

Déclaration CE de conformité

Nous déclarons sous notre seule responsabilité que le produit :

TABLEAU PENDULE HORIZONTAL **REF : 332 028** est conforme 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 product :

TABLEAU PENDULE HORIZONTAL **REF : 332 028** is 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 el producto :

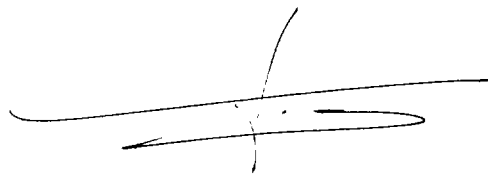
TABLEAU PENDULE HORIZONTAL **REF : 332 028** es conforme a :

- 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

OSCILLATEUR MECANIQUE

OSCILLATEUR MECANIQUE

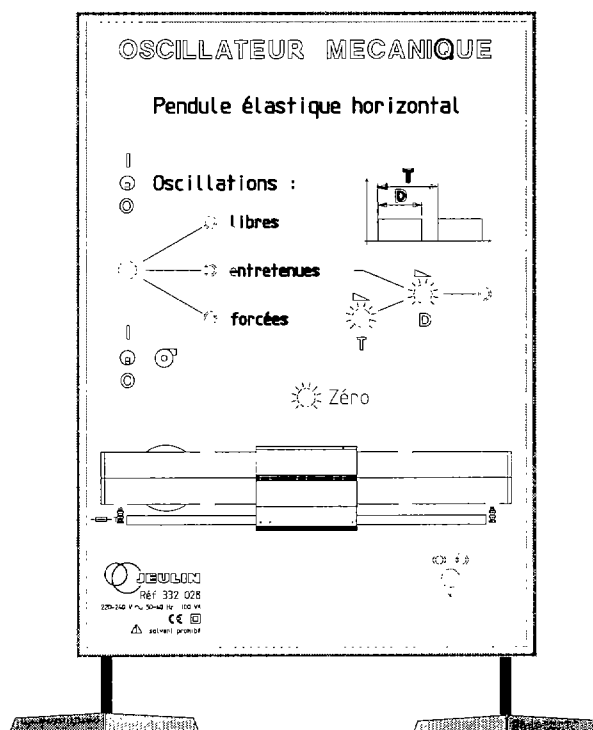
REF : 332 028

L'OSCILLATEUR MECANIQUE est un appareil destiné à l'étude expérimentale d'un pendule élastique horizontal. Il répond parfaitement aux exigences du nouveau programme de terminale S puisqu'il propose l'étude des oscillations du pendule élastique pour les trois cas de fonctionnement possibles : oscillations libres, oscillations entretenues et oscillations forcées.

Les enregistrements de l'élongation du pendule, obtenus par un ordinateur muni d'un dispositif classique d'acquisitions de données ou par un oscilloscope à mémoire, permettent l'étude expérimentale et théorique complète de l'oscillateur mécanique.

L'OSCILLATEUR MECANIQUE est un tableau pédagogique qui fait partie d'un ensemble de tableaux dont l'usage est plus particulièrement réservé à la présentation d'expériences de cours mais qui peuvent également être utilisés en séances de travaux pratiques.

Leur rôle est de donner au professeur *un outil didactique performant, visible de tous les élèves d'une classe, simple d'emploi, rapide à mettre en oeuvre et à ranger.*



La première qualité de l'OSCILLATEUR MECANIQUE est une très bonne visibilité : sa taille suffisante permet de reproduire des inscriptions ou des schémas facilement *lisibles de loin*, de toute la classe. La *présentation verticale de l'expérience* est un facteur supplémentaire de bonne vision et compréhension des élèves.

La sobriété du graphisme et l'attrait esthétique de la réalisation sont des facteurs évidents d'intérêt, aussi bien pour l'enseignant que pour l'élève.

La seconde qualité de l'OSCILLATEUR MECANIQUE est sa facilité de mise en œuvre.

Tous les éléments et les composants nécessaires au fonctionnement du dispositif sont réunis (et bien souvent miniaturisés) sur le tableau. Les éléments de commande (interrupteurs, commutateurs, boutons de réglage, ...) sont disposés de façon rationnelle sur la face avant. Il en est évidemment de même du pendule élastique (banc, mobile et ressorts).

Tous les autres éléments dont la vue n'est pas indispensable (soufflerie, dispositif électronique d'entretien des oscillations et d'oscillations forcées) sont rassemblés sur la face arrière du tableau et masqués par une coque en Polystyrène thermoformé.

Ceci est d'un grand intérêt pour la rapidité de mise en place par l'aide de laboratoire et la sécurité pour le professeur d'avoir tout le matériel nécessaire et adapté à l'expérience.

L'OSCILLATEUR MECANIQUE est conçu pour fonctionner de façon autonome : il suffit de brancher le panneau sur le courant du secteur pour qu'il soit fonctionnel. Deux seuls fils de branchement le relient à l'entrée de la carte ESAO ou d'un oscilloscope à mémoire.

Une autre qualité de l'OSCILLATEUR MECANIQUE est sa facilité de rangement.

L'épaisseur du tableau est réduite (moins de 20 cm au total). Il se loge aisément dans une armoire (verticalement, par exemple dans des glissières), son encombrement est réduit. Eventuellement, son emballage d'origine constitue un excellent dispositif de protection.

I - DESCRIPTION

1.1 Le panneau OSCILLATEUR MECANIQUE est constitué :

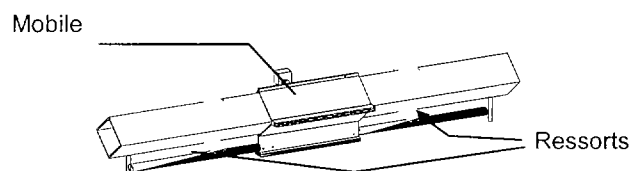
- d'un banc à coussin d'air en aluminium alimenté par une soufflerie,
- d'un solide en PVC mobile sur le banc, maintenu entre deux ressorts tendus,
- d'un capteur de déplacement optique, novateur et breveté,
- d'un dispositif électronique élaboré
 - qui convertit le signal optique donné par le capteur de déplacement en une tension proportionnelle à l'abscisse du mobile,
 - qui autorise des oscillations entretenues et des oscillations forcées.

Le panneau OSCILLATEUR MECANIQUE a de grandes dimensions, 50 cm sur 70 cm. Il est robuste et rigide. Pendant son utilisation, il est maintenu dans une position verticale par deux supports de laboratoire classiques (tige de diamètre de 12 mm et de longueur de 70 cm).

1.2 La partie mécanique

1.2.1 Le banc à coussin d'air, d'une longueur totale de 44 cm, est constitué d'un profilé en aluminium à section carrée de 4 cm de côté.

La sustentation par un coussin d'air est assurée par une soufflerie mise en marche par un interrupteur indépendant.



Vue perspective de face du banc et du pendule élastique

Pour le réglage de l'horizontalité du banc, il faut décrocher les ressorts, mettre la soufflerie en marche et régler les vis des pieds jusqu'à stabilisation de la position du mobile au milieu du banc.

1.2.2 Le mobile est réalisé en ABS rouge. Il mesure 11 cm de long et peut se déplacer avec une amplitude d'environ 4 cm autour de sa position d'équilibre. Celle-ci est repérée sur une échelle graduée en centimètres, gravée sur le corps du banc en aluminium. Le mobile, de section carrée, enveloppe le banc à coussin d'air, ce qui le rend totalement solidaire de son support.

Il est mis en mouvement de façon manuelle. Ses oscillations sont dues à l'action de deux ressorts tendus, à spires non jointives, auxquels il est relié de part et d'autre de sa partie inférieure. L'appareil est livré avec deux jeux différents de ressorts.

Pour modifier l'amortissement du système, une palette est utilisée. Elle est fixée dans la glissière de la base du mobile.

Caractéristiques du mobile et des ressorts

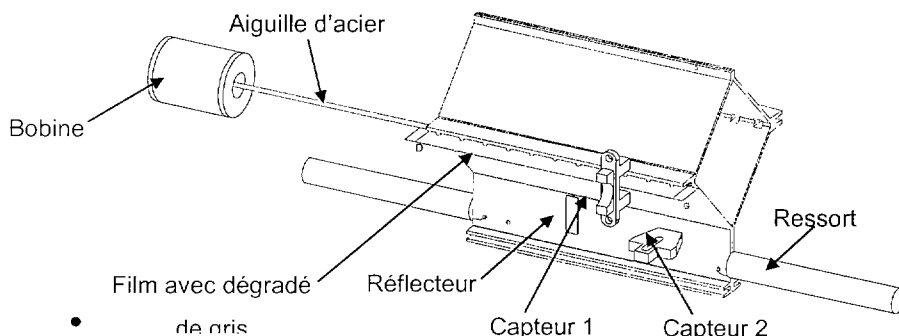
Masse du mobile		Raideur des ressorts	
sans palette	avec palette	1° jeu	2° jeu
59.4 g	83.3 g	6.83 N.m⁻¹	10,25 N.m⁻¹

1.3 Les dispositifs de saisie et d'entretien

1.3.1 Le capteur de mouvement

- Le mouvement du pendule élastique peut être saisi directement sur une des entrées de ESAO ③.1 ou ESAO 4 par l'intermédiaire d'une tension électrique disponible sur la sortie notée ④ de la partie inférieure droite du tableau.

- Un capteur original breveté utilise un nouveau procédé pour délivrer une tension proportionnelle à l'élongation du mobile.



• *Vue perspective de l'arrière du pendule élastique*

- Un film photographique de 13 mm de large et de 11 cm de long est impressionné par un procédé industriel qui permet d'obtenir un dégradé de gris d'une grande définition.



Ce film est fixé horizontalement dans une rainure de la partie arrière du mobile. Il passe dans la fourche d'un capteur optoélectronique (capteur 1) fixé au tableau. Selon l'élongation du mobile, le film absorbe plus ou moins la lumière émise par la LED du capteur dont le phototransistor reçoit ainsi un signal lumineux variable avec l'élongation. Un traitement électronique du signal est réalisé ensuite et la tension résultante disponible sur la sortie est proportionnelle à l'élongation.

D'autres films sont fournis en accessoire dans la mousse de rangement au dos du tableau. Lors du remplacement d'un film, bien vérifier à respecter le même positionnement G et D et le centrage par rapport au mobile.

1.3.2 Le capteur d'entretien des oscillations

- Les oscillations libres du pendule élastique sont amorties par les frottements inévitables qui existent, malgré le coussin d'air. Dans de bonnes conditions, le pendule est toutefois capable d'effectuer plusieurs dizaines d'oscillations avant de s'arrêter.

- Pour entretenir le mouvement, il est nécessaire d'apporter à chaque période propre du pendule une petite quantité d'énergie. Celle-ci est communiquée au système par l'attraction qu'une bobine, alimentée par un circuit extérieur, exerce sur une aiguille en acier (constituée par une tige en corde à piano) solidaire du mobile et qui se déplace à l'intérieur de la bobine, chaque fois que la bobine est parcourue par un courant électrique.

- Pour que cette impulsion se passe au bon moment, un second capteur optoélectronique (capteur 2 du schéma de la page précédente) fonctionne par réflexion. Il est fixé sur le tableau. Un réflecteur est collé sur le mobile (petit morceau de papier aluminium).

Chaque fois que le réflecteur passe devant le capteur, dans le sens de gauche à droite, le signal optique détecté par le capteur déclenche le passage d'un courant dans la bobine, pendant une durée réglable par action sur le potentiomètre D du tableau, et attire la tige d'acier.

Pour un bon fonctionnement, placer le mobile à gauche avant de commuter sur les oscillations entretenues.

II - MISE EN SERVICE

2.1. Matériels nécessaires

Deux supports de laboratoire

Réf. : 701 030

Un micro-ordinateur et ses périphériques
équipé de la carte ESAO 3.1 ou ESAO 4

Le logiciel *GENERIS*

Réf. : 000 919/000 920

Deux cordons à fiches bananes

Réf. : 283 303/4

2.2. Matériels complémentaires éventuel

Un oscilloscope à mémoire JM 20 MHz

Réf. : 291 169

III - FONCTIONNEMENT DE L'APPAREIL

3.1 Mise en marche.

- C'est ici l'un des avantages du panneau : une simple prise de courant de 220 V suffit pour que l'appareil soit fonctionnel. Il est conçu pour réaliser des acquisitions de données rapides. Il doit donc être relié à l'entrée d'une carte d'acquisition de données, ESAO3.1 ou ESAO4.
- La tension de sortie du signal qu'il génère, image de l'élongation du pendule, est comprise entre -2.5 V et +2.5 V. Toute autre carte analogique-numérique peut donc aussi bien convenir pour effectuer des saisies de données.
- Eventuellement, un oscilloscope à mémoire peut également capter la tension créée au cours des oscillations, cependant toute la partie traitement des mesures devient impossible.

3.2 Les diverses commandes.

Elles sont peu nombreuses :

- un interrupteur Marche/Arrêt (I/O) : commande générale du tableau.
- un interrupteur est réservé à la soufflerie du banc à coussin d'air
- un commutateur à trois positions offre le choix entre :
 - les oscillations libres
 - les oscillations entretenues
 - les oscillations forcées

- trois potentiomètres de réglages :
 - le potentiomètre noté Zéro règle la tension de sortie à 0 V quand le mobile est en position d'équilibre
 - les potentiomètres notés T et D règlent la durée d'impulsion de courant dans la bobine et le choix de la fréquence de l'excitateur (cf. 1.3.3)

3.3 Les saisie des mesures

- Avant de réaliser une acquisition de données, il faut régler le zéro. Après s'être assuré que le tableau est vertical et que le banc à coussin d'air est horizontal, il suffit de mettre la soufflerie en marche, et - si nécessaire - d'immobiliser le pendule dans sa position d'équilibre. Cette position est par définition l'origine des elongations du mobile. Une tension de sortie nulle doit lui correspondre : elle s'obtient par le réglage du potentiomètre Zéro.

La mesure de cette tension nulle s'obtient soit en branchant un voltmètre sur la sortie, soit en réalisant une acquisition de donnée à l'immobilité : elle doit s'inscrire sur l'axe des abscisses.

- La saisie des données est assurée par la logiciel *GENERIS*.

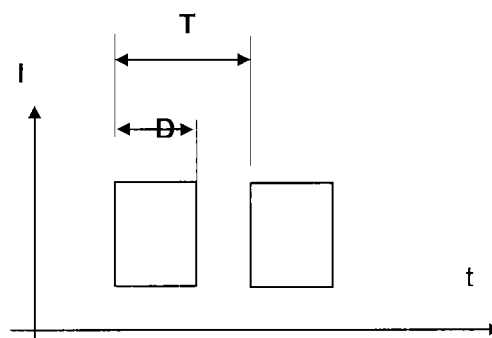
Pour éviter un amortissement trop rapide des oscillations, il est intéressant d'entretenir le mouvement en passant sur la position : oscillations entretenues.

Le mode d'entretien induit un décalage du zéro et la courbe obtenue n'est plus symétrique par rapport à l'axe des abscisses. Pour y remédier, deux moyens sont possibles :

- agir sur le réglage du zéro pour compenser le décalage
- agir sur l'acquisition obtenue en compensant le décalage de façon logicielle par un traitement des données.

3.4 Les oscillations forcées

Pour réaliser des oscillations forcées du pendule élastique il faut un excitateur qui impose sa période au pendule.



C'est le même système constitué de la bobine et de l'aiguille d'acier qui est utilisé pour exciter le pendule élastique mais cette fois sans l'intervention du capteur 2. Un oscillateur extérieur, de période variable T , détermine le passage du courant I dans la bobine pendant une durée choisie D . Les attractions exercées sur l'aiguille d'acier obligent le pendule élastique à osciller sur la fréquence de l'excitateur.

- La période T varie entre 0.3 s et 0.6 s environ, alors que la période propre du pendule élastique est très voisine de 0.4 s (sans la palette d'amortissement).
- La résonance mécanique lorsque le pendule est peu amorti est très aiguë et la recherche de la fréquence de résonance est assez délicate. Pour obtenir une résonance floue, il faut utiliser la palette qui plonge dans un vaste récipient contenant de l'eau. L'immersion de la palette doit rester faible

OSCILLATEUR MECANIQUE

IV - MANIPULATIONS

- ① Cette partie de la notice comporte une manipulation réalisée avec l'appareil OSCILLATEUR MECANIQUE. Les résultats numériques et les courbes qui y figurent proviennent de mesures réelles. Cependant, celles-ci ont été réalisées dans des conditions quelconques et peuvent différer des mesures personnelles observées par les expérimentateurs : les mesures qui suivent ne sont donc que des exemples.

En particulier, les mesures peuvent légèrement différer d'un appareil à l'autre.

- ② Précautions d'emploi : Pour obtenir des résultats de bonne qualité, il est indispensable que le banc à coussin d'air soit parfaitement horizontal et que le panneau soit dans un plan vertical. Ces réglages de position sont à réaliser avec soin.
- ③ Le tableau OSCILLATEUR MECANIQUE est prévu pour réaliser des saisies de données à l'aide d'une carte analogique-numérique. Les mesures qui suivent ont été réalisées avec ESAO3.1 associé au logiciel GENERIS.

1 L'oscillateur mécanique

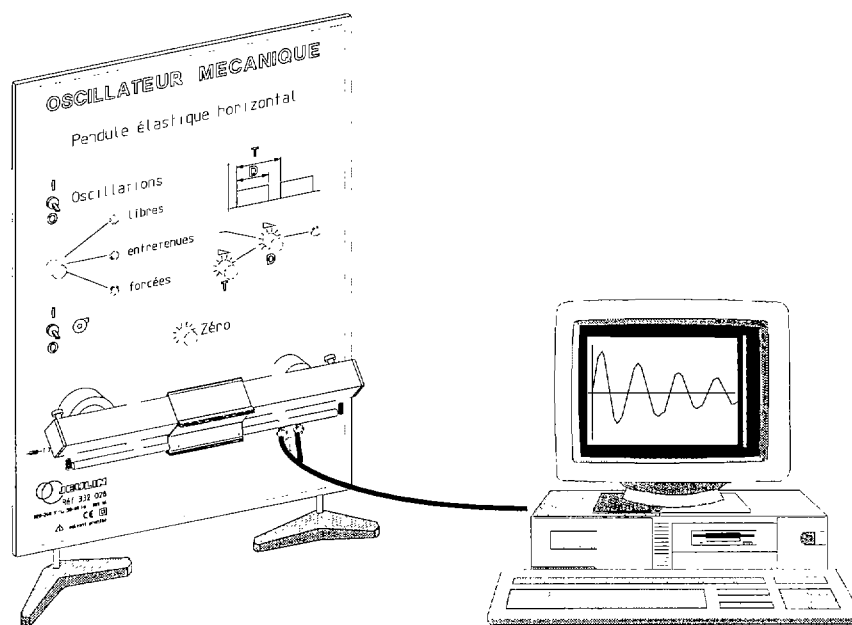
Le but de la manipulation est

- l'étude du mouvement de l'oscillateur harmonique horizontal amorti,
- la réalisation de l'entretien du mouvement.

1ère étape : le montage

On réalise le montage représenté ci-dessous. Le tableau OSCILLATEUR MECANIQUE est relié à une prise de courant de 220 V et à l'entrée de l'interface ESAO3.1 ou ESAO4.

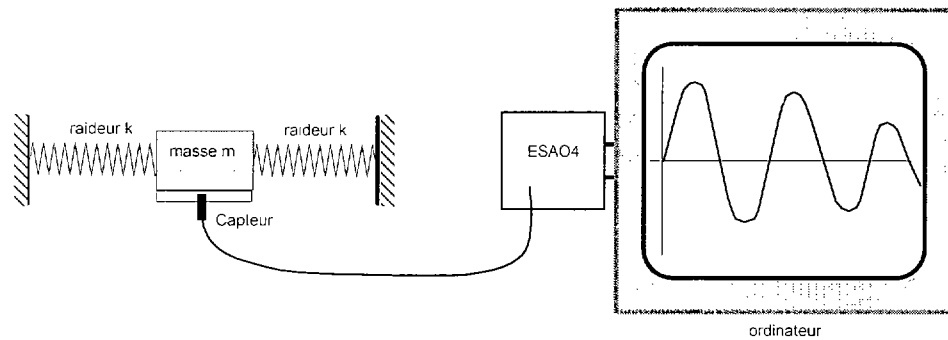
Il est recommandé d'utiliser l'entrée *Voltmètre* sur le calibre 2,5 V. Cependant, l'entrée *Directe* convient également.



Matériel :

- le tableau OSCILLATEUR MECANIQUE,
- un micro-ordinateur et ses périphériques
- la carte ESAO3.1 ou ESAO4
- le logiciel *GENERIS*

Le schéma de ce montage est représenté par :



2ème étape : le protocole

1 Réglage préliminaire de l'appareil

① On relie l'appareil OSCILLATEUR MECANIQUE à la prise du secteur de 220 V et sa sortie sur un contrôleur utilisé en voltmètre.

② Réglage du zéro : la soufflerie est mise en marche et le mobile est à l'arrêt, à sa position d'équilibre. Le réglage est fait par le bouton **Zéro**.

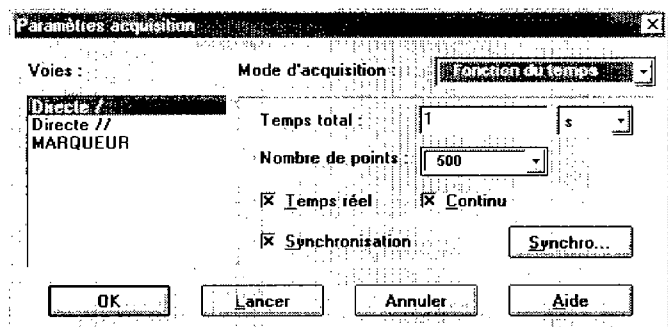
2 Oscillations libres : saisie des mesures des élongations

① Réglage du logiciel GENERIS : Il s'agit déjà de régler le choix de l'entrée :



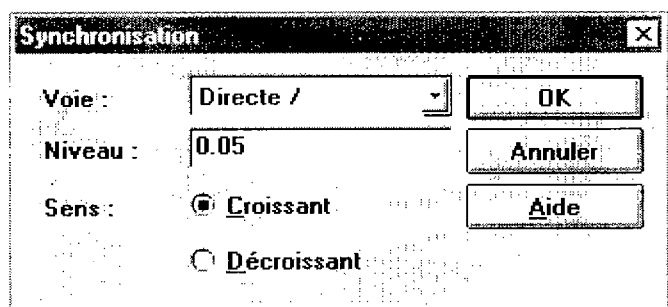
presser sur l'icône de gauche
(dans la barre d'icônes)

- dans la fenêtre à renseigner qui apparaît à droite, choisir :



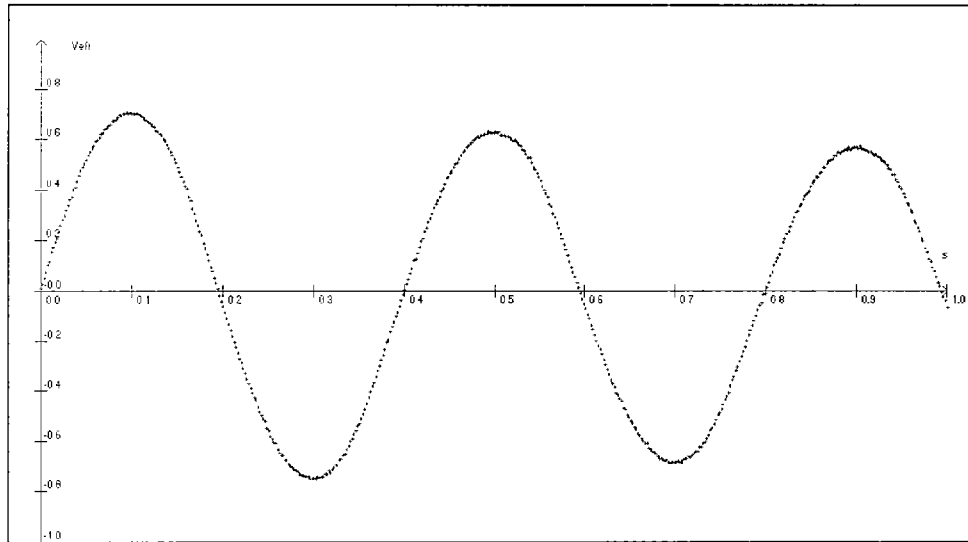
en pressant sur **Synchro** ou
sur l'icône de gauche
(dans la barre d'icônes)

- régler la synchronisation comme l'indique la fenêtre ci-contre :



- On peut alors lancer l'acquisition.

② Courbe obtenue :



③ Observation de la courbe : c'est une sinusoïde amortie.

3ème étape : l'exploitation des résultats

1 - Mesure de la pseudopériode

① Sur l'enregistrement, cette pseudopériode constante est :

$$T_0 = 0,398 \text{ s}$$

② Le modèle théorique donne une valeur de la période propre :

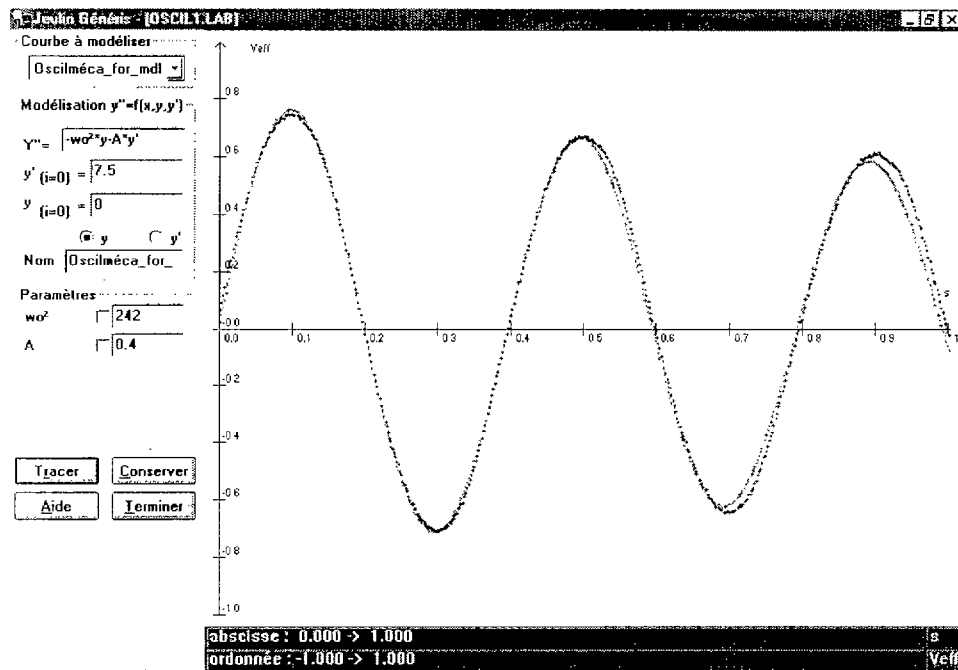
$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 0,414 \text{ s (avec les valeurs des paramètres numériques)}$$

2 - Modélisation de la courbe des elongations

① L'étude théorique du mouvement montre que pour un oscillateur amorti, l'équation différentielle du mouvement s'écrit :

$$\ddot{x} + A.\dot{x} + \omega_0^2 .x = 0$$

② La modélisation de la courbe expérimentale : on utilise le modèle d'équation différentielle du 2° ordre avec ajustement des paramètres :



2 - Etude du modèle : vérification du modèle théorique

① L'ajustement des paramètres de la courbe donne les valeurs numériques suivantes :

$$\omega_0^2 = 242 \text{ et } A = 0.4$$

D'après l'étude théorique, on doit avoir, $\omega_0^2 = (2\pi/T)^2 = k/m = 2 \times 6.83/0.0594 = 229,97$

② La vérification du modèle théorique est satisfaisante.

3 - Conclusion

L'écart relatif entre le modèle théorique et les résultats expérimentaux est voisin de 0.6%.

2 L'oscillateur mécanique

Le but de la manipulation est

- l'étude énergétique du système,
- la recherche de l'expression de l'énergie potentielle élastique.

1ère étape : le principe

On réalise le même montage que pour la manipulation précédente.

La saisie de données est faite sur le mode oscillations entretenues. L'avantage est d'obtenir un mouvement d'amplitude constante.

Ce constat permet de partir de l'hypothèse suivante : *l'énergie mécanique totale du système est constante*.

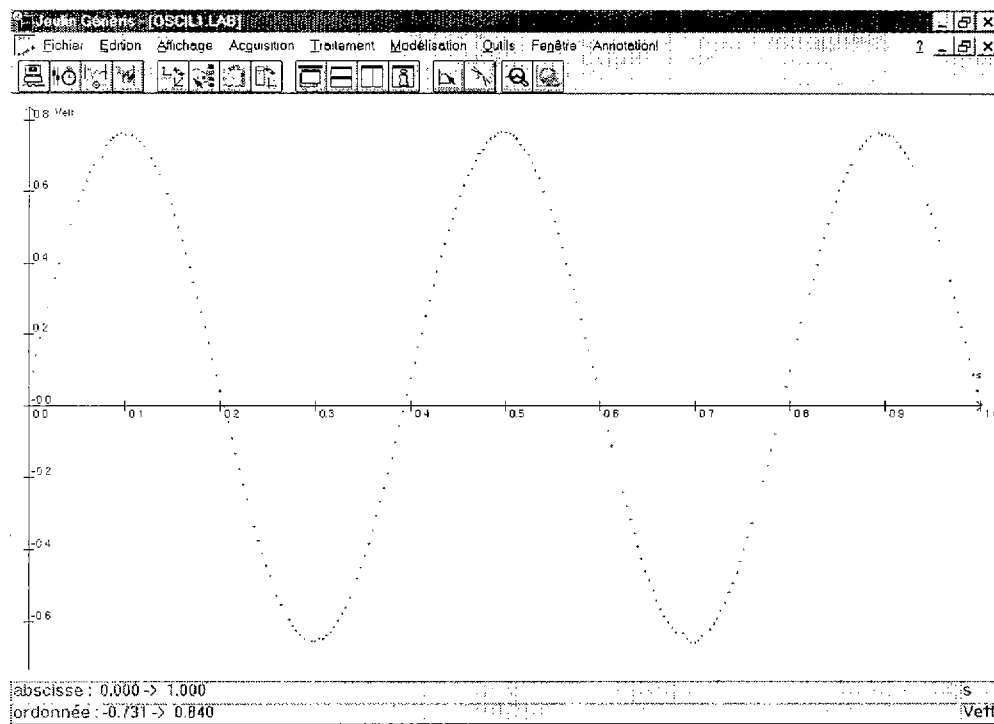
2ème étape : le protocole

1 Réglages et mesures

- ① On utilise le même protocole que pour l'expérience précédente mais en oscillations entretenues. Le réglage du zéro doit être à nouveau effectué.
- ② Réglage de la durée des impulsions : en manoeuvrant le potentiomètre D du tableau, amener l'amplitude du pendule en mouvement à une valeur constante d'environ 2 à 3 cm.
- ③ Réglage du logiciel GENERIS : la durée de la saisie est fixée à 1 seconde (soit environ deux oscillations et demie). On garde la même **Synchro** (même niveau, même seuil).

2 Oscillations entretenues : saisie des mesures des élongations

- ① Aspect de la courbe obtenue : L'allure de la courbe est sinusoïdale.



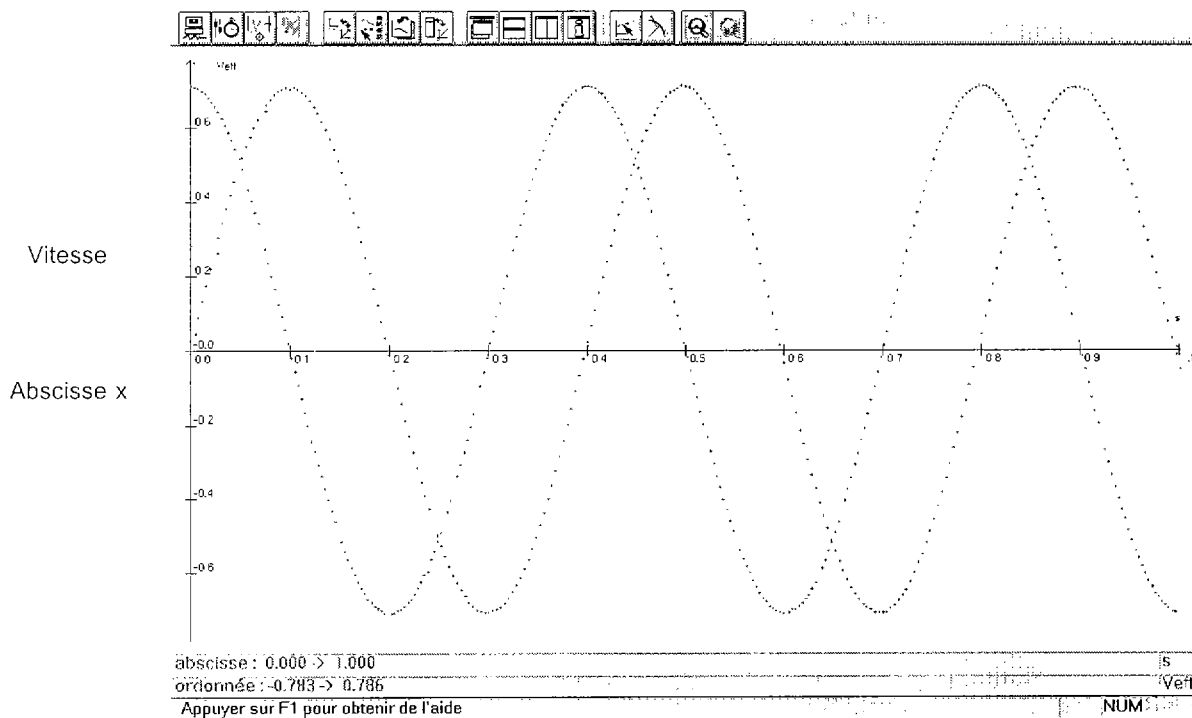
Courbe des oscillations entretenues du pendule élastique

② Remarque : le mode d'entretien consiste à attirer une tige d'acier dans une bobine traversée par un courant (règle du flux maximum). Cette méthode crée un décalage de la courbe vers les elongations positives.

3ème étape : l'exploitation des résultats

1 - Représentation graphique de la vitesse

Par définition, c'est la *Dérivée* de l'abscisse en fonction du temps, elle est notée v . Le menu *Traitement* de GENERIS permet de la calculer.



On constate qu'elle est maximale lorsque l'élongation x est nulle et qu'elle s'annule lorsque l'élongation x passe par un extremum.

2 - Représentation graphique des énergies en fonction du temps

On travaille sur le modèle de l'acquisition de l'élongation.

① L'énergie cinétique du système est $E_c = \frac{1}{2}mv^2$. Son tracé graphique s'obtient en utilisant la fonction *Formule* du menu *Traitement*.

② On convient que l'énergie mécanique totale E_m du pendule est égale au maximum de l'énergie cinétique E_c (donc que l'énergie potentielle E_p est nulle au même instant).

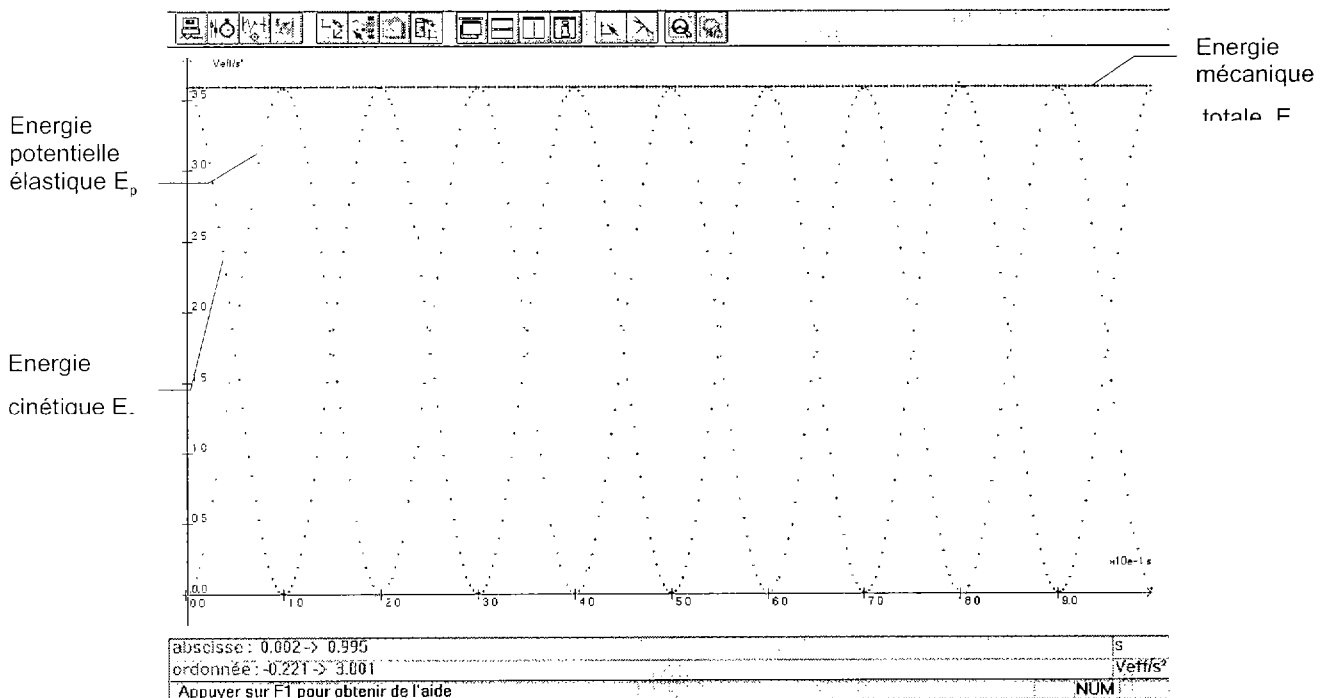
On pose donc $E_m = E_{cMAX}$ et comme on a $E_m = E_c + E_p$, on en déduit $E_p = E_{cMAX} - E_c$

③ Le tracé des courbes dans GENERIS est réalisé en plusieurs à partir de la fonction *Formule* du menu *Traitement*.

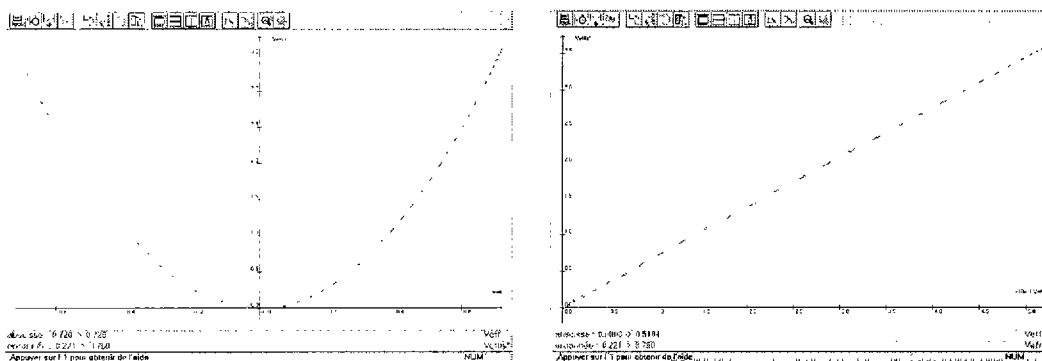
On obtient les graphiques représentés ci - après.

3 - Expression de l'énergie potentielle élastique

① L'énergie potentielle élastique E_p est liée à la déformation des ressorts. Elle dépend donc forcément du paramètre x qui représente l'élongation du pendule et aussi la variation d'allongement du ressort.



② Les représentations de E_p en fonction de x puis de x^2 donnent les aspects suivants :



L'allure parabolique de la courbe suggère que E_p est proportionnelle à.

La représentation linéaire de E_p en fonction de x^2 le confirme.

③ L'expression de l'énergie potentielle élastique du pendule est :

$$E_p = \frac{1}{2}.kx^2$$

k est la raideur totale des deux ressorts et s'obtient par la somme de leurs raideurs.

L'énergie potentielle élastique est définie à une constante près qui provient du fait que les ressorts sont en général tendus en position d'équilibre.

SERVICE APRES VENTE

Pour toutes réparations, réglages, pièces concernant cet appareil pendant ou après la garantie , adressez-vous à :

S.A.V. JEULIN
BP 1900
27019 EVREUX CEDEX
FRANCE

SOMMAIRE

I - DESCRIPTION	2
II - MISE EN SERVICE	5
2.1. Matériels nécessaires.....	5
2.2. Matériels complémentaires éventuel	5
III - FONCTIONNEMENT DE L'APPAREIL	5
Mise en marche	5
Les diverses commandes	5
Les saisies de mesures	5
Les oscillations forcées:	6
IV - MANIPULATIONS	9
1 L'oscillateur mécanique	11
2 L'oscillateur mécanique	15
Service apres vente	18