

Quelques expériences de mécanique

DESTINEES A LA CLASSE DE 3^e

par Denise DEBUIGNE,
C.R.F. P.E.G.C., Rennes.

L'ensemble des expériences décrites dans cet article s'inscrit dans le cadre de la recherche d'une meilleure liaison 3^e - 2^{de} à propos de la mécanique. On constatera qu'une approche comparable peut être faite, et ce avec des moyens financiers réduits, pour une sensibilisation aux concepts de repère, vitesse, force... On trouvera en particulier quelques possibilités de distinguer force et vitesse tout en n'introduisant aucune des difficultés propres à la classe de 2^{de} et qui sont liées aux modèles mathématiques de vitesse, quantité de mouvement et force. Plusieurs de ces expériences peuvent être réalisées par les élèves.

Première partie :

MOUVEMENT RELATIF (*)

A) ETUDE DU MOUVEMENT DE DIFFERENTS POINTS D'UN CHARIOT DANS 2 REPERES DIFFERENTS.

Objectifs.

Un des premiers objectifs est de montrer que la trajectoire d'un point dépend du repère choisi et que, pour un repère donné, les trajectoires de divers points d'un mobile peuvent être très différentes les unes des autres. La mise en œuvre de cette expérimentation dans quelques collèges de l'Académie de Rennes a montré qu'elle se révélait motivante, tout en faisant appel aussi à l'habileté des élèves.

Place dans la progression.

L'expérience proposée, ne nécessitant pas l'introduction préalable de la notion de vitesse, peut être exploitée dès le début du cours de mécanique, afin d'introduire expérimentalement des notions variées. Elle permet en effet l'étude des trajectoires de quelques points d'un chariot qui roule sans glisser sur un sol plan.

(*) *N.D.L.R.* : Le mouvement relatif n'est pas explicitement au programme de 3^e.

Principe et description générale.

On utilise 2 chariots, disposés horizontalement (voir schéma 1).

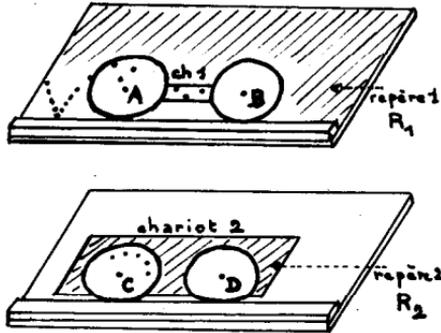


Schéma 1

Dans un premier cas (chariot 1) les diverses positions de certains points seront repérées sur une feuille fixée sur une planche P liée à la table (repère R_1), alors que dans le deuxième (chariot 2) ces points seront repérés sur une feuille fixée sur le corps C_2 du chariot (repère R_2).

Il faudra donc prévoir de percer quelques trous dans ces chariots ; leur diamètre devra permettre l'introduction précise et reproductible d'une mine de crayon.

Le corps C_1 du chariot 1 sera ainsi constitué d'une bande étroite afin qu'elle gêne le moins possible le repérage des positions des points de la roue dans le repère R_1 .

Le corps C_2 du chariot devra être au contraire large et recouvert au maximum par les roues ; les axes C et D devront être situés à une distance de la « base » du corps C_2 légèrement inférieure au rayon des roues.

Matériel à fabriquer.

Très simple à mettre en œuvre (voir schémas 2).

Il faut fabriquer en tout : 4 (ou 2) roues, un corps C_1 , un corps C_2 et un « chemin de roulement ».

Les roues, réalisées en polystyrène choc de 2 mm ou en contreplaqué de 3 mm d'épaisseur ou à la rigueur en carton très épais, auront au maximum 7 cm de diamètre, afin que le chemin de roulement ait un encombrement limité à 45 cm environ. On percera chaque roue en son centre, en deux autres points H et I situés l'un à la périphérie, l'autre plus près du centre sur le

même diamètre, et en un point quelconque J. Pour le corps C_1 , une bande de contreplaqué de 1 cm sur 12 cm conviendra.

Les axes A et B, constitués de clous raccourcis seront aussi éloignés que possible sur cette bande. On percera 3 trous E, F, G en des points qui seront situés entre les roues après montage du chariot.

Une planchette de 8 cm sur 21 cm conviendra pour le corps C_2 . Les axes seront positionnés à une distance de la base de cette planchette égale au rayon de la roue diminué de 2 mm, soit de 3,3 cm si le diamètre de la roue est de 7 cm.

Chaque roue devra pouvoir tourner librement autour des divers axes A, B, C, D.

Le chemin de roulement sera constitué d'une baguette de bois clouée sur une planchette de 15 cm sur 45 cm environ, sur laquelle une bande de papier pourra être scotchée.

On pourra, si on le souhaite, graduer la roue en secteurs de 15° , comptés à partir du point H.

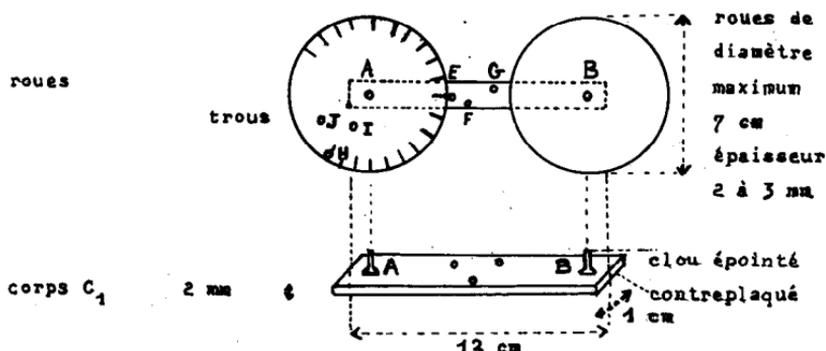


Schéma 2 a : Construction du chariot 1.

Expériences :

Les élèves seront invités à faire rouler l'un ou l'autre des chariots. Ils découvriront alors qu'ils devront l'appuyer, par l'intermédiaire du corps, sur le chemin de roulement, pour que la roue tourne sans glisser (des frottements, cela peut être utile...). Cette découverte pourra d'ailleurs être exploitée ultérieurement au niveau des interactions roues \leftrightarrow sol.

Suivant le repère choisi, ils ont devant eux : soit une feuille de papier de 10×42 cm fixée sur la planche P si l'on utilise le

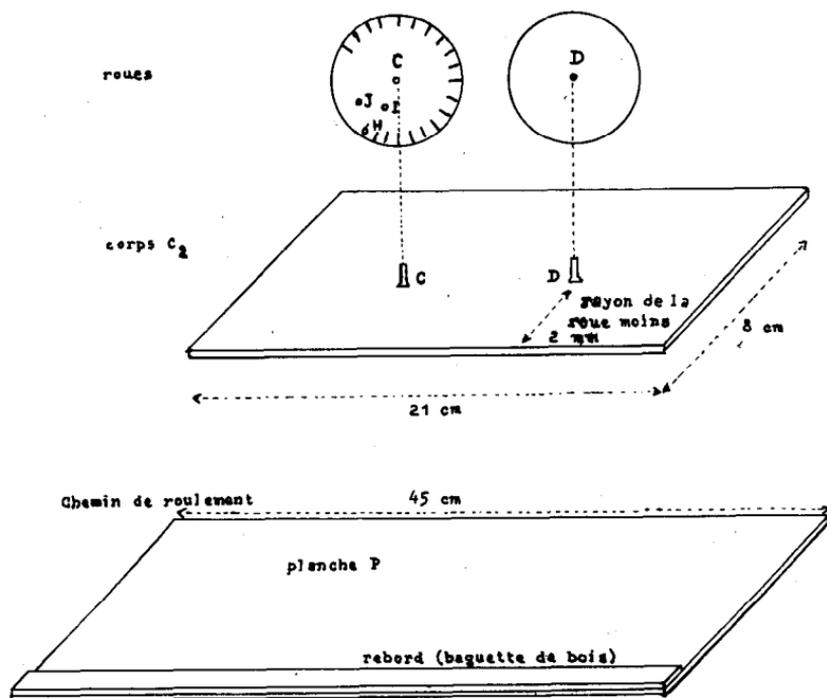


Schéma 2 b : Construction du chariot 2.

chariot 1, soit une feuille de 8×21 cm fixée sur le corps du chariot 2.

Les graduations de la roue permettront d'obtenir des déplacements égaux de l'ensemble du chariot : les élèves pourront repérer ces déplacements sur la bande de papier scotchée sur le chemin de roulement.

On pourra alors proposer diverses activités, par exemple :

a) dans les 2 cas de chariots :

- 1) repérer, pour une succession de petits déplacements « identiques », la position d'un point de la roue. On obtiendra une suite discontinue de points expérimentaux. (Le professeur devra exiger le maximum de soin dans le repérage des points...).

La trajectoire du point H relative à la planche P étonne les élèves, si rien ne leur a été affirmé au préalable... Ils comprennent alors l'importance du mot « repère ».

REMARQUE : Par rapport à R_1 , on peut constater que, pour des déplacements identiques du chariot, le point H se déplace très différemment suivant qu'il est proche du sol, ou au contraire, dans sa position la plus haute.

- 2) Repérer de la même façon les trajectoires de plusieurs points. Pour cela, il est souhaitable de repérer simultanément les positions de ces divers points H, I et E par exemple, pour une position donnée du chariot, afin de comparer leurs déplacements.

REMARQUE : Ces activités pourront être l'occasion d'introduire la notion de continuité à partir d'une suite discontinue de points expérimentaux.

- b) Avec le seul chariot 1 :

Pour seulement 2 positions de la roue, comparer les trajectoires de H, E, F et G (éventuellement de A et B avec un papier calque). Si le repérage est soigné, on vérifiera que $\overline{EE'} = \overline{FF'} = \overline{GG'} = \vec{t}$. D'où la notion de translation.

- c) Avec le seul chariot 2 :

Pour 2 positions successives de la roue, on fera constater que les secteurs angulaires $\widehat{HAH'}$, $\widehat{IAI'}$, et $\widehat{JAJ'}$ sont égaux. D'où la notion de rotation.

B) CONSTRUCTION GRAPHIQUE DU DEPLACEMENT D'UN MOBILE DANS DES REPERES DIFFERENTS.

L'activité proposée dans ce paragraphe n'est pas à proprement parler expérimentale, mais plus exactement graphique. Elle peut constituer une activité individuelle que les élèves peuvent faire chez eux, qui leur permettra de tracer d'autres trajectoires dans divers repères et de prendre conscience que l'on ne peut parler de la vitesse d'un mobile sans préciser le repère choisi.

Place dans la progression.

Contrairement au cas du paragraphe A, cette activité nécessite l'introduction des notions de vitesse et de mouvement uniforme.

Matériel.

Deux feuilles de papier, un crayon et du papier carbone suffisent.

Situation physique envisagée.

On considère un mobile A animé d'un mouvement rectiligne uniforme, de vitesse $\vec{V}_{A/T}$ par rapport à la terre et un mobile B animé d'un autre mouvement, suivant une direction perpendiculaire à la première, rectiligne uniforme, de vitesse $\vec{V}_{B/T}$ par rapport à la terre. Dans un repère lié au mobile A, le mobile B aura un mouvement rectiligne uniforme de vitesse $\vec{V}_{B/A} = \vec{V}_{B/T} - \vec{V}_{A/T}$. Donc, dans le cas où les 2 mobiles se rencontrent (en O), A pourra très bien affirmer qu'il a vu B aller « droit vers lui ». Même situation pour B qui verra arriver A avec la vitesse : $\vec{V}_{A/B} = \vec{V}_{A/T} - \vec{V}_{B/T}$ (voir schéma 3).

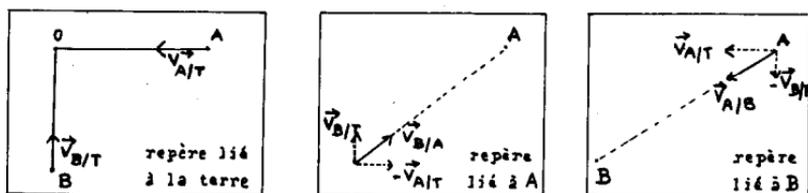


Schéma 3

Activité des élèves.

On pourra proposer des situations diverses pour personnaliser ce problème. Par exemple : un enfant envoie une balle qui traverse à vitesse constante \vec{v} une route ; un cycliste arrive sur cette route, lui aussi à vitesse constante \vec{v}' .

PROBLÈME : La balle atteindra-t-elle le cycliste ? Si elle l'atteint, le cycliste a-t-il raison s'il affirme qu'il a vu arriver la balle « droit vers lui », et donc que l'enfant le visait ? On peut aussi imaginer des problèmes de torpille et de sous-marin, etc.

On prendra 2 feuilles R_A et R_B séparées par un papier carbone. La feuille R_A dépassera l'autre d'au moins 1 cm. R_B représentant le repère lié au sol, sera fixé à la table par quelques morceaux de scotch comme l'indique le schéma 4.

L'élève devra pointer les positions de B à des intervalles de temps égaux. On aura les positions successives : $B_0, B_1, B_2...$ à $t = 0, 1, 2...$

Comme A se sera déplacé pendant ces intervalles de temps, il faudra déplacer R_A par rapport à R_B . A sera ainsi en $A_0, A_1, A_2...$ à $t = 0, 1, 2...$

En raison de la présence du papier carbone, l'élève pointera donc simultanément les positions de B par rapport à R_B et par rapport à R_A .

Quand il enlèvera la feuille supérieure, la trajectoire de B dans R_A apparaîtra.

Si le niveau de la classe le permet, une étude de la vitesse dans ce repère sera même possible, mettant en évidence la nature vectorielle de la vitesse.

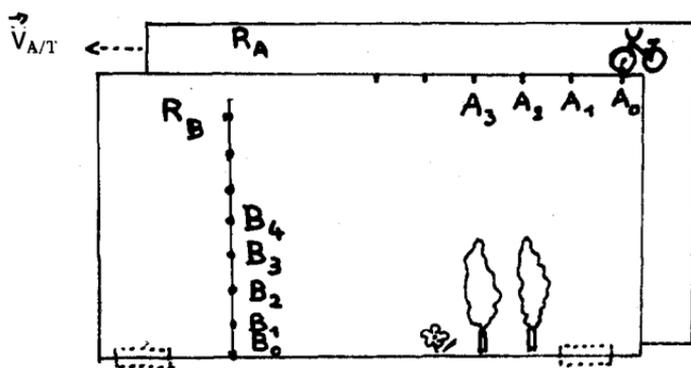


Schéma 4

Autres possibilités.

Une activité analogue peut être proposée dans le cas où R_B est animé d'un mouvement de rotation uniforme par rapport à R_A lié au sol, alors que dans R_B , B est animé d'un mouvement rectiligne uniforme.

Cela peut être le cas d'un forain F traversant un manège, du centre vers l'extérieur, ou mieux d'un bout à l'autre d'un diamètre. On peut demander quelle est la trajectoire du forain par rapport à une personne restée à l'extérieur du manège.

Le repère lié au sol sera représenté par une feuille scotchée sur une planchette de bois. Une punaise permettra à un cercle gradué en papier de tourner autour de O. Un papier carbone interposé permettra aussi de repérer dans R_A les positions successives de F. La trajectoire de F dans R_A présente l'avantage d'être esthétique... (voir schéma 5).

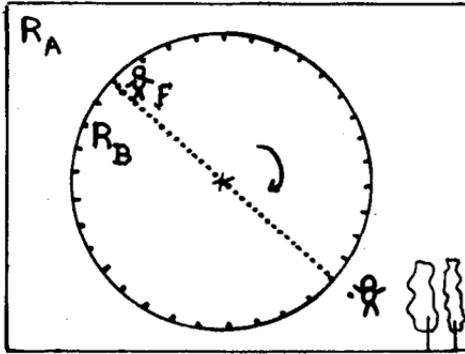


Schéma 5

D'autres exemples mettant en évidence la relativité des trajectoires et des vitesses peuvent être étudiés en utilisant cette technique graphique avec papier carbone, mais il peut être nécessaire de donner la position des mobiles aux divers instants choisis, lorsque les mouvements ne sont pas uniformes. Par exemple : mouvement d'une balle lancée verticalement à partir d'un tapis roulant..., lancement d'une fusée...

Deuxième partie :

ENREGISTREMENT DE MOUVEMENTS RECTILIGNES

Objectifs.

Le repérage des positions d'un mobile à des intervalles de temps égaux, qui sera abondamment exploité en classe de seconde, semble important à réaliser dès la classe de 3^e. En effet, dans la quasi-totalité des cas rencontrés par les élèves dans la vie courante, la connaissance du mouvement d'un mobile passe par un découpage en intervalles égaux de l'espace et non du temps (temps mis par une voiture au kilomètre, départ arrêté ; temps mis pour une course à pied de 100, 200, 300 m ; temps mis pour faire 1, 2, 3... fois un parcours donné ; dans une course, on repère des temps intermédiaires à une distance déterminée...). Il n'y a guère que dans une voiture que l'on puisse, grâce au compteur, repérer les chemins parcourus pendant des temps égaux.

Prendre d'autre part le « temps » comme variable est un élément nouveau. Les courbes alors obtenues devront être distinguées soigneusement de la notion de trajectoire, surtout si une des fonctions n'est pas affine alors que la trajectoire est rectiligne.

Divers modes d'enregistrements possibles.

Sur un mobile animé d'un mouvement rectiligne quelconque, on attache une bande étroite de papier qui défile sans frottement sous un système qui pourra périodiquement laisser une trace sur cette bande.

* On trouvera dans « le nouveau Manuel de l'UNESCO » [2], une description d'un enregistrement utilisant une sonnette électrique : le battant de cette sonnette frappe périodiquement une rondelle de papier carbone, dont la face encrée est tournée vers la bande de papier.

* Un autre mode d'enregistrement a été décrit par M. FABRE dans le B.U.P. n° 640 de janvier 1982 [1]. Il utilise les petits moteurs électriques Mabuchi qui tournent aux environs de 3 000 tours par minute. Une chaînette fixée sur l'axe frappe là aussi une rondelle de papier carbone sous laquelle défile la bande, perpendiculairement à l'axe du moteur.

* Le mode d'enregistrement proposé ici est légèrement différent des précédents, dans la mesure où la bande de papier défile sous un moteur électrique, parallèlement à son axe. Sur cet axe, on a fixé un pinceau encreur qui laissera donc une trace transversale très visible sur la bande de papier. Les enregistrements pourront être vus par toute une classe. De plus, la vitesse du moteur choisi peut être modifiée ; on pourra donc l'adapter à celle du mobile, que celui-ci se déplace lentement ou rapidement.

Le prix du moteur ne permet pas, dans ce cas, d'avoir un montage par élève ; cependant une exploitation collective des enregistrements est fort possible.

Matériel.

Un moteur « meccano » à courant continu (6 V) à 6 vitesses de sortie différentes ; (prix approximatif : 160 francs) ; une pile plate de 4,5 V ; un interrupteur électrique ; deux bornes ; un domino électrique numéro 10 ; un pinceau « petit gris » numéro 2 ; une petite bouteille souple d'encre de chine, du type compte-gouttes ; diverses planchettes bien lisses, dont certaines de faible épaisseur ; des bandes de papier de largeur constante (1 cm environ) ou même des serpentins ; une feuille semi-rigide en plastique transparent du type de celles utilisées pour les rétroprojecteurs.

Montage du bloc enregistreur.

Comme l'indique le schéma 6, le moteur « meccano » sera monté sur un socle bois de 6 cm sur 10 environ ; sous ce socle, deux cales de 2 cm sur 6 cm et de 2 mm d'épaisseur, en polystyrène choc par exemple, laisseront un passage de 2 cm de large, parallèle à l'axe du moteur ; le socle de l'ensemble fera 12 cm sur 20 cm environ.

On sortira la partie métallique du domino n° 10 que l'on sciera en 2 pour ensuite réinstaller une seule des moitiés. On aura alors un système se vissant parfaitement sur l'axe du moteur. De plus, par le logement de la 2^e vis de serrage, on pourra introduire un pinceau très fin dont le diamètre sera choisi de telle façon qu'il puisse encore coulisser dans son logement afin d'être réglé en hauteur (voir schéma de détail 7).

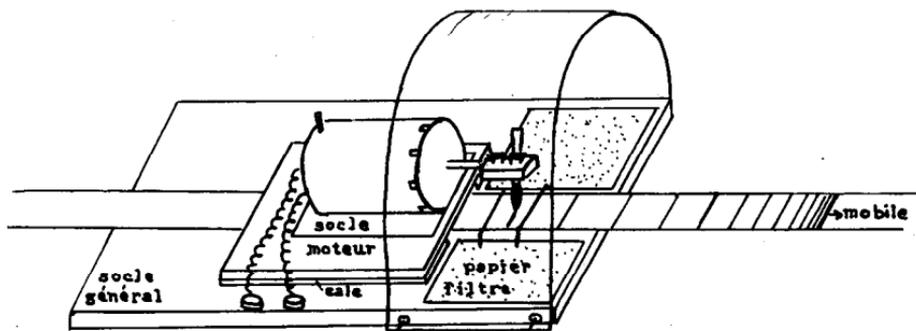


Schéma 6

Des guides de très faible hauteur seront placés de part et d'autre de l'endroit où le pinceau frottera sur la bande de papier, de façon que celle-ci ne soit ni soulevée, ni déchirée par le pinceau. Ceci est particulièrement important si l'on veut utiliser des serpents. Cependant, on veillera particulièrement à minimiser

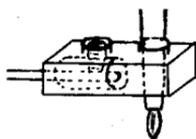


Schéma 7

les frottements. Ainsi, il faudra souvent adapter la hauteur du bloc enregistreur avec des cales, afin que la bande de papier soit toujours bien plane. En particulier si le mobile se déplace sur un plan incliné, le bloc enregistreur devra être lui aussi incliné afin qu'il soit parallèle à ce plan. L'encrage du pinceau se fait aisément, lorsque le moteur est débrayé, à l'aide du flacon souple. Après usage, on devra le nettoyer soigneusement afin que l'encre ne sèche pas.

La feuille plastique transparente sera rabattue en tunnel afin d'éviter toute projection. De même 2 morceaux de papier

buvard seront disposés de part et d'autre des guides pour éviter des taches sur le socle.

On aura avantage à utiliser l'interrupteur extérieur au moteur : disposé à proximité du mobile, les 2 manœuvres quasi simultanées de mises en route de l'enregistrement et du mobile seront facilitées.

Utilisations.

Très voisines de celles décrites dans le B.U.P. n° 640.

* On peut d'abord étudier un mouvement rectiligne uniforme, celui d'un petit train à piles par exemple. On montrera l'influence de la vitesse de rotation du moteur enregistreur pour une meilleure connaissance du mouvement du mobile. On pourra ainsi passer, avec les études graphiques correspondantes, d'un découpage grossier du temps à un découpage fin, afin de faire sentir la notion limite de vitesse instantanée.

* On peut ensuite étudier un mouvement rectiligne quelconque : par exemple celui d'une bobine de fil roulant sur un plan incliné ; une boucle de gros fil passant dans son axe permettra l'accrochage rapide de la bande de papier par du scotch.

* Après introduction de la notion de force exercée par un élastique tendu (voir troisième partie), on peut enregistrer le mouvement d'un skate-board ou d'un patin à roulettes (voir B.U.P.), lancé puis freiné par des élastiques tendus de part et d'autre du chemin de roulement (voir schéma 8). On peut obtenir aisément, par un bon choix d'élastiques un mouvement bien uniforme sur 40 cm environ, pour des déplacements de l'ordre du mètre. On fait vérifier que cela correspond à la phase du mouvement où le skate-board n'est plus au contact des élastiques ($v = C^{te}$ avec $\vec{F} = \vec{0}$).

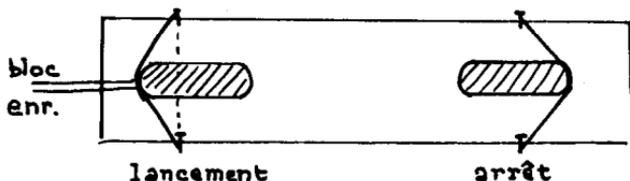


Schéma 8

En lestant le skate avec diverses masses de fonte, on peut facilement montrer l'influence de la masse du mobile sur la vitesse acquise pour des modes de lancement identiques (première notion expérimentale de masse inerte.).

* Il est possible de terminer par l'enregistrement d'un autre mouvement uniforme : celui du mouvement de chute d'un entonnoir plastique lesté avec une bille d'acier, dans un large tube P.V.C. rempli d'eau. Une poulie facilitera le montage (schéma 9). L'analyse des forces ($\Sigma \vec{F} = \vec{0}$) est souhaitable. Un parallèle avec le mouvement de chute d'un parachute s'impose.

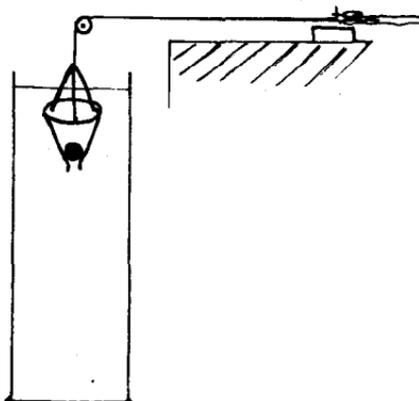


Schéma 9

Exploitation collective.

On peut envisager un travail individuel des élèves à partir de la photocopie d'une bande d'enregistrement : après découpage d'une bonne bande en 4 parties de 25 cm par exemple, on peut aisément les coller sur une feuille de format normal.

Il est alors possible de faire tracer le graphique de la distance parcourue en fonction du temps, ainsi que l'histogramme des distances parcourues pendant les intervalles de temps égaux.

Troisième partie :

USAGE D'UNE TABLE NOIRE POUR UNE APPROCHE DYNAMIQUE DU CONCEPT D'ACTION MECANIQUE OU DE FORCE

Objectifs.

Les expériences réalisables à l'aide de ce matériel permettent une approche de la notion de force voisine de celle qui est introduite en seconde avec une table à coussin d'air, à l'exception bien sûr, de l'approche quantitative, qui peut cependant être abordée, de façon élémentaire, à l'aide du dispositif décrit dans la 2^e partie.

Matériel.

Le matériel est constitué d'une planche épaisse (au minimum 1,5 cm) que l'on ponce soigneusement et que l'on noircit avec 2 ou 3 couches de peinture mate noire pour tableau.

Les mobiles sont des billes talquées qui, en roulant sur la table noire laissent une trace blanche.

Pour les diverses expériences on choisira, soit des boules de liège de différents diamètres suivant le choix de l'expérience ; (on les trouve dans le commerce, chez certains vendeurs d'articles de cave en particulier), soit des boules en acier (surtout celles provenant des roulements à billes de camions) ; si elles ne sont pas en parfait état, un peu de rouille accroît l'adhérence du talc. Les boules de liège se talquent très aisément et, lancées sur la table, elles laisseront la trace de leur trajectoire bien rectiligne si la vitesse de lancement est suffisante, si la table est bien plane et horizontale et surtout si on ne lui a pas donné un mouvement de « toupie ». (Cela évitera tous les effets spéciaux bien connus des joueurs de billard ou de tennis de table). En un mot, il faut faire en sorte de donner aux billes qu'on lance un mouvement de roulement sans glissement. Un petit coup de main suffit.

Les trajectoires des billes seront exploitables immédiatement, et effaçables d'un simple coup de chiffon.

Il faudra ajouter à la planche un système de rebords de 5 cm de hauteur, disposés à 5 cm environ des bords de la planche. Quel que soit le diamètre de la bille, celle-ci sera arrêtée sans rebondir, ce qui est essentiel.

Le schéma 10 montre un exemple de réalisation de rebords amovibles. Ainsi, après utilisation, les planches noircies pourront être stockées les unes sur les autres, bien à plat, donc sans risque de déformation, ce qui rendrait le matériel rapidement inutilisable.

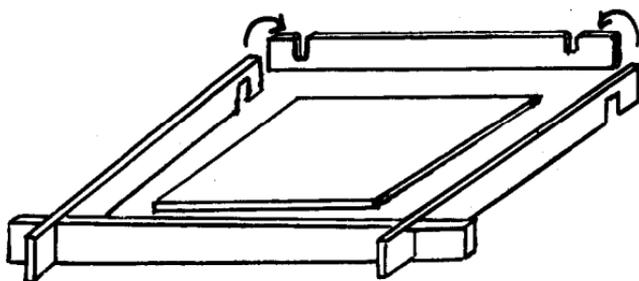


Schéma 10

Expériences.

La liste des expériences relatées ici est loin d'être exhaustive. Chacun pourra aisément en imaginer d'autres, selon le niveau de compréhension des élèves.

Un des intérêts majeurs de l'observation des trajectoires est d'obliger à bien faire la distinction entre une action mécanique très brève (et qui donc se traduira, en général, par une modification de la direction de la trajectoire rectiligne) et une action mécanique qui dure pendant tout le temps de l'expérience (et qui va donc « courber » la trajectoire, celle-ci n'étant, en général, plus rectiligne).

Une première activité permettant l'introduction de cette table noire pourrait être ludique : proposer aux élèves de lancer une bille de façon qu'elle entre et sorte par les fenêtres F_1 et F_2 d'un tube tracé avec du talc sur la planche (voir schéma 11).

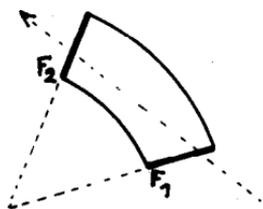


Schéma 11

Ainsi présenté, le mouvement de la bille paraît moins évident *a priori*, d'où une réflexion fructueuse sur la nature rectiligne du mouvement de ce système pseudo-isolé. Une telle activité a d'ailleurs fait l'objet d'un test intéressant dont les résultats sont parus récemment dans la presse scientifique [3].

* Premier exemple de successions possibles d'expériences.

On peut montrer que des actions mécaniques, apparemment très différentes, exercées sur une bille A choisie comme système, se traduisent par des effets comparables, si l'on visualise la trajectoire de A.

Par exemple dans les trois cas suivants :

- action temporaire d'un doigt sur la bille initialement en mouvement ;
- action d'une bille B non talquée sur la bille A ;
- « action » ou plutôt « rôle » d'un obstacle fixe sur cette bille A. (Cet obstacle devra être le plus rigide possible, si bien qu'on évitera d'utiliser les rebords).

Ainsi, on passe successivement de la notion de force exercée par l'élève sur la bille (il n'y a pas de difficulté à concevoir qu'il exerce une force sur un objet) à celle de force exercée par un objet en mouvement sur un autre (très bien admis par les élèves, car les notions de force, vitesse et énergie sont hélas souvent confondues) pour terminer par la notion de force exercée par un objet immobile (ce qui est plus difficile, car cette fois il n'y a plus ni vitesse, ni énergie évidente).



Schéma 12

On peut mettre à profit la modification du mouvement d'une bille assez légère sur laquelle on souffle (à l'aide d'un tube, afin qu'il n'y ait pas de contestation sur le sens de l'action du vent sur la bille) pour faire remarquer que la nouvelle vitesse de la bille n'a pas la direction de cette action mécanique (voir schéma 12). Pour le même vent, (un sèche-cheveux sera peut-être précieux) une boule de liège et une boule d'acier de même diamètre, lancées à des vitesses voisines seront différemment déviées...

On peut exploiter l'expérience de choc entre 2 billes pour mettre en évidence la notion d'interaction. On talque alors les 2 billes afin de voir que, lors du choc, les 2 billes subissent une modification de leur trajectoire rectiligne. Il est aisé de faire varier les conditions du choc en prenant des billes de masses différentes (schéma 13).

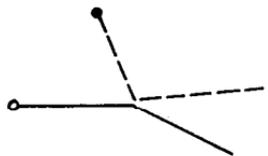


Schéma 13

* Deuxième exemple :

On peut introduire la notion de force exercée par un fil tendu et permettre une première approche des conditions d'obtention d'un mouvement de rotation.

Matériel nécessaire : une boule de liège de 4 centimètres ou plus de diamètre. On enlève localement un peu de liège afin de faire disparaître totalement la tête d'une épingle à grossé tête

ronde à laquelle on a attaché au préalable un fil de lin. En effet, rien ne doit pouvoir modifier la trajectoire rectiligne de la bille tant que le fil n'est pas tendu (voir schéma 14).

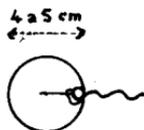


Schéma 14

On fixe l'extrémité du fil à l'aide d'une punaise par exemple sur un des rebords et on lance la bille, fil non tendu dans une direction quelconque. La trajectoire est modifiée. Il est intéressant de voir que le changement de direction de cette trajectoire se produit lorsque la bille est dans la seule position où le fil est tendu (voir schéma 15). Il y a donc eu force exercée par le fil

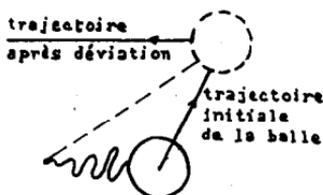


Schéma 15

sur la bille, ce qu'il est important d'analyser, car les élèves se préoccupent bien plus spontanément de la force exercée par la bille sur le fil, celle-ci étant en mouvement. On fait remarquer que la direction de la force exercée par le fil n'est pas celle de la trajectoire après le choc.

On peut ensuite, avec un peu d'habitude, lancer la bille avec une vitesse telle que la trajectoire devienne circulaire après quelques chocs (voir schéma 16). D'où une approche expérimentale de la notion de force centripète.

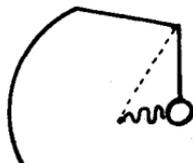


Schéma 16

Pour cela, un clou planté au milieu de la planche est indispensable ainsi que dans l'expérience qui suit. Mais, pour les rai-

sons de stockage de planches évoquées précédemment, on pourra avantageusement percer un trou dans la planche et n'introduire un gros clou qu'au moment de l'expérience ; sa tête ne devra pas dépasser de la planche. Un petit tube de cuivre noyé dans le trou permettra de renforcer ce trou qui aurait tendance à s'agrandir si la planche est en aggloméré, ce qui donnerait un jeu peu souhaitable pour le clou.

On a ensuite la possibilité de montrer que, lorsque le fil casse, la boule de liège a un mouvement rectiligne suivant une tangente au cercle.

Il faut pour cela prendre une autre boule de liège à laquelle on a accroché une courte boucle de fil de lin. Sur cette boucle, on attache un fil très fin (fil pour broderie très fragile) qui doit brûler très rapidement au bout de 2 à 3 passages dans la flamme d'une très petite bougie (hauteur maximale : 1 cm) posée sur un petit couvercle afin de protéger la table noire. La bougie ne doit pas être trop éloignée du centre de la trajectoire pour que le fil ait le temps de brûler. L'extrémité du fil liée au clou devra présenter une boucle assez large pour que le fil glisse sans s'enrouler (voir schéma 17).



Schéma 17

On observe une trajectoire bien rectiligne quand le fil se rompt, quelques instants après son passage dans la flamme. Si le fil a trop de mal à brûler, on pourra disposer une deuxième bougie contiguë à la première et à la même distance du clou (schéma 18).

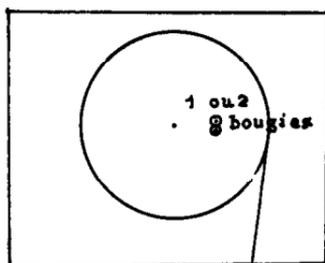


Schéma 18

REMARQUE : Un prolongement des précédentes expériences peut être fait avec une boule de liège à laquelle on a accroché un

long fil élastique. On montre que la trajectoire de la bille est modifiée tant que cet élastique est tendu.

* *Troisième exemple* d'expériences mettant en évidence le rôle dynamique de forces à distance.

Avec le dispositif précédent, une bille en acier, un ou deux aimants, on peut réaliser des expériences analogues à celles décrites par M. FABRE dans le B.U.P. n° 640. L'influence de la vitesse de lancement sur la modification de la trajectoire est importante à faire observer. Elle permet de mieux distinguer force et vitesse. Cette expérience est une nouvelle occasion de faire remarquer que la force exercée par l'aimant sur la bille est dirigée vers l'intérieur de la trajectoire. On peut noter que les trajectoires sont ici « courbées » dans toute une région de l'espace (notion de champ magnétique) (voir schéma 19).

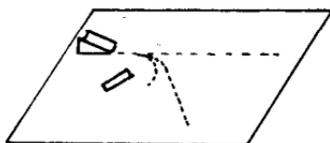


Schéma 19

On peut terminer par la mise en évidence du rôle d'une autre force à distance, toujours présente : le poids de la bille, force extérieure agissant sur la bille, et qui courbera donc toujours la trajectoire, dès qu'elle ne sera plus compensée par une autre, comme c'est le cas pour la table noire ou la table à coussin d'air utilisées horizontalement. Il suffira d'incliner la table noire pour observer l'inscription de magnifiques paraboles, d'abord avec une vitesse horizontale puis avec une vitesse quelconque vers le haut. L'analyse des trois phases du mouvement dans ce dernier cas est intéressante.

* *Autres exemples :*

Dans le tableau ci-joint, sont regroupées diverses sortes d'expériences réalisables avec la table noire, l'ordre choisi étant indépendant de tout choix pédagogique.

Tableau des divers emplois d'une table noire**I. Mise en évidence de l'action d'une force temporaire :**

- partir d'un équilibre → provoque le mouvement
 - trajectoire rectiligne
- force de contact — avec le doigt
 - avec une autre bille non talquée
 - en soufflant sur une bille légère
 - avec un élastique qu'on laisse se détendre
- force à distance — avec un aimant qu'on retire très vite
- partir d'un mouvement rectiligne → modifie le mouvement
 - autre trajectoire rectiligne
- * avec modification de direction
 - force de contact — avec le doigt
 - avec un obstacle rigide
 - avec un élastique tendu entre 2 rebords
 - avec une autre bille non talquée
 - force à distance — avec un aimant
- * avec modification de v en grandeur et non en direction
 - ralentir sans dévier avec un élastique
 - arrêter avec un obstacle mou.

II. Mise en évidence de l'action d'une force qui dure pendant le temps de l'expérience : → elle va « courber » la trajectoire

- incliner le plateau, avec ou sans lanceur
- cas de la boule attachée à un fil attaché à un clou
- cas de la boule attachée à un fil élastique
- lancer la bille contre un tube courbé.

III. Mise en évidence des actions mutuelles de 2 billes :

- les deux billes devront être talquées (importance des masses).

IV. Illustration du « principe » de l'inertie :

- avec une boule de liège au bout d'un fil très fin qu'une bougie brûlera.

Références :

- [1] B.U.P. n° 640, janvier 1982, p. 469 à 477. M. FABRE.
 - [2] Nouveau Manuel de l'UNESCO (1974), Presses de l'UNESCO, 7, place de Fontenoy, 75700 Paris.
 - [3] « Pour la Science », juin 1983, p. 68 - « L'Intuition en physique ». Michael Mc CLASKY.
-

L'entreprise « Kerpont Décolletage » se propose de fabriquer ce matériel et de le diffuser.

Les enseignants intéressés peuvent écrire à l'adresse suivante : Kerpont - Décolletage,

Z.I. Bellevue, 56850 Caudan.

Tél. : 16 (97) 76.09.43.

Une fabrication en série ne pourra débuter que si le nombre de demandeurs est suffisant.
