

Vidéo et sciences physiques

par Philippe CANTON

Professeur au lycée Jean Bart

Rue du Nouvel Arsenal - 59380 Dunkerque
et le groupe Audiovisuel de l'académie de Lille

RÉSUMÉ

Le but de ces articles est de montrer à travers quelques exemples que le caméscope n'est pas seulement une caméra mais que couplé à un bon magnétoscope il devient un instrument de mesure, surtout s'il est doté d'une obturation rapide.

INTRODUCTION

Nous avons formé un groupe de travail, afin de promouvoir auprès de nos collègues physiciens, l'utilisation de la vidéo et notamment du caméscope dans l'académie de Lille.

Depuis plusieurs années, nous présentons aux cours de différents stages MAFPEN les multiples intérêts de l'utilisation de la vidéo et du caméscope dans notre discipline.

M. Roger DERNIWEZ a réalisé une cassette vidéo sur le fonctionnement de la télévision, à l'intention des professeurs de la spécialité physique en terminale : «Image d'ou viens-tu ?». Nous allons réaliser une première cassette vidéo pluridisciplinaire, sur l'intérêt du caméscope dans l'enseignement des sciences, puis une deuxième uniquement sur l'utilisation du caméscope en sciences physiques.

Nous proposons ici quelques conseils et idées d'expériences utilisant cette nouvelle technique audiovisuelle.

Article 1 : Choix du matériel vidéo et inter-connexions.

Article 2 : Le caméscope instrument de mesure
Notions de vitesse, chronophotographies.

Article 3 : Expériences simples avec un caméscope
Visualisation et exploitation d'un son à l'oscilloscope

Article 4 : Le nouvel épiscopes.

Notre groupe est constitué de :

- M. Roger DERNIWEZ spécialiste audiovisuel au CITE de Roubaix,
- M. Gérard D'HENRY professeur de physique au lycée Beaudelaire à Roubaix,
- M. Jean-Jacques DEVILLIERS professeur de physique au lycée Valentine Labbé à Lille,
- M. Philippe CANTON professeur de physique au lycée Jean Bart à Dunkerque

Le matériel vidéo dans les salles de sciences physiques

Il est souvent intéressant voire indispensable de raccorder notre enseignement à des phénomènes de la vie courante, l'utilisation du magnétoscope et l'emploi du caméscope pour visualiser une expérience ou effectuer des mesures, nous permet d'établir ce lien et nous offre une autre façon d'enseigner et d'expérimenter.

Il ne faut pas pour autant que la vidéo remplace les expériences habituelles, mais la télévision et les CCD font parties intégrantes de notre programme de spécialité de terminale, et souvent aussi du paysage quotidien de bien des élèves alors...

CHOIX DU MATÉRIEL

Contrairement à nos collègues de SVT, qui ont depuis un certain temps intégré la vidéo dans leurs cours et dans leurs salles, il est encore rare que nos salles de physique soit pourvues d'un téléviseur et d'un magnétoscope.

Un chariot fera donc l'affaire dans bien des cas, pourvu qu'il soit assez haut, stable et que ses roulettes ne génèrent pas trop de vibrations. Les liaisons entre les appareils restant fixes, cela permettra d'éviter d'éventuels faux contacts, suite à des branchements-débranchements successifs.

• Pour le téléviseur

On choisira un modèle mono Pal/Secam grand écran (70 ou 63 cm).

• Pour le magnétoscope

Un modèle mono Pal/secam : trois ou quatre têtes si possible pour pouvoir effectuer sans problème des arrêts sur image de qualité. Une molette sur la télécommande pour régler le défilement image par image, une entrée vidéo et audio sur la face avant pour le branchement rapide du caméscope et un système d'indexation le rendront plus convivial. Pour le confort d'utilisation, il est préférable d'avoir un téléviseur et un magnétoscope de même marque ou compatibles au niveau de la télécommande (une seule télé-

commande pour les deux appareils). A défaut, une télécommande universelle, y pourvoira.

- *Pour le caméscope*

Bien que l'on trouve des modèles d'entrée de gamme satisfaisants pour certaines expériences, il est préférable de choisir un modèle qui permette de sélectionner la durée d'obturation ou à défaut possédant une obturation rapide (1/4000^e souvent), en outre, il est commode de pouvoir régler la luminosité mais cela dépendra de vos finances. Le standard européen Pal semble incontournable, mais nécessite du matériel Pal/Secam afin de pouvoir profiter des couleurs. Un modèle HI8 ou SVHS possède une sortie SVHS (Y/C).

Lors de vos achats, pensez au service après-vente, une panne est toujours possible...

LES CÂBLES ET ACCESSOIRES (voir figure 1)

- un câble blindé (type micro) de 7 à 10 m RCA mâle / RCA mâle assurera la liaison vidéo entre le caméscope et le magnétoscope (1) ;
- un câble identique pour le signal audio (2) ;
- un câble blindé de préférence RCA mâle / deux fiches bananes qui permettra de relier une sortie vidéo ou audio à l'oscilloscopie (3) ;
- un adaptateur RCA mâle / deux RCA femelles ou un câble en Y RCA mâle / deux RCA femelles (4) ;
- un câble péritel / péritel (5) ;
- un câble S-VHS USCHIDEN / trois fiches bananes qui permettra de visualiser le signal luminance sur la voie A de l'oscilloscopie et le signal de chrominance sur la voie B (6). Si vous possédez un appareil HI8.
- un câble péritel avec sortie vidéo RCA et sortie audio RCA (7). Ce câble vous sera également utile si vous voulez numériser des images enregistrées en VHS ou ressortir un son de votre magnétoscope ;
- un prolongateur RCA femelle / RCA femelle (8).

L'acquisition d'un pied vidéo est le complément indispensable, un statif éventuellement.

Remarques : Il est difficile de trouver des prises RCA jaunes (vidéo), un panachage des couleurs rouge et noir servira de détrompeur.

Le câble (5) est fourni avec le magnétoscope et un adaptateur Périlel / RCA est fourni avec le caméscope.

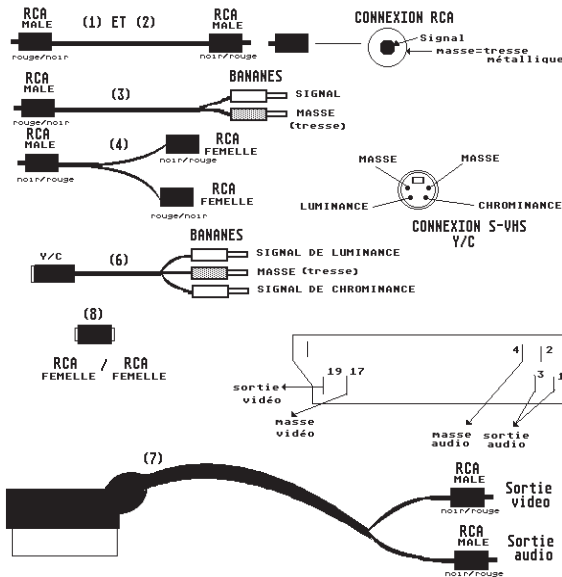


Figure 1

LES BRANCHEMENTS DE LA TRILOGIE MAGNÉTOSCOPE, CAMÉSCOPE ET TÉLÉVISEUR

Les avantages des branchements des figures 2 et 3 sont les suivants :

- visualisation directe de l'image filmée,
- enregistrement direct de l'image filmée,
- lecture directe,
- configuration d'un banc de montage.

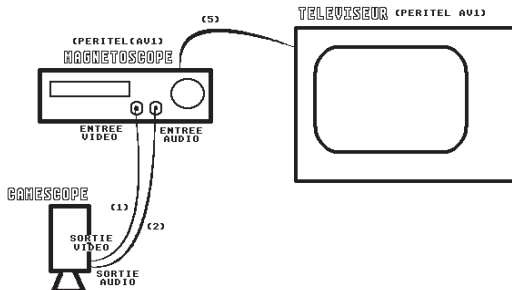


Figure 2

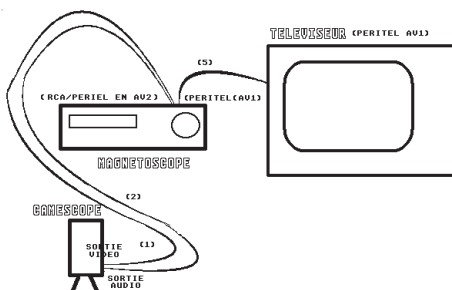
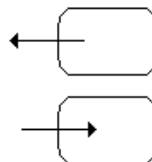


Figure 3

Pour que l'image filmée par le caméscope soit visible sur l'écran du téléviseur via le magnétoscope, il faut que le magnétoscope soit transparent. C'est-à-dire qu'il accepte les signaux venant du caméscope et les envoie sur la Péritel de sortie :

- Placer le magnétoscope en position audiovisuel : AV 1 ou AV 2, Aux ou O, mais surtout pas sur une chaîne de télévision.
- Placer le téléviseur en position AV.



Remarque : A l'aide d'un pyrograveur, marquer votre matériel, c'est dissuasif ! ...

Utilisation du caméscope, du magnétoscope et d'un TV grand écran pour visualiser des phénomènes rapides

L'enregistrement en VHS d'un phénomène rapide, filmé à l'aide d'un caméscope permet lors de sa reproduction image par image sur un bon magnétoscope (trois ou quatre têtes), d'étudier son évolution au cours du temps.

On peut par exemple visualiser le son d'un instrument de musique sur une voie d'un oscilloscope, filmer et enregistrer l'oscillogramme puis reproduire l'enregistrement image par image. On obtient l'équivalent d'un oscilloscope mémoire.

On peut aussi mettre en évidence la notion de vitesse en filmant et en enregistrant un objet en mouvement (disque en rotation, petite voiture à friction, pendule simple...). On observe un flou plus ou moins prononcé selon la vitesse du mobile.

1. FAISONS DU QUALITATIF

1.1. Autres réglages du caméscope

Le caméscope filme habituellement avec un temps d'obturation de $1/50^{\text{e}}$ de seconde mais ce temps d'obturation peut être modifié à l'aide de la fonction «shutter» ou de la touche programme suivant les caméscopes.

On peut ainsi sélectionner un temps d'obturation pouvant atteindre le $1/4000^{\text{e}}$ voire le $1/10000^{\text{e}}$ de seconde et obtenir comme en photographie une image nette d'un objet en mouvement rapide. Il faudra compenser la courte durée d'exposition des CCD par un apport de lumière supplémentaire à l'aide d'un spot ou d'un lampadaire halogène de 500 W.

1.2. Mouvement de rotation

1.2.1. Manipulation

- Découper dans un morceau de polystyrène choc fin, le disque de la figure 4 sur lequel sont disposées des pastilles colorées à différentes distances du centre de rotation (r, 2r...).
- Fixer le disque sur une perceuse par exemple.
- Mettre le disque en rotation à vitesse constante.
- Filmer au $1/50^{\text{e}}$ puis au $1/4000^{\text{e}}$ de seconde, ce disque muni d'un repère.
- Reproduire les deux enregistrements image par image.

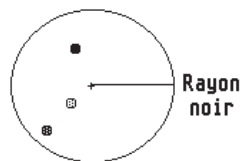


Figure 4

1.2.2. Observations

On s'aperçoit que dans chaque cas, il faut le même nombre d'images pour faire un tour complet. Le caméscope filme donc toujours à la même cadence de cinquante trames par seconde mais seul le deuxième enregistrement permet d'observer des images nettes qui nous permettront de faire de la chronophotographie.

1.3. Autres applications

1.3.1. Stroboscopie

Pour une vitesse de rotation de 3000 tours par minute (50 Hz), on observe l'immobilité apparente du disque.

Pour une vitesse de rotation de 1500 ou 4500 tours par minute, on observe un diamètre sur le disque et non plus un rayon...

Pour une même obturation, faire varier la vitesse de rotation pour montrer les différents mouvements apparents.

1.3.2. Différence entre la persistance des impressions lumineuses sur l'œil et sur un CCD

L'œil dont la persistance rétinienne est de l'ordre de 0,1 seconde est bien moins performant qu'un CCD mais ce défaut, nous permet de regarder sans problème la télévision ! ...

1.4. Mouvement de translation et mouvement pendulaire

La manipulation est identique à la précédente avec une bille en chute libre, une voiture à friction ou un pendule.

1.5. Conclusions

Dans chaque cas, on montre qualitativement l'évolution de la vitesse. Le flou dû au déplacement du mobile pendant $1/50^{\text{e}}$ de seconde est difficilement mesurable pour permettre de faire du quantitatif.

2. FAISONS DU QUANTITATIF

2.1. Étalonnage du magnétoscope

En position lecture image par image certains magnétoscopes lisent réellement image par image avec un intervalle de temps de $1/25^{\text{e}}$ s entre deux images (20 ms), d'autres lisent trame par trame avec un intervalle de temps de $1/50^{\text{e}}$ s entre deux trames (40 ms). Cette caractéristique n'est pas donnée par les constructeurs.

2.1.1. Manipulation

- Filmer et enregistrer un chronomètre électrique qui jadis servait à étudier la chute libre et qui pour l'occasion va ressortir de nos armoires ou à défaut une montre à affichage digital (cf. annexe 1).
- Repasser image par image l'enregistrement et compter le nombre d'images nécessaires pour faire un tour soit une seconde.

2.1.2. Observations

Le résultat doit être soit de vingt-cinq images, soit de cinquante trames par seconde. L'intervalle de temps entre deux images ou deux trames consécutives est donc respectivement de 20 ou 40 ms.

Remarques : La trotteuse filmée au $1/50^{\text{e}}$ de seconde sera légèrement floue mais visible sans lumière supplémentaire.

Les magnétoscopes quatre têtes sont souvent à la fréquence trame mais il y a des exceptions...

Si votre laboratoire possède plusieurs magnétoscopes, faites l'étalonnage de chacun d'entre eux afin d'éviter des confusions.

2.2. Mesures de vitesse de rotation

2.2.1. D'un disque 33 tours !

- Filmer et enregistrer un disque 33 tours muni d'un repère.
- Vérifier que selon le magnétoscope, 45 ou 90 images sont nécessaires pour que le disque ait fait un tour.

2.2.2. Vitesse angulaire

A l'aide d'un rapporteur, vous pouvez mesurer l'angle dont s'est déplacé le repère de la figure 4 entre deux images ou deux trames (20 ou 40 ms).

2.3. Chronophotographie en direct devant les élèves

2.3.1. Manipulation

- Fixer un transparent sur l'écran du téléviseur.
- Placer le caméscope horizontal perpendiculairement au plan du mouvement.
- Filmer une échelle et ne plus toucher à la position ou à la mise au point du caméscope.
- Repérer l'échelle sur le transparent.
- Fixer la durée d'obturation au $1/4000^e$ de seconde et si nécessaire éclairer.
- Mettre en route l'enregistrement.
- Faire un compte à rebours, qui vous sera utile pour retrouver le début du mouvement.
- Lâcher le mobile.

2.3.2. Exploitation

Le magnétoscope étant en lecture image par image, pointer sur le transparent les positions successives du mobile des intervalles de temps égaux (20 ou 40 ms).

Le transparent est photocopié et la chronophotographie est distribuée aux élèves. L'exploitation peut se faire comme avec un document chronoponctué.

Remarques : On peut faire la chute libre à l'aide d'un mobile constitué d'une pile de 9 V, d'une «super» LED et d'une résistance d'une centaine d'ohms.

Le mobile étant lumineux, on peut se dispenser de la lumière d'appoint.

3. ÉTUDE D'UN PENDULE SIMPLE DE LONGUEUR L DE 53 cm

3.1. Enregistrement au $1/50^e$ de seconde

On observe que le pendule est net lorsque son élongation est maximale et qu'au contraire, le flou augmente pour devenir maximum lors du passage à la position d'équilibre.

3.2. Enregistrement au $1/4000^e$

- Filmer une échelle et le pendule au repos pour avoir un axe vertical.
- Fixer un transparent sur l'écran du téléviseur.
- Placer le caméscope perpendiculairement au plan d'oscillation du pendule.
- Repérer l'axe vertical et l'échelle sur le transparent.
- Fixer la durée d'obturation au $1/4000^e$ de seconde et si nécessaire éclairer.

- Mettre en route l'enregistrement.
- Lâcher le pendule sans vitesse initiale avec une élongation angulaire d'environ 30 degrés.
- Enregistrer le mouvement pendant plusieurs minutes.

3.3. Exploitation

3.3.1. Conservation de l'énergie sur une demi-oscillation

Voir annexe 2.

3.3.2. Mesure de la période propre T

Il suffit de compter le nombre d'images nécessaires à une ou plusieurs oscillations. Comme en général, on ne repasse pas exactement à la verticale après un nombre entier d'images, l'incertitude sur la période est donc au maximum de 20 ou 40 ms selon le magnétoscope utilisé.

La mesure de la période a été effectuée avec une précision meilleure que 40/1480 soit 3 %. On peut ainsi vérifier le développement au deuxième ordre de la période T .

Remarque : La chronophotographie peut également être exploitée par numérisation des images.

4. MOUVEMENT D'UNE VOITURE À FRICTION

4.1. Mouvement circulaire non uniforme : looping ($1/4000^e$)

- Pour montrer qu'un mouvement circulaire n'est pas forcément uniforme.
- Pour vérifier les conditions que doivent remplir les vitesses en haut et en bas du looping, pour que la voiture reste en contact avec la piste (voir annexe 3).
- Transmission d'un mouvement : l'ensemble pédalier-pignons d'un VTT. La connaissance de la vitesse angulaire du pédalier et de celle de la valve permet de retrouver la relation entre les vitesses angulaires et le nombre de dents du plateau et du pignon (voir annexe 4).

4.2. Mouvement de translation : ($1/50^e$, $1/120^e$, $1/250^e$... $1/4000^e$)

- Notion et mesure de vitesse.
- Mouvement rectiligne accéléré ou retardé (voir annexe 5).
- Conservation de l'énergie; Evaluation de la force de frottement.

En plus de mesurer des vitesses linéaires, angulaires et des périodes d'oscillateurs mécaniques, on peut étudier l'effet Doppler sur une cuve à onde et s'adonner au multimédia...

Visualisation d'un son à l'aide d'un caméscope, d'un magnétoscope, d'un oscillographe et d'un téléviseur

1. UTILISONS UN CAMÉSCOPE, POUR RENDRE PLUS VISIBLE UNE EXPÉRIENCE DE PHYSIQUE

1.1. La visualisation des vibrations d'un diapason en éclairage stroboscopique

1.1.1. Branchement

- Sortie vidéo du caméscope à relier à l'entrée vidéo du magnétoscope (1).

1.1.2. Manipulation

- Placer le caméscope sur son pied bien en face du diapason.
- Mettre le diapason en vibration et stroboscooper.

1.1.3 Observations

Sur l'écran du téléviseur, le ralenti apparent permet de voir la déformation des branches du diapason. L'image est en noir et blanc faute de lumière suffisante pour le CCD mais le phénomène est visible de toute la classe.

1.2. Mesurer la réponse d'un haut-parleur ou d'une enceinte (figure 5)

1.2.1 Branchement

- Sortie vidéo du caméscope à relier à l'entrée vidéo du magnétoscope (1).

1.2.2. Manipulation

- Placer le caméscope sur son pied bien en face du sonomètre et du fréquencesmètre.
- Cadrer les écrans des appareils de façon à ce qu'ils occupent tout l'écran du téléviseur.

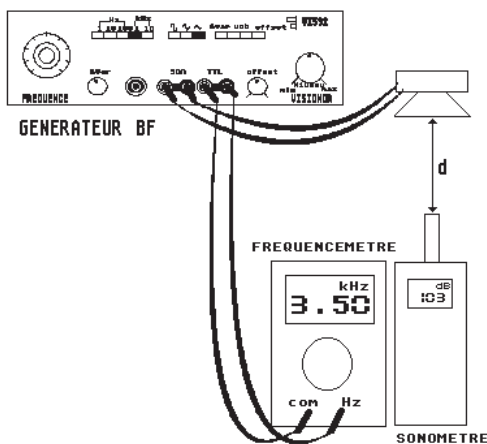


Figure 5

- Faire varier la fréquence du générateur BF.

1.2.3 Observations

Le relevé des couples de valeurs peut se faire en classe entière.

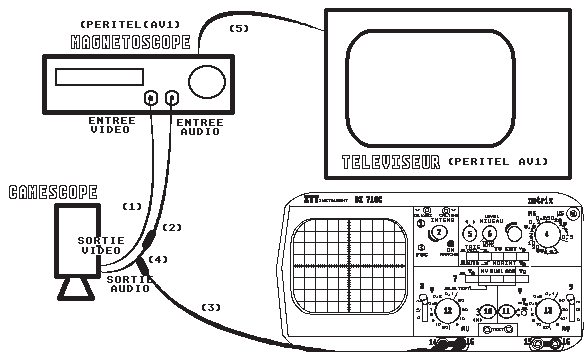
2. MICROPHONE ET OSCILLOGRAPHE À MÉMOIRE

2.1. Utilisons le microphone du caméscope

2.1.1. Branchements (figure 6)

Figure 6

- Sortie vidéo du caméscope à relier à l'entrée vidéo du magnétoscope (1).



- Sortie audio du caméscope : adaptateur RCA mâle / deux RCA femelles (3) à relier à l'entrée audio du magnétoscope d'un côté (2) et de l'autre à une voie de l'oscillographe (3).

2.1.2. Manipulation

- Placer le caméscope sur son pied bien en face de l'oscillographe.
- Cadrer l'écran de l'oscillographe de façon à ce qu'il occupe tout l'écran du téléviseur.
- Mettre une cassette vierge dans le magnétoscope.
- Noter ou mieux enregistrer la sensibilité de la voie A et la durée de balayage.
- Enregistrer le son d'un instrument, placé à proximité du caméscope.

2.1.3. Observations

L'oscillogramme bien que fortement agrandi ne peut permettre des mesures de tensions ou de période.

Pour montrer la périodicité du phénomène :

- rembobiner la cassette et mettre le magnétoscope en lecture,
- faire un arrêt sur image sur l'oscillogramme,
- faire vos mesures.

On obtient le même résultat qu'avec un oscilloscope à mémoire ou une carte d'acquisition de données.

Remarque : Ne pas effacer la cassette car vous avez à la fois l'oscillogramme et le son correspondant. Les violonistes sont rares ! ...

2.2. Exploitions un documentaire du commerce : (le corps humain produit par la cité des sciences de La Villette)

Dans la séquence vidéo choisie, un endoscope nous dévoile les cordes vocales. On peut ainsi observer leurs mouvements et écouter la voix.

2.2.1. Branchement

Si votre magnétoscope ne possède pas de sortie audio RCA, il vous reste à faire l'acquisition d'un adaptateur Péritel / RCA mâles qui fonctionne à la fois en entrée et en sortie ou utiliser le câble (7) et le prolongateur (8).

A l'aide du cordon (3), brancher la voie A de l'oscillographe.

2.2.2. Manipulation et observations

- Mettre le magnétoscope en lecture.

On observe l'oscillogramme correspondant aux vibrations des cordes vocales. Pour figer l'oscillogramme, un oscilloscope à mémoire est le bienvenu ou vous faites comme dans la manipulation précédente, mais il vous faudra un deuxième téléviseur ! ...

Utilisation du caméscope comme une caméra vidéo

Pour certaines applications, le caméscope est utilisé uniquement comme une caméra ; un caméscope d'entrée de gamme ou de récupération (partie enregistrement défaillante) auprès d'un service après-vente vidéo, peut suffire à visualiser un document ou une expérience.

1. POUR AVOIR UNE VUE DE DESSUS

Il est souvent préférable d'utiliser un statif du commerce ou une base d'agrandisseur photo modifiée.

- Vous pourrez ainsi, transformer votre caméscope en épiscopes pour montrer des documents en couleurs, ou les scanner en couplant le caméscope à une carte d'acquisition vidéo.
- Visualiser une expérience de physique «confidentielle» effectuée sur le bureau du professeur :
 - description d'une platine électronique,
 - un montage d'optique (figure 7), ...
- Visualiser une expérience de chimie «confidentielle» effectuée sur le bureau du professeur :
 - expériences de catalyse ou de cinétique,
 - recristallisation, ...

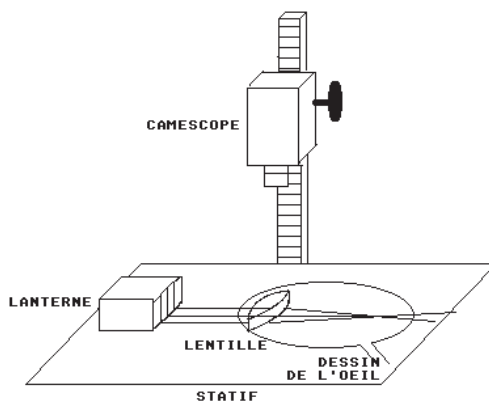


Figure 7

2. D'AUTRES EXPÉRIENCES SONT PLUS VISIBLES AVEC LE CAMÉSCOPE SUR PIED

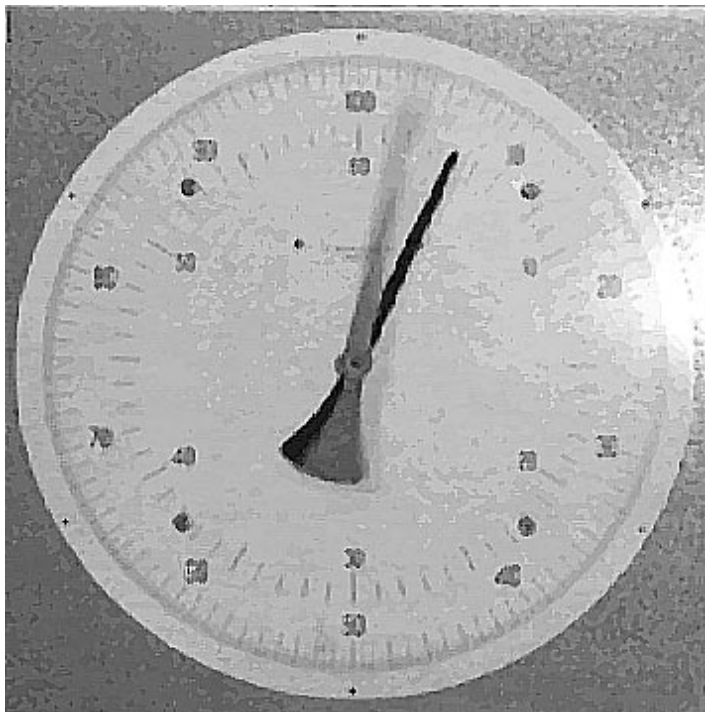
- Expériences de chimie : précipitations dans un tube à essais, dégagements gazeux, changements de couleurs... Le caméscope avec sa position macro vous donne une image visible du fond de la classe.
- Expériences de physique : description d'un montage électrique, utilisation et visualisation des mesures d'un multimètre, d'un oscilloscope...), mise en évidence des phénomènes vibratoires...

3. ŒIL ÉLECTRONIQUE

Cet œil électronique peut illustrer le fonctionnement, les défauts et les limites de divers systèmes optiques (l'œil, le microscope, la lunette astronomique, l'appareil photo...).

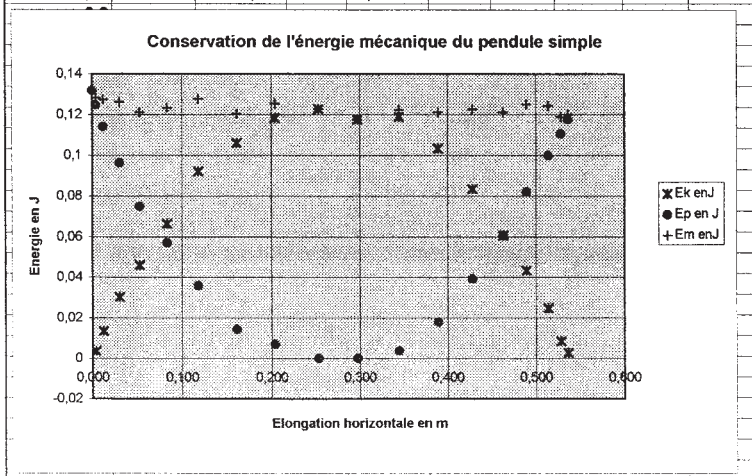
Remarque : Pensez à faire manuellement la mise au point de l'objectif de votre caméscope sur l'infini avant de le placer près d'un oculaire.

Annexe 1

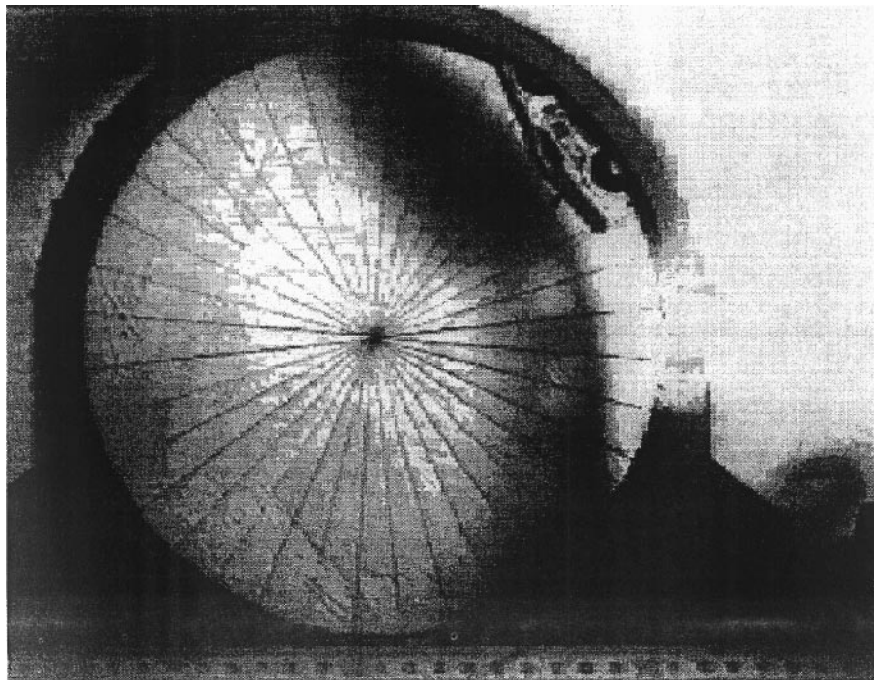


Annexe 2

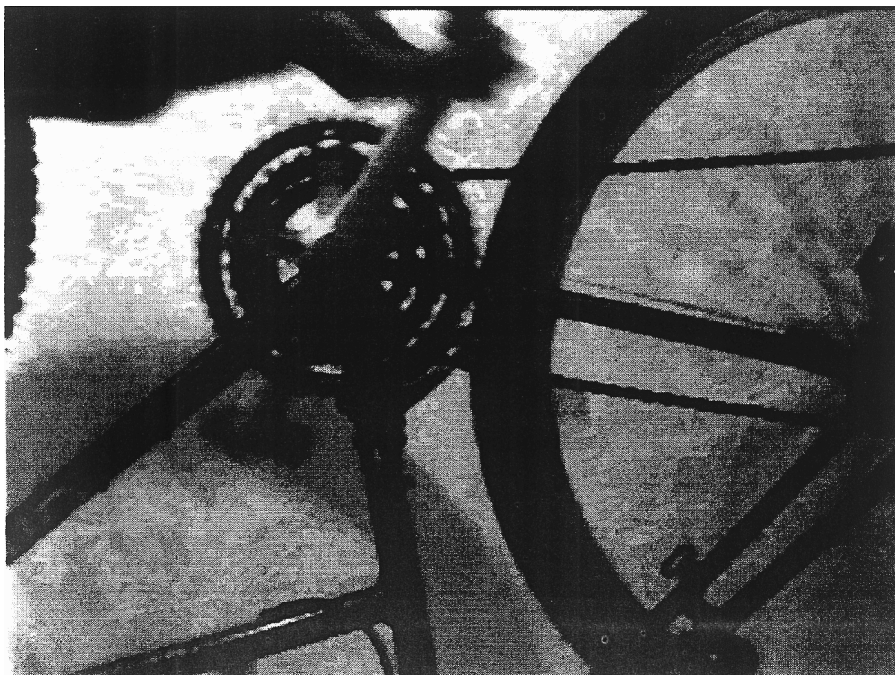
Energie d'un pendule simple (camescope au 1/4000)					période:				
masse=	0,178 kg		angle à to	30 °	To=	1,46 s			
longueur l=	0,53 m				Tmes=	1,48 s			
échelle:	0,5 m réel pour	0,245 mm doc			Ttheo=	1,49 s			
incertitude	1 mm doc =>	2,04 mm réel			Ep=0 pour y=	-0,076 m			
Tscope=	0,04 s				Ep=mg y+	0,1317 J			
E=	2,04	xo=	0 m						
Formules: $X_{réel} = X_{doc} \cdot E \cdot 0,001$									
t en s	xdoc (mm)	xréel en m	ydoc	y réel(m)	vx (m/s)	vy (m/s)	Ek en J	Ep en J	Em en J
0	0	0,000	0	0,00E+00				0,1317	
0,04	2	0,004	-2	-4,08E-03	0,153	-0,128	0,0035	0,1246	0,1281
0,08	6	0,012	-5	-1,02E-02	0,332	-0,204	0,0135	0,1139	0,1274
0,12	15	0,031	-10	-2,04E-02	0,510	-0,281	0,0302	0,0961	0,1263
0,16	26	0,053	-16	-3,27E-02	0,663	-0,281	0,0462	0,0747	0,1209
0,2	41	0,084	-21	-4,29E-02	0,816	-0,281	0,0663	0,0569	0,1233
0,24	58	0,118	-27	-5,51E-02	0,969	-0,306	0,092	0,0356	0,1276
0,28	79	0,161	-33	-6,73E-02	1,071	-0,204	0,1059	0,0142	0,1201
0,32	100	0,204	-35	-7,14E-02	1,148	-0,102	0,1182	0,0071	0,1253
0,36	124	0,253	-37	-7,55E-02	1,173	-0,051	0,1228	-2E-05	0,1228
0,4	146	0,298	-37	-7,55E-02	1,148	0,026	0,1173	-2E-05	0,1173
0,44	169	0,345	-36	-7,35E-02	1,148	0,128	0,1187	0,0035	0,1223
0,48	191	0,390	-32	-6,53E-02	1,046	0,255	0,1032	0,0178	0,1209
0,52	210	0,429	-26	-5,31E-02	0,918	0,306	0,0834	0,0391	0,1225
0,56	227	0,463	-20	-4,08E-02	0,765	0,306	0,0605	0,0605	0,121
0,6	240	0,490	-14	-2,86E-02	0,638	0,281	0,0432	0,0819	0,1251
0,64	252	0,514	-9	-1,84E-02	0,485	0,204	0,0246	0,0997	0,1243
0,68	259	0,529	-6	-1,22E-02	0,281	0,128	0,0085	0,1103	0,1188
0,72	263	0,537	-4	-8,16E-03	0,153	0,077	0,0026	0,1175	0,1201
0,76	265	0,541	-3	-6,12E-03					



Annexe 3



Annexe 4



Annexe 5

