 \times 9,81 = 0,294$$

IV PROLONGEMENTS POSSIBLES

1) Mouvement d'un système à masse entraînée constante

Modifier  $mg$ . Etude graphique  $m \rightarrow T$  (montrant la non-proportionnalité de  $T$  à  $m$ ).

2) Mouvement d'un système à masse totale constante

Disposer les surcharges soit sur le mobile, soit sur la masse motrice en maintenant la masse totale en mouvement constant

Enregistrer plusieurs mouvements et tirer l'accélération  $a$  des graphes  $t \rightarrow V$   
La comparer à l'accélération théorique.

### 3) Théorème de l'énergie cinétique

Déterminer l'augmentation de l'énergie cinétique  $\Delta E_c = \frac{1}{2} (M + m) (V^2 - v^2)$   
entre deux instants.

Comparer au travail de pesanteur  $m g h$

### 4) Conservation de l'énergie

Faire tomber  $m$  sur un support lorsque  $M$  a accompli plus de la moitié de son trajet (hauteur de chute  $h$ )

Déterminer :

- l'énergie cinétique du système  $\frac{1}{2} (M + m) V^2$  avant dépôt sur le support ;

$\frac{1}{2} M V_M^2$  après : (elle reste constante).

- l'énergie potentielle  $mg (h - z)$  où la cote  $z$  du mobile se détermine à partir des positions de  $M$  sur le document.

- Comparer :

$$\frac{1}{2} (M+m) V^2 + mg (h - z) \text{ à } \frac{1}{2} M V_M^2$$

Trajectoire n° 1

$$\vec{F}_1 = \frac{\Delta P_1}{\Delta t}$$

Traction par fil passant par une poulie - charge : 30g

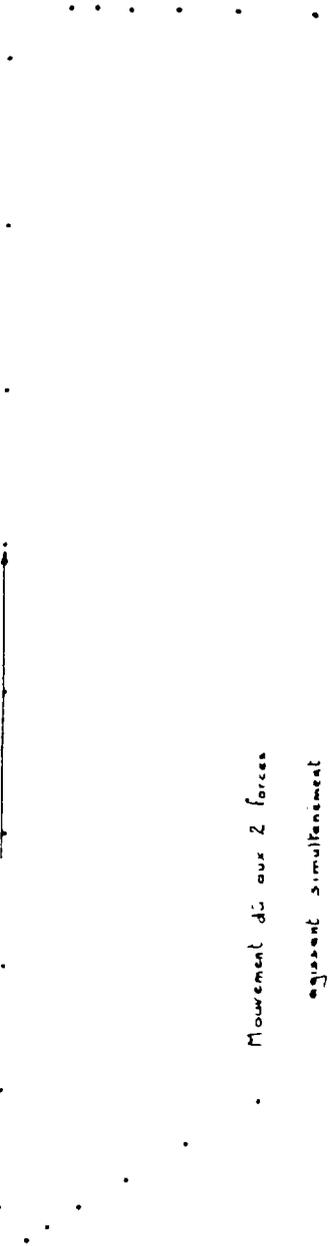
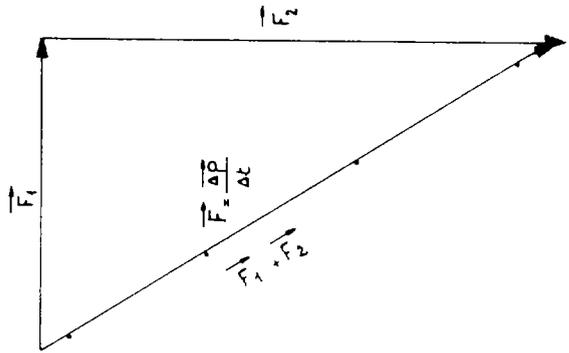
Trajectoire n° 2

Mouvement dû aux 2 forces agissant simultanément

Chute le long de la table inclinée (2 cales d'épaisseur 2 cm chacune sous le plus grand côté)

$$\vec{F}_1 = \frac{\Delta P_1}{\Delta t}$$

Enregistrement n° 8  
Manipulation : Composition dynamique des forces  
 $\Delta t$  60 ms  
M 615 g  
Inclinaison de la table : 2 cales  
Echelle : 1/2





I BUT DE LA MANIPULATION

Les forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  associées à deux actions différentes étant connues, vérifier (ou découvrir) que la force associée aux deux actions simultanées est  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

II CONDITIONS EXPERIMENTALES1) *Table horizontale*

Enregistrer un mouvement comme indiqué dans la manipulation n° 8 sur un grand côté de la table (près du bord de la feuille).

Etudier graphiquement la quantité de mouvement en fonction du temps ( $p_1$ ). On obtient une droite dont la pente fournit

$$\frac{\Delta p_1}{\Delta t} \text{ qui caractérise l'action du fil.}$$

2) *Table inclinée*

Incliner la table et enregistrer le mouvement du mobile sous l'action de la pesanteur sur un petit côté (près du bord de la feuille) avec le même  $\Delta t$  et le même mobile.

Le diagramme  $t \rightarrow p_2$  fournit  $\frac{\Delta p_2}{\Delta t}$  qui caractérise l'action de la pente.

3) *Mouvement combiné :*

Fixer la poulie sur un chariot roulant sans frottement sur des rails parallèles au petit côté de même pente que la table.

Le mobile est alors sollicité simultanément par 2 forces perpendiculaires:

La traction du fil (qui reste constante en direction et intensité) et la pente.

Enregistrer le mouvement du mobile avec le même  $\Delta t$  que précédemment.

Le graphe  $t \rightarrow p_3$  fournit  $\frac{\Delta p_3}{\Delta t}$

En portant les résultats des graphes, on doit obtenir :

$$\frac{\Delta \vec{p}_3}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{p}_1}{\Delta t} + \frac{\Delta \vec{p}_2}{\Delta t}$$

III EXPLOITATION DES DOCUMENTS (enregistrement n° 8)

PLAN INCLINE		TRACTION FIL		MOUVEMENT COMBINE	
x	$\Delta x$ en 60 ms	x	$\Delta x$ en 60 ms	x	$\Delta x$ en 60 ms
5	6,5	3	4	5	7
11,5	8,5	7	5	12	10
20	11	12	6,5	22	13
31	14	18,5	8,5	35	15,5
45	16,5	27	10	50,5	18,5
61,5	19,5	37	11	69	22
80	21,5	48	13	91	24
101,5	23,5	61	14,5	115	27,5
125	26	75,5	16	142,5	29,5
151	28	91,5	18	172	33
179	31	109,5	18,5	205	35,5
210	33,5	128	20,5	240,5	38
243,5	35	148,5	21,5	278,5	41,5
278,5	38,5	170	23	320	43,5
317	40	193	25	363,5	46,5
357		218	27	410	49,5
		245	27	459,5	
		272	29		
		301	31		
		332	31,5		
		363,5	33,5		
		397	34		
		431	36,5		
		467,5	37,5		
		505	38		
		543			

La construction vectorielle montre bien que :

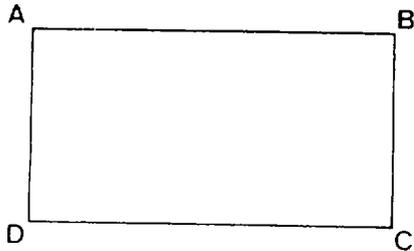
$$\vec{F}_3 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

#### IV PROLONGEMENTS POSSIBLES

---

---

1) Autre méthode d'obtention des 2 forces constantes



a/ la table A B C D étant horizontale, placer deux cales de même épaisseur sous B et C (rotation autour de AD). Enregistrer un mouvement de chute (avec ou sans élan).

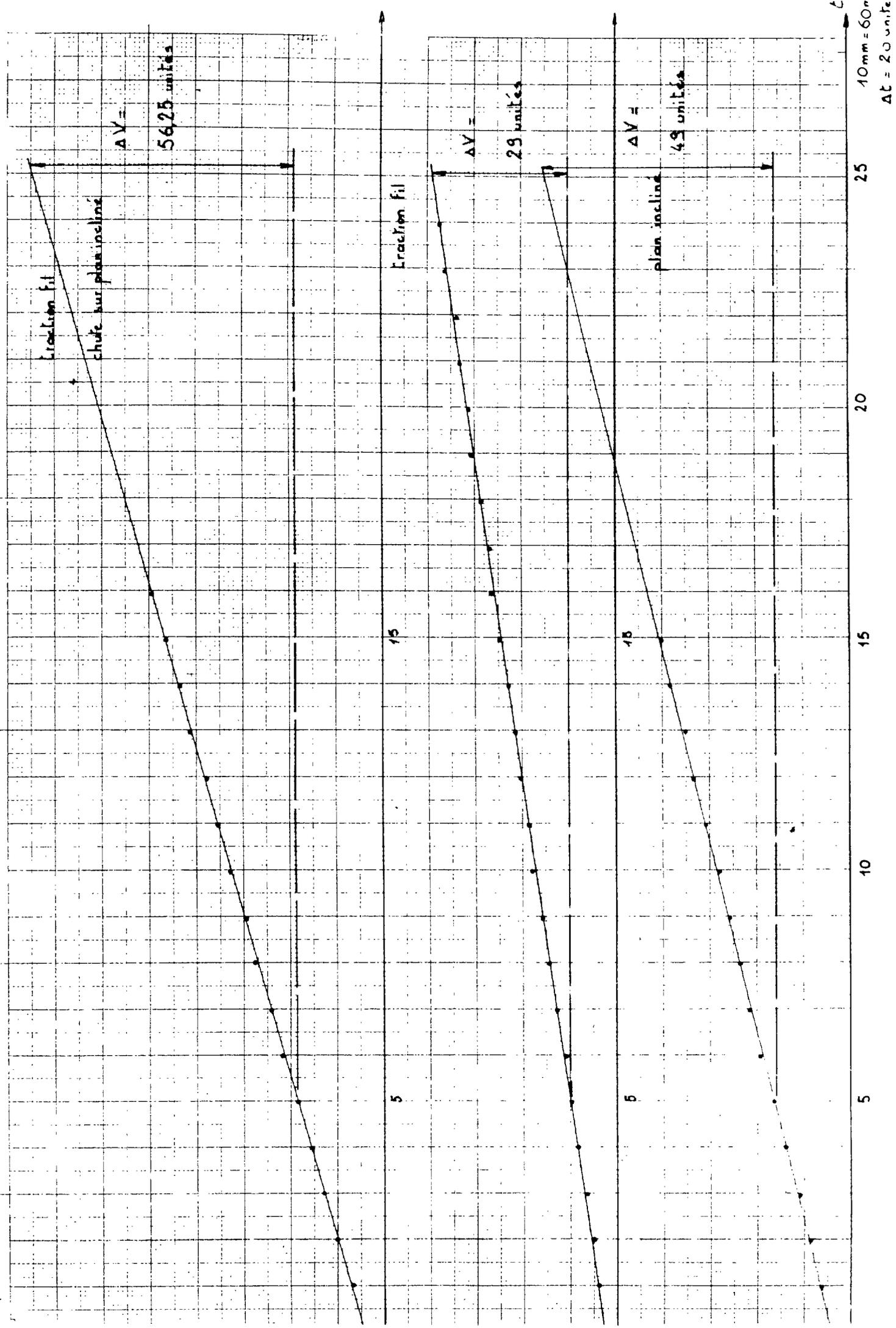
b/ recommencer un enregistrement, deux cales de même épaisseur (différente de la précédente) étant placées sous D et C (rotation autour de AB)

c/ placer les 2 cales utilisées en a, sous B et C, puis les deux cales utilisées en b, sous D et C. Etudier le mouvement résultant.

2) Etude d'un mouvement sans vitesse initiale sous l'action de 2 ressorts tendus

Cette étude nécessite un étalonnage préalable, statique ou dynamique, des deux ressorts.

$\nu$  (1 mm =  $1,67 \cdot 10^{-2}$  m/s)



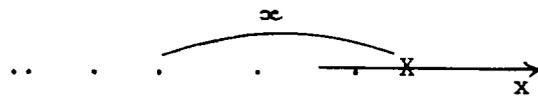
I BUT DE LA MANIPULATION

Vérifier (ou découvrir) qu'un ressort tendu exerce une action de rappel et que la valeur de la force associée à cette action est proportionnelle à l'allongement du ressort.

II CONDITIONS EXPERIMENTALES

Table horizontale.

Accrocher un ressort (par exemple notre modèle 323 006) à un petit côté de la table, à l'aide de l'axe support de lanceur, et l'autre au mobile. Tendre le ressort. Lâcher le mobile et enregistrer son mouvement.

III INTERPRETATION DES DOCUMENTS

$x$  étant l'abscisse des divers points (mesurée à partir de la position du mobile lorsque le ressort est à peine tendu)

Déterminer la force  $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$  associée à l'action du ressort.

Représenter graphiquement  $x \rightarrow F$

Exemple (enregistrement n° 9 A)

Soit  $\Delta x$  l'espace parcouru pendant les 2 intervalles de temps encadrant le point considéré.

$$(\Delta x = A_{n-1} - A_{n+1})$$

$$\begin{array}{ccc} A_{n-1} & A_n & A_{n+1} \\ \cdot & \cdot & \cdot \end{array}$$

Il est possible pour chacun des points de déterminer la quantité de mouvement instantanée

$$p_n \approx M \frac{A_{n-1} - A_{n+1}}{2 \Delta t}$$

(contrairement aux cas des mouvements uniformément variés, ce n'est pas rigoureux).

Pratiquement avec :

$$\Delta t = 6 \cdot 10^{-2} \text{ s} \quad M = 1,4 \text{ kg} \quad \text{et } d_n = A_{n-1} - A_{n+1}$$

$$p_n \text{ (kg.m/s)} \hat{=} 0,116 d_n \text{ (cm)}$$

n	1	2	3	4	5	6	7	8
$dx_{cm}$	11,200	10,95	10,5	9,9	9,1	8,1	7	5,75
$p_n$ (kg m/s)	1,299	1,270	1,218	1,148	1,055	0,940	0,812	0,667

On peut déterminer la force associée aux actions au temps  $(t + 30)$  ms. Entre 2 points consécutifs, on mesure la variation de quantité de mouvement

$$\frac{\Delta p}{60 \cdot 10^{-3}} = F \text{ (N)}$$

Afin de représenter graphiquement  $x \rightarrow F$   $\Delta p$  étant déterminé entre les points  $A_n$  et  $A_{n+1}$ , on prendra

$$x = A_0 A_n + \frac{A_n A_{n+1}}{2}$$

x mm	84,25	139	191,5	241	286,5	327	362
$\Delta p$ (kg m/s)	0,029	0,052	0,070	0,093	0,115	0,128	0,145
$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ (N)	0,483	0,866	1,166	1,550	1,916	2,133	2,413

Le diagramme  $x \rightarrow F$  est une droite dont la pente donne le coefficient  $k$  caractéristique du ressort.

$$k \approx \frac{2,34}{0,36} = 6,50 \text{ N/m}$$

#### IV PROLONGEMENTS POSSIBLES

##### 1) Variations de $F$ et $x$ en fonction du temps

Tracer les courbes  $F(t)$  et  $x(t)$  : quarts de sinusoides  
En déduire  $\bar{F} = -k\bar{x}$

##### 2) Influence de l'allongement initial du ressort :

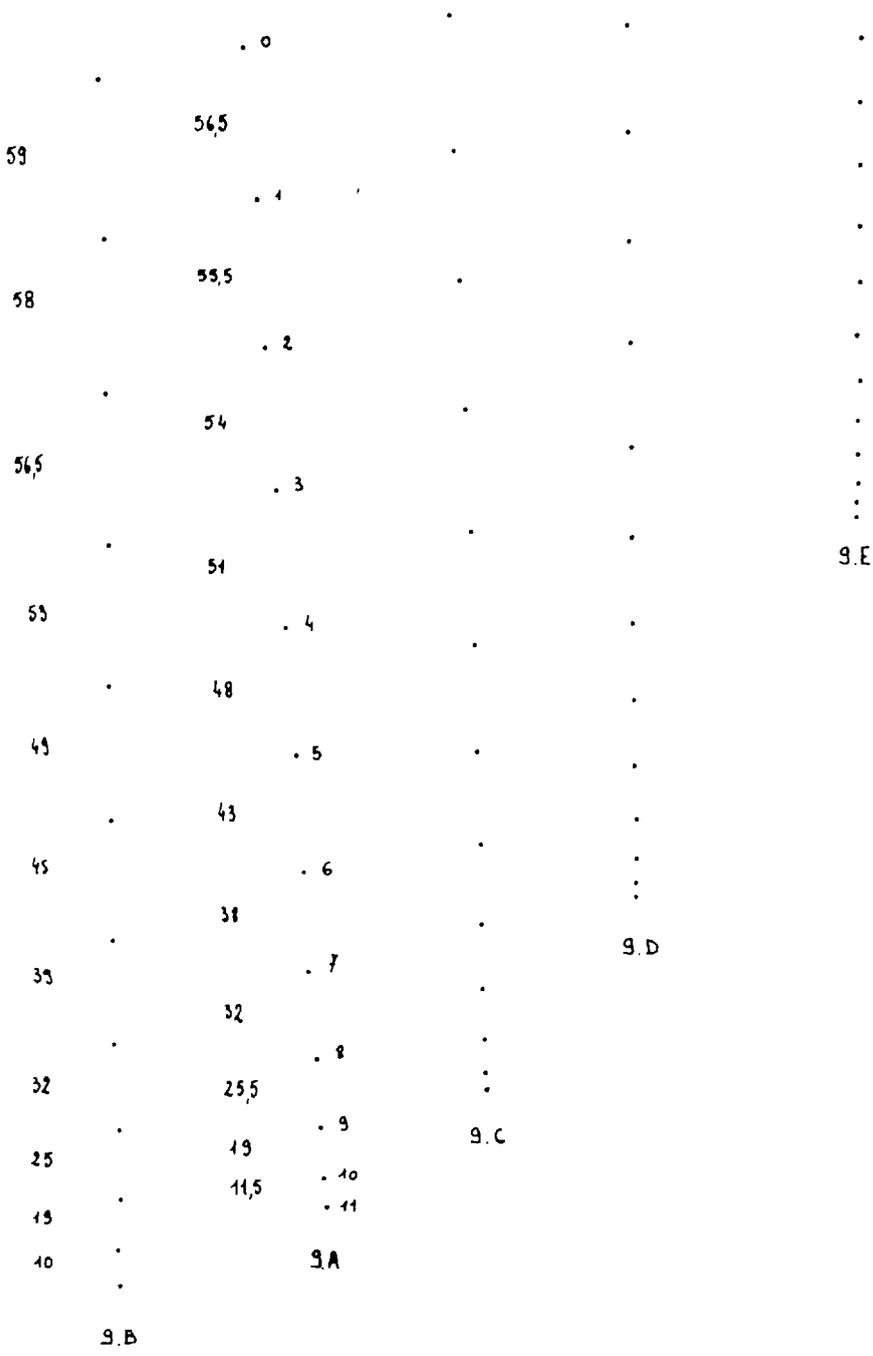
- La vitesse acquise par le mobile autoporteur en fin de course (ressort détendu) est proportionnelle à l'allongement initial imposé au ressort.

Exemple : enregistrement n° 9

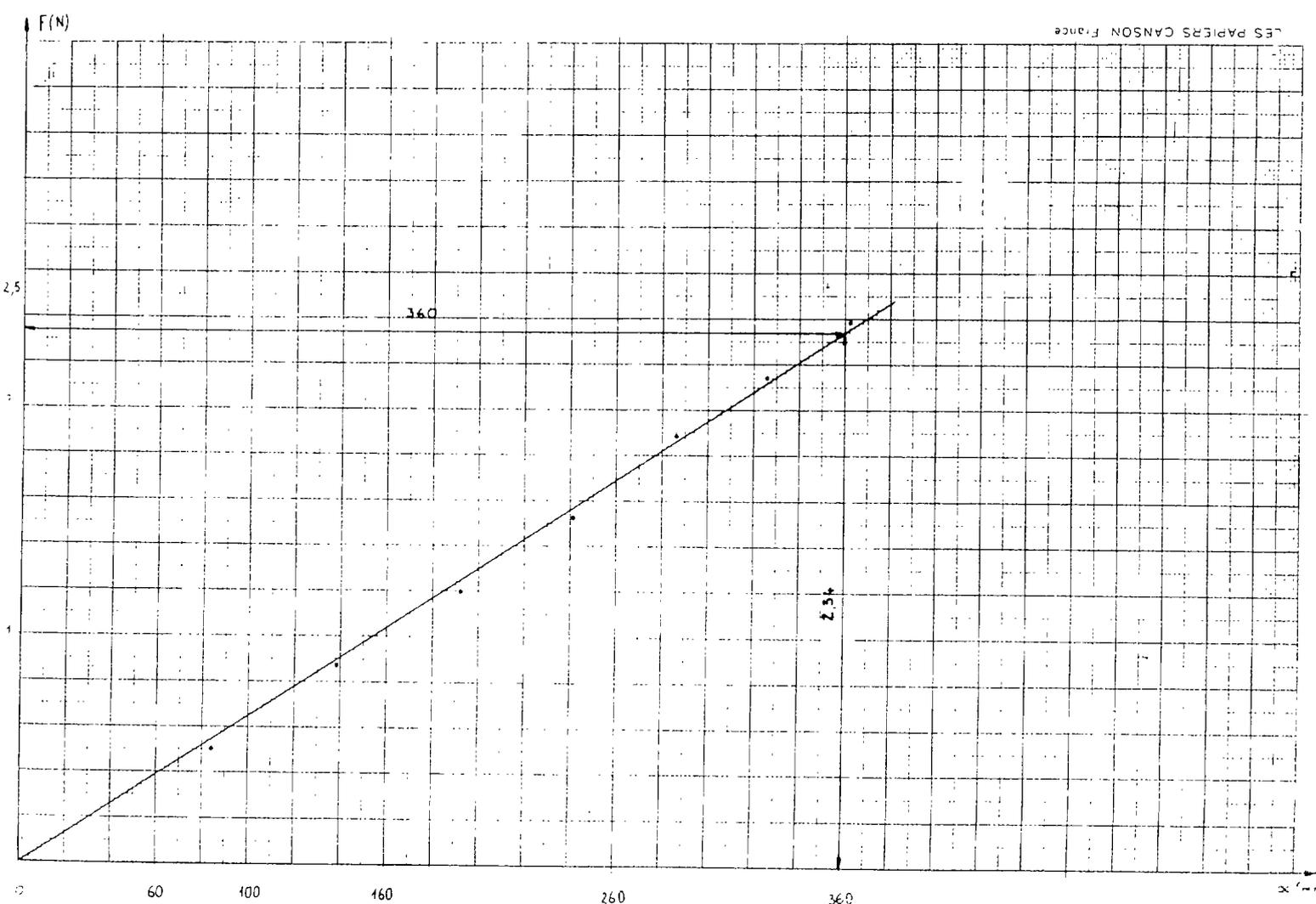
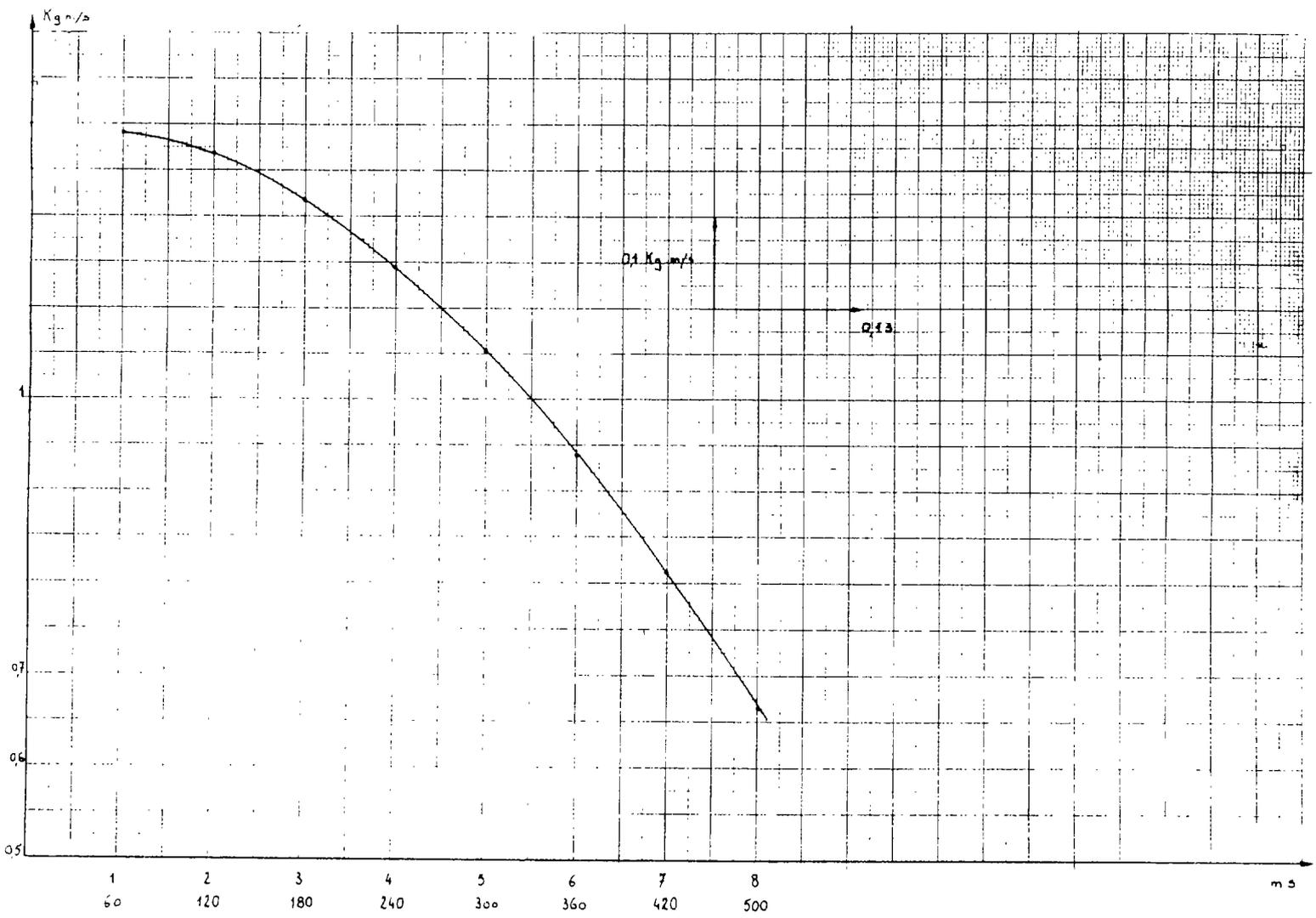
$L$  = allongement initial du ressort.

$v$  = vitesse moyenne sur le dernier espace de temps.

$$v = \frac{A_{n-1} - A_{n+1}}{\Delta t} \text{ mm} \quad \Delta t = 60 \cdot 10^{-4} \text{ s}$$



Exercice n° 9 (A B C D E)  
 Manipulation : Ecartement dynamique d'un ressort  
 Δt : 60 ms  
 M : 4400g  
 Inclinaison de la table  
 Echelle : 1/4



I BUT DE LA MANIPULATION

Observer diverses interactions dans divers repères galiléens.

II CONDITIONS EXPERIMENTALES

Dépendent de l'interaction étudiée.

III MODE OPERATOIRE*1) Interactions vues du repère du centre d'inertie*

- a - déterminer sur le document la trajectoire du centre d'inertie  $I$  des deux mobiles (en mouvement rectiligne et uniforme si la table est horizontale)
- b - sur une feuille de papier calque, tracer un point fixe  $O$  (qui viendra coïncider avec les positions successives du centre d'inertie) et une droite passant par  $I$  qui servira de guide en l'appliquant sur la trajectoire de  $I$
- c - Déplacer la feuille de papier calque par bonds successifs, faisant coïncider  $O$  et les divers points  $I$ . Décalquer les positions correspondantes des trajectoires des deux mobiles.

*2) Interprétation des documents*

Dans ce repère, les quantités de mouvement avant et après interaction sont opposées.

- a - Dans le cas d'un choc inélastique, la quantité de mouvement de chaque mobile est nulle après l'interaction. Toute l'énergie cinétique (mesurée dans ce repère) a disparu.
- b - Dans le cas d'un choc élastique, toute l'énergie cinétique n'a pas disparu. Si les quantités de mouvement reprennent la même valeur, le choc est qualifié de parfaitement élastique.

Si les quantités de mouvement ne reprennent pas la même valeur, c'est qu'il y a eu dissipation d'énergie lors du choc ou que l'énergie cinétique de rotation n'est pas négligeable.

IV - PROLONGEMENTS POSSIBLES*1) Interaction de deux mobiles sur la table inclinée*

Le repère du centre d'inertie est déterminé de telle sorte que la droite tracée sur le papier calque garde une direction constante.

*2) Interactions vues de l'un des mobiles*

Même mode opératoire, le point  $O$  du calque coïncidant maintenant avec les points successifs de l'une des trajectoires. Le repère ainsi obtenu n'est pas galiléen, mais une succession de deux repères galiléens différents avant et après choc.

L'interaction est vue ainsi comme si l'obstacle était fixe.

### 3) Relativité galiléenne

Dans le repère du centre d'inertie (ou dans un repère galiléen artificiel obtenu en donnant au calque un mouvement de translation rectiligne uniforme) vérifier que :

- la force  $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$  est la même
- la loi de conservation de la quantité de mouvement est vérifiée.
- les pertes d'énergie cinétique sont les mêmes.

I - BUT DE LA MANIPULATION :

Dans le cas de 4 forces, les supports ne sont pas en général concourants.

Vérifier que la somme des couples  $\vec{OA} \wedge \vec{F}$  (où A est le point de localisation de l'action) en point O quelconque est nulle.

II - CONDITIONS EXPERIMENTALES :

- Table horizontale.

- Mobile soumis à 4 forces horizontales non parallèles.

Les actions sont matérialisées par des dynamomètres (réf. M 1911, portée 1 N) ou par des masses avec poulies de renvoi.

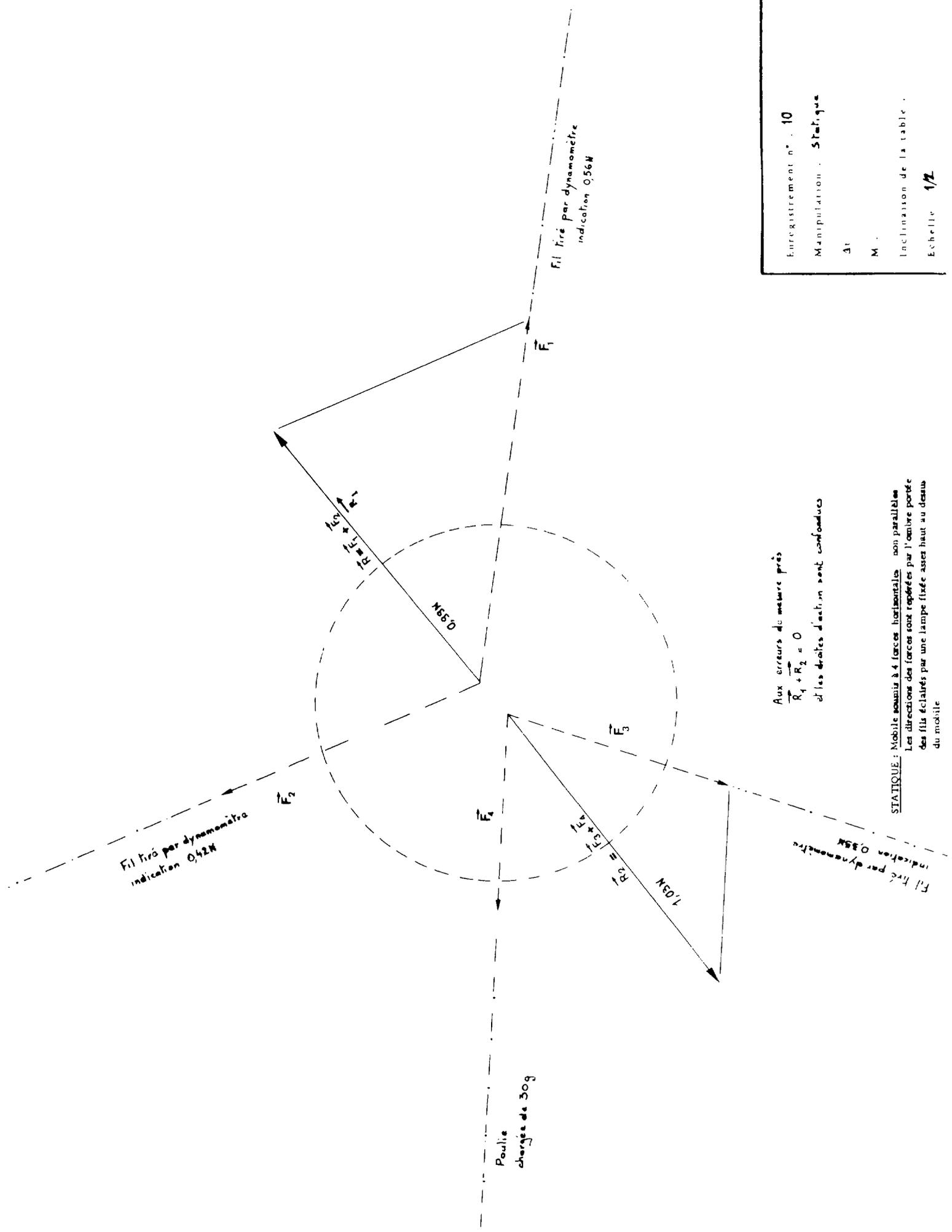
Les directions des fils sont repérées par l'ombre portée des fils éclairés par une lampe fixée assez haut au dessus du mobile.

III - EXPLOITATION DES DOCUMENTS :

La construction vectorielle montre que :

$$\vec{R}_1 + \vec{R}_2 = 0$$

Les droites d'action des 2 résultantes sont confondues.



Fil tiré par dynamomètre  
indication 0,42N

Poulie  
chargée de 30g

Fil tiré par dynamomètre  
indication 0,56N

Enregistrement n° : 10  
Manipulation : Statique  
 $\Delta t$  :  
M :  
Inclinaison de la table :  
Echelle : 1/2

Aux erreurs de mesure près  
 $R_1 + R_2 = 0$   
et les droites d'action sont confondues

STATIQUE : Mobile soumis à 4 forces horizontales non parallèles  
Les directions des forces sont repérées par l'ombre portée  
des fils éclairés par une lampe fixée assez haut au dessus  
du mobile

Fil tiré par dynamomètre  
indication 0,58N