

Matériel rustique pour l'introduction des notions de forces et mouvements en 3^{ème}

Utilisable en seconde, voire en première

par Maurice FABRE,
Lycée du Parc Impérial - 06050 Nice Cedex.

I. UNE PLANCHE, DES BILLES, UNE RAMPE, DES AIMANTS.

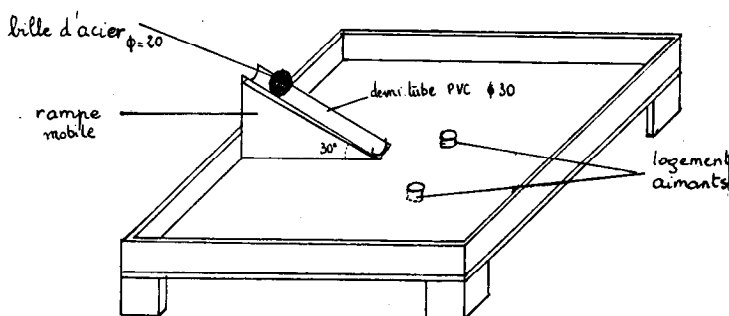


Fig. 1

1. Description.

a) La planche est du type planche à dessin, avec des rebords pour récupération des billes. Elle est percée de 2 trous permettant de loger des aimants cylindriques (boîte d'aimants 3^e) et munie de pieds, pour que les aimants affleurent le dessus de la planche.

b) Une bille d'acier, d'au moins 20 mm de diamètre ; une bille légère en polyester contenant en inclusion un petit aimant, genre fermeture magnétique des portes ; une bille en plomb ou cuivre ou verre.

c) La rampe servant à propulser les billes sur la planche est constituée d'un coin en bois, d'épaisseur 20 mm au moins, assurant la stabilité et permettant de clouer ou coller un demi-tube d'électricien en PVC de 30 mm de diamètre, sur la partie inclinée d'environ 20 à 30° sur l'horizontale.

2. Utilisation et exploitation.

Chaque élève peut faire son enregistrement. Pour ce faire, on place sur la planche une feuille blanche recouverte d'une feuille de papier carbone le plus fin possible. La bille d'acier trace des lignes suffisamment visibles pour être exploitées. On repère pour chaque enregistrement les positions de la rampe et de l'aimant.

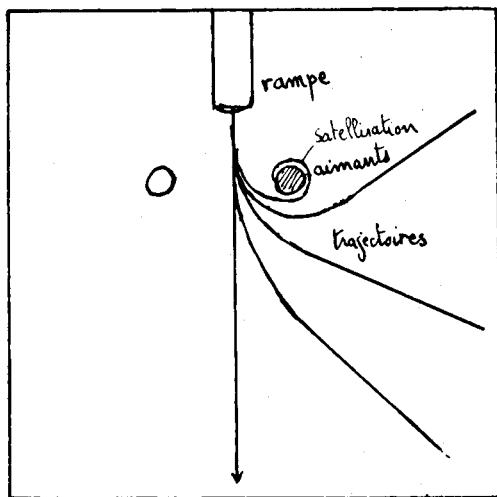


Fig. 2

Expérience 1 :

- aimant et rampe fixes l'un par rapport à l'autre,
- la valeur de la vitesse de la bille varie suivant sa position de départ sur la rampe,
- *résultats* :
 - l'action de l'aimant modifie la trajectoire de la bille,
 - la force modifie la direction du mouvement de la bille (idée de direction de la vitesse),
 - influence de la vitesse : pour une force donnée, plus la vitesse est faible, plus importante est la modification de la trajectoire (on peut obtenir un aspect de satellisation).

Expérience 2 :

- étude des cas où il n'y a pas de modification de la trajectoire,

- diverses possibilités :
 - rampe et aimant dans la même direction,
 - rampe et deux aimants symétriques par rapport à celle-ci,
 - sans aimant,
 - avec la bille en plomb,
- *résultats* :
 - notion d'action compensée,
 - idée : la direction de la trajectoire n'est pas modifiée s'il n'y a pas d'action ou si les actions se compensent.

Expérience 3 :

- observation : pas d'aimant, mais action entre la bille d'acier et la bille contenant l'aimant,
- *résultats* :
 - la bille la plus légère se déplace,
 - notion d'interaction aimant-bille d'acier.

Expérience 4 :

- observation : bille d'acier et une règle flexible en acier servant de guide pour la bille à sa sortie de la rampe,
- *résultats* :
 - la direction du mouvement est modifiée suivant la courbure du mètre,
 - notion d'action de contact,
 - interaction bille-mètre.

Conclusion.

Introduction des notions de forces à distance ou de contact, susceptibles de modifier la direction de la vitesse des mobiles en interaction.

Par contre, s'il n'y a pas de force, ou s'il y a des forces compensées, le mouvement reste rectiligne.

II. UN MARQUEUR DE DUREE.

1. Description et construction.

On trouve le moteur électrique dans les magasins de modèles réduits. Il doit tourner entre 3 000 et 3 500 tours/minute, et surtout être très stable. Le Mabuchi RE 280 distribué par Scientific France est livré avec son support.

La plupart des autres accessoires se trouvent généralement dans les grands magasins de bricolage. Certains moteurs (attribution de 5°) peuvent convenir.

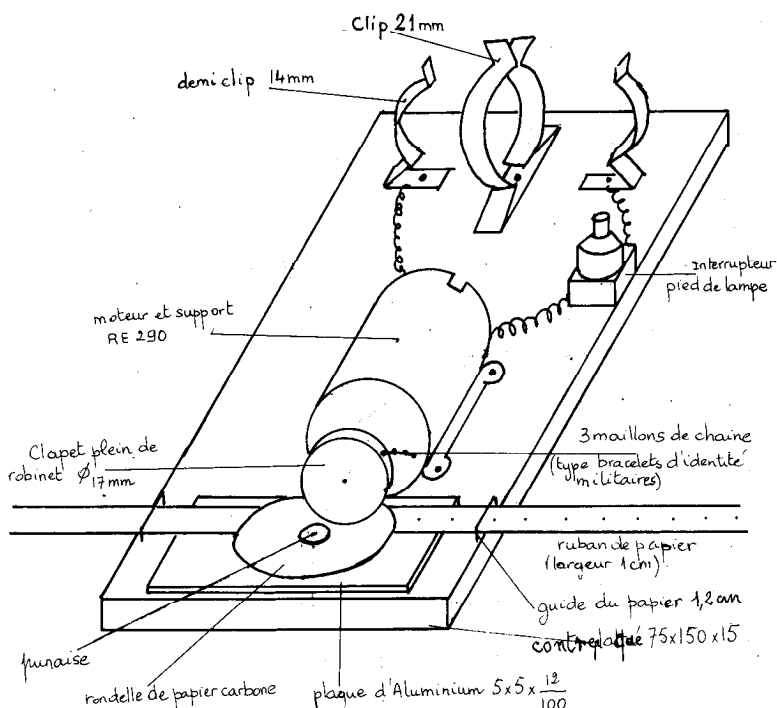


Fig. 3 a.

Pour les bandes de papier de largeur 1 cm, il faut tronçonner à la scie à métaux un rouleau de machine à calculer. On prendra soin de bien poncer les bords du rouleau obtenu.

La rondelle de papier carbone est un peu plus rigide que le papier carbone habituel, pour qu'elle puisse tourner facilement quand la bande défile sans elle au cours de l'enregistrement; cependant, on peut utiliser le carbone ordinaire, mais on le fera tourner légèrement après chaque enregistrement.

La chaînette est constituée de 3 maillons de type chaîne de lavabo, cependant les chaînes plus fines se trouvant dans les magasins de surplus américains conviennent mieux.

La chaînette est placée en force sur le clapet, de même que celui-ci sur l'axe du moteur, après avoir percé un petit trou de centrage.

La plaque d'aluminium est scellée simplement sur le contre-plaqué.

Le moteur et son clapet sont ensuite fixés, puis les guides dans l'axe de la chaînette, enfin un ou deux petits trous sont percés dans la plaque d'aluminium pour punaiser la rondelle de carbone.

On place ensuite l'interrupteur pied de lampe, le clip support de pile (1,5 V) ronde, grosse ou moyenne, et les deux demi-clips servant de contact.

2. Utilisation et exploitation.

Pour enregistrer le mouvement d'un corps solide, on attache à l'une de ses extrémités, une bande de papier de 50 à 100 cm de long, avec du papier collant. Lorsque le moteur tourne, la chaînette inscrit des repères sur le papier.

Lors des enregistrements, veiller à ce que la rotation du moteur soit dans le sens d'entraînement de la bande de papier, et que celle-ci soit bien tractée dans l'axe des guides, afin d'éviter au maximum les frottements.

La bande de papier est placée de préférence sous le papier carbone, généralement plus fin ; cependant, on peut faire deux enregistrements simultanés avec deux rondelles de papier carbone, faces inversées, et deux bandes de papier, l'une au-dessus, l'autre en dessous des rondelles de carbone, mais les résultats ne sont pas toujours bons.

a) ETUDE DES ENREGISTREMENTS.

Ne pas oublier que l'origine des dates est inconnue et qu'on ne pourra pas généralement comparer les bandes enregistrées directement.

Cela permet d'introduire de façon concrète une méthode de mesure de la vitesse, où la durée étant fixée par avance, c'est la distance parcourue qui donne la mesure de cette vitesse. Cependant, il est préférable de ne pas donner la valeur de la durée, car elle peut varier, notamment en fonction de l'usure de la pile.

On peut aussi construire le graphique de la distance parcourue en fonction du temps. Pour cela, on mesure pour chaque point sa distance à l'origine des espaces, que l'on porte en ordonnée, puis on gradue l'axe des dates en durées arbitraires. On pourra retrouver l'origine des dates en extrapolant la courbe.

On peut encore construire le graphique des vitesses. On mesure la distance entre chaque point, que l'on porte en ordonnée, et on gradue l'axe des dates en durées arbitraires. On peut retrouver l'origine des dates, mais ici cela ne présente aucun intérêt.

On peut surtout construire l'histogramme des vitesses en découpant les bandelettes allant d'un point à l'autre et en les

collant côte à côte, à partir d'un axe des dates horizontal, sur papier calque si on veut comparer ensuite.

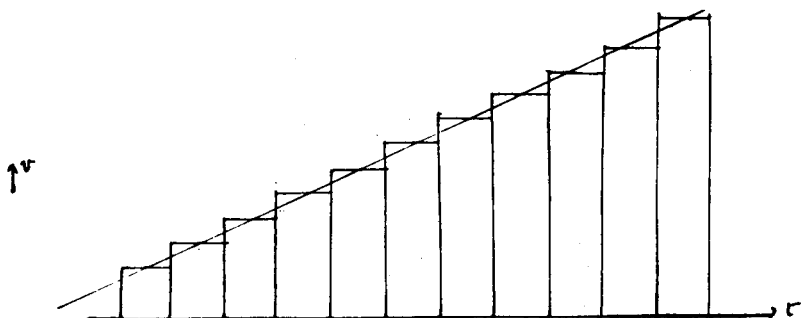


Fig. 3 b.

Cette dernière construction est préférable pour la classe de 3^e, car les imperfections dues aux divers instruments apparaissent beaucoup moins et l'élève prendra ainsi conscience, d'abord de l'allure générale d'un phénomène, avant d'entrer plus tard dans les considérations plus fines.

Il est inutile ainsi de tracer l'axe des ordonnées, on peut le placer ensuite si on le désire.

b) EXEMPLES : étude de la chute libre.

On fixe le marqueur de durée bien verticalement, ce que l'on vérifie soigneusement. On suspend ensuite un objet de 50 à 100 g environ à la bande de papier fixé avec une pince crocodile. On lance le moteur puis on lâche l'objet. On recommence avec deux objets, puis trois objets identiques. Après avoir construit les histogrammes sur papier calque, on les compare par superposition.

étude d'une chute ralentie,

étude du mouvement d'un parachute.

Les résultats sont inégaux et dépendent beaucoup de la qualité du parachute. Le mouvement uniforme est obtenu, mais je n'ai pas fait une étude systématique des meilleures conditions expérimentales à réaliser. Cela permet d'attirer l'attention de l'élève sur $P = R$ et non pas, ce qui est trop souvent entendu, P est légèrement supérieur à R .

III. LA CATAPULTE, LE PATIN ET LE MARQUEUR DE DUREE.

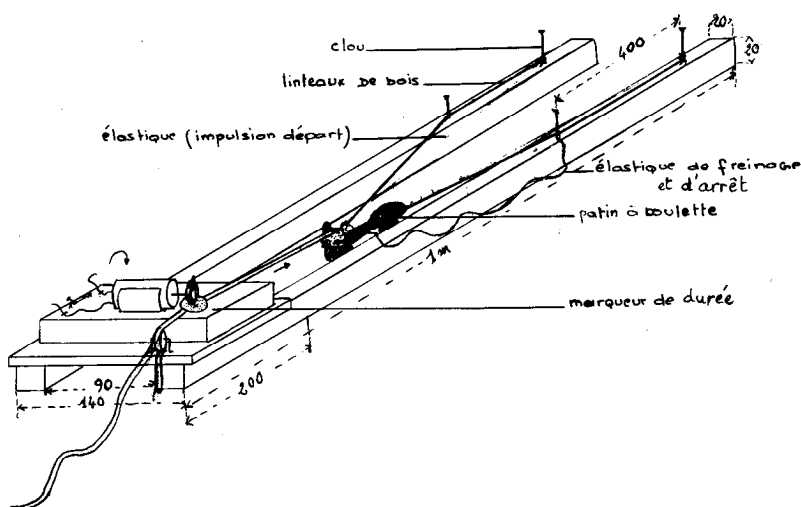


Fig. 4. — Enregistrement du mouvement du patin.

1. Description.

Sa longueur ne doit pas excéder 1 mètre, de façon que l'on puisse la fixer au moyen d'un serre-joint, par exemple, sur un chariot ou une table d'écolier dont la surface est bien lisse. La valeur des cotes indiquées sur la figure est approximative, mais l'épaisseur totale, y compris le marqueur de durée, doit se rapprocher le plus possible de la hauteur du patin à roulettes utilisé.

Les élastiques doivent être assez mous pour permettre un lancement et un freinage progressif du patin. Ceux utilisés par les couturières conviennent.

Les clous extrêmes servent à fixer le caoutchouc de lancement, et les clous latéraux à éviter, lors du lancement, que le caoutchouc passe sous les roues. L'un d'eux sert aussi à fixer l'élastique du freinage.

Le patin est ordinaire. Bien vérifier que les roues sont parallèles. Les régler éventuellement.

2. Utilisation et exploitation.

On vérifie que les guides du marqueur de durée sont bien dans l'axe de la catapulte.

On découpe une bande de papier enregistreur de 1 m environ, que l'on passe dans les guides, sous le carbone, et dont une extré-

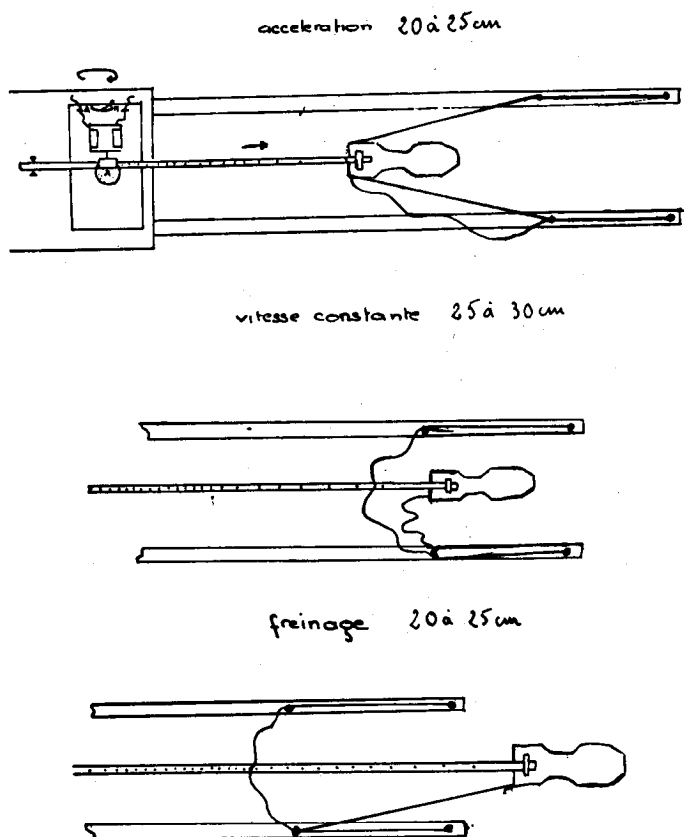


Fig. 5

mité est fixée avec du scotch sur le dessus du patin. On vérifie encore que la bande est bien dans l'axe du mouvement.

L'élastique de freinage est attaché à une oreille arrière du patin. On place l'élastique de lancement très légèrement tendu, et sans oublier de le faire passer derrière les clous latéraux, à la hauteur du talon du patin ; bien dégager vers l'extérieur l'élastique de freinage. On amène le patin en contact avec la planche, l'élastique se tend, on rectifie la tension de la bande ; on lance le moteur, puis on lâche le patin.

On marque le début et la fin du parcours sur la bande. Il ne reste plus qu'à découper les bandelettes pour construire l'histogramme.

L'exploitation en est simple :

- a) — mouvement à valeur croissante de la vitesse (accélééré),
— mouvement à valeur constante de la vitesse (uniforme),
— mouvement à valeur décroissante de la vitesse (décélééré).
- b) La force élastique provoque une modification de la valeur de la vitesse. Par contre, en l'absence de la force élastique, la vitesse reste constante. En utilisant la première partie (I), toutes les conclusions concernant l'introduction de la notion de force en classe de 3^e sont possibles.

IV. CONCLUSION.

On peut encore envisager d'autres applications, mais ce qui est important, c'est qu'avec seulement deux exemplaires de chaque appareil, tous les élèves peuvent manipuler et posséder plusieurs enregistrements.

La rusticité des appareils amène l'élève doué à effectuer chez lui des expériences personnelles. De toutes façons, l'observation en est renforcée et même si les mesures, quoique bonnes, ne sont pas parfaites, l'aspect quantitatif amène l'élève à des concepts qu'il a beaucoup de mal à admettre autrement. A cet âge, on ne discute pas avec les chiffres.
