

**TOMBERA, TOMBERA PAS ? . . .**  
**ou EQUILIBRE AU C.M.<sub>2</sub> \***

*Claude CROQUETTE*

*Daniel LACROIX, professeur E.N. de Grenoble*

**POINT DE DEPART**

Voici un jeu habituel et spontané des enfants : mettre une règle en équilibre sur un doigt, sur une autre règle ou sur un stylo. Ces équilibres ne sont généralement pas très "stables", les règles tombent, ce qui est source de bruit et de perturbation. Ces activités font partie de celles que l'on réprime habituellement dans les classes. Or, ces jeux spontanés montrent, nous semble-t-il, tout l'intérêt que les enfants portent à ces problèmes d'équilibre. Nous nous en sommes servis comme point de départ des activités que nous leur avons proposées.

La règle reste en équilibre lorsque la verticale passant par son centre de gravité coupe la surface d'appui (le doigt par exemple). Elle reste alors horizontale. Ce "vécu" des enfants les amène ainsi à associer équilibre, symétrie, horizontalité et immobilité. C'est ce qui a pu être vérifié lors de la première séance de prise de contact avec le matériel.

**Les objectifs généraux visés sont :**

- Notion d'équilibre stable-instable-indifférent.
- Equilibre autour d'un axe (cas particulier, axe passant par le centre de gravité).
- Système en équilibre lorsque son centre de gravité est à la verticale de la base d'appui.
- Conditions d'équilibre pour une barre lestée, elle-même en équilibre indifférent autour d'un axe passant par le centre de gravité.
- Proportionnalité.
- Compréhension du fonctionnement d'une balance Roberval à bras égaux, d'une balance romaine à bras inégaux.
- Passage du qualitatif au quantitatif, en utilisant schémas, tableaux de nombres . . .
- Dégager une loi physique (démarche inductive).

---

\* – Les activités décrites se sont déroulées au premier trimestre de l'année scolaire 1982-83.

## PREMIERE SEQUENCE

On distribue aux enfants, par groupes de deux, une barre de méccano percée de 25 trous, une tige cylindrique, une potence, une noix et de grandes attaches trombone.

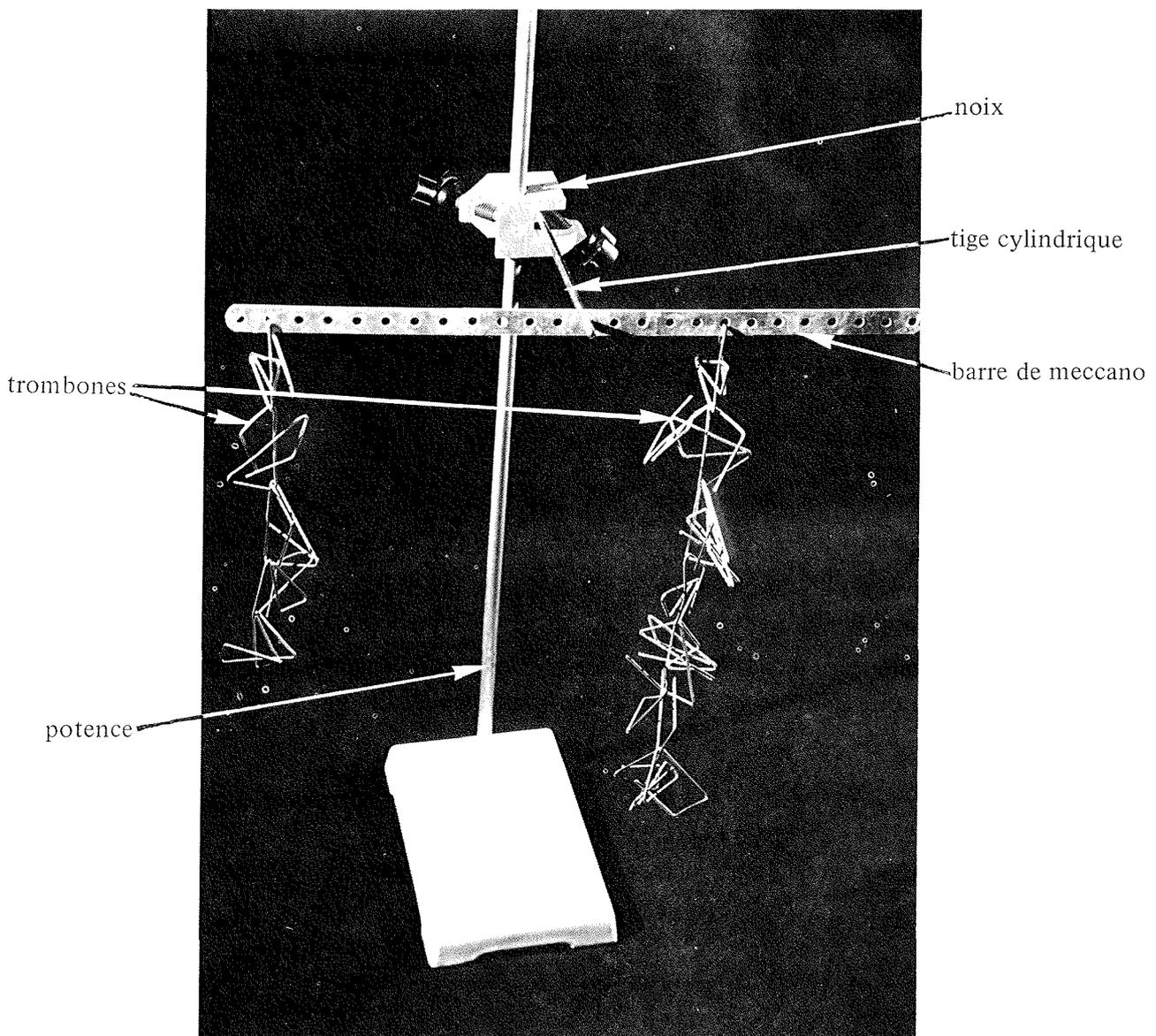
**Première consigne :** "Mettez la barre percée en équilibre."

Les enfants procèdent par tâtonnement ; la plupart d'entre eux bloquent la barre dans la noix fixée à la potence.

D'autres la posent sur la partie plane et horizontale de la noix (1).

D'autres la mettent au sommet de la potence (2).

Enfin quelques-uns pensent à utiliser la tige cylindrique (3). Un groupe seulement réalise un équilibre avec la barre verticale (4), les autres proposent un équilibre avec la barre de meccano horizontale (3).



### Remarques sur les types d'équilibres et leurs propriétés :

(1) — L'équilibre est réalisé tant que le milieu de la barre symétrique\*, c'est-à-dire son centre de gravité, est en contact avec la partie supérieure plane et horizontale de la noix.

Cette situation est identique à la situation de départ.

(2) — Même type d'équilibre, la base d'appui se réduit à un point, donc il y aura équilibre seulement lorsque le milieu de la barre sera en contact avec le point d'appui. La situation est unique, donc l'équilibre précaire.

(3) — Dans ce cas, la tige cylindrique passe dans le trou central de la barre. Les barres qui s'écartaient de la position horizontale ont été lestées par un morceau de ruban adhésif.

C'est un type d'équilibre bien particulier : la barre est en équilibre autour d'un axe qui passe par le milieu d'une barre symétrique, donc, en son centre de gravité. L'équilibre ainsi réalisé est un équilibre indifférent.

(4) — Dans ce cas, la barre est en équilibre stable : on peut l'écartier de sa position d'équilibre, elle y revient après un certain nombre d'oscillations synchrones.

Un autre cas d'équilibre stable est celui du porte-manteau en fil de fer plastifié suspendu à son crochet. En équilibre, la partie inférieure est horizontale, écartée de sa position, elle y revient.

Il n'est pas évident pour des enfants de distinguer cette situation expérimentale de celle décrite en (3).

**Deuxième consigne :** "Réalisez un mobile en accrochant des trombones à la barre percée."

Les enfants ont réalisé des mobiles qui ont été équilibrés par tâtonnement, en travail manuel, aussi, cette activité très libre ne pose pas de problème particulier.

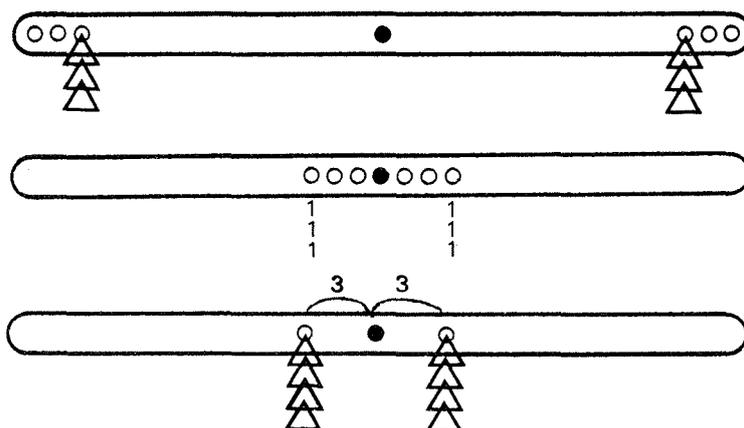
**Troisième consigne :** "Réalisez un mobile en accrochant le même nombre de trombones de chaque côté de la barre. Représentez ce que vous avez fait par un dessin ou tout autre moyen."

Au bout d'un moment, on regarde les différentes représentations : tous ont fait des "dessins" de la barre, avec tous les trous et ont représenté les trombones, soit par des triangles, soit par des "tortillons" informes. Quelques groupes vont dessiner au tableau les équilibres qu'ils ont réalisés pour que les autres groupes refassent les mêmes. Le décodage pose des problèmes avec certaines représentations : position du trou dans lequel sont accrochés les trombones, nombre de trombones.

Les enfants décident alors de représenter les agrafes par des triangles ou par un nombre, et de ne dessiner qu'une partie des trous éventuellement. Ce qui donne par exemple :

---

\* — Il s'agit ici d'une barre percée d'un nombre impair de trous régulièrement espacés et dont le centre de gravité coïncide avec le trou central.



## DEUXIEME SEQUENCE

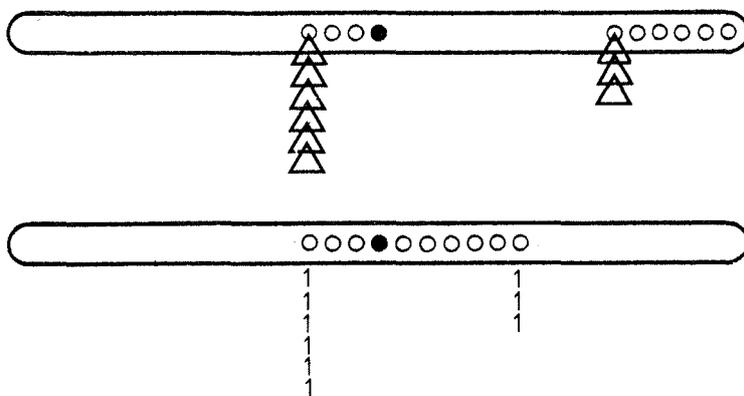
Rappel de la séquence précédente, en particulier de l'endroit où il faut mettre l'axe pour que la barre soit en équilibre "horizontal" \* (la tige passe alors dans le 13ème trou compté à partir d'une extrémité de la barre).

**Consigne** : "On va réaliser des équilibres, en mettant un nombre différent de trombones de chaque côté de la barre, et en n'utilisant que deux trous en tout."

Comme précédemment, les enfants représentent sur une feuille les équilibres réalisés en faisant des dessins. On leur demande d'essayer de les représenter différemment.

Quelques enfants viennent au tableau proposer aux autres groupes les équilibres qu'ils ont réalisés avec les codages utilisés.

Par exemple :



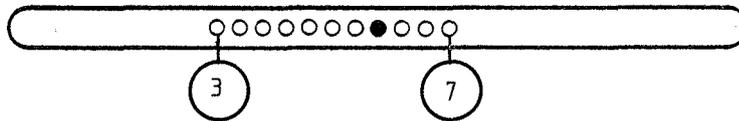
Les autres groupes vérifient les équilibres proposés. Généralement le décodage ne pose pas de problème. (Toutefois les enfants comptent indifféremment les trous à partir du milieu ou d'une des extrémités de la barre. Avec un autre codage cela sera source de confusion. En fait ils s'arrangent généralement pour représenter le moins de trous possible).

\* - On a appelé équilibre "horizontal" le système dans lequel la barre est en équilibre indifférent.

Enfin le groupe de Pascale propose :



Ce que l'on aurait pu aussi traduire par le schéma :



Ainsi pour Pascale :

- le trait vertical représente le milieu de la barre
- les flèches indiquent qu'elle compte les trous à partir du milieu de la barre
- T signifie "trombone"
- Tr signifie "trou"

Les enfants réalisent facilement l'équilibre.

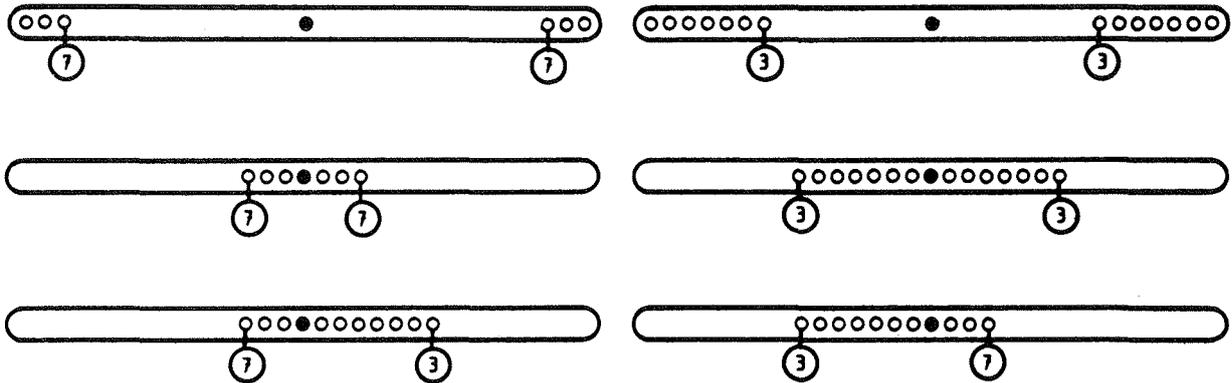
**Remarque :** Il semble que Pascale utilise un repère à deux dimensions, son origine est matérialisée par le trait vertical. L'axe est représenté par deux flèches, à gauche et à droite de l'origine. L'unité de longueur est la distance entre les trous, les graduations sont les positions des trous. Les couples (3T au 7ème Tr) sont des couples ordonnés. Une étude ultérieure de ces couples ordonnés va permettre de montrer que cette description est trop complète et peut donc être encore simplifiée.

L'équilibre est aussi réalisé :

- pour le couple  $7T$  au 3ème Tr |  $7T$  au 3ème Tr
- en inversant les parties gauche et droite de la barre
- lorsque le produit des nombres est identique :  $3 \times 7 = 7 \times 3$

### TROISIEME SEQUENCE

Rappel de la séquence précédente, on écrit au tableau ce que Pascale avait proposé la fois précédente sans mettre les flèches. Les groupes doivent refaire le même équilibre. Voici quels sont les équilibres obtenus par les différents groupes.



On rappelle alors les consignes : le nombre de trombones doit être différent de chaque côté. On élimine ainsi les quatre premiers cas. Puis Pascale rappelle ses propres conventions : elle compte les trous à partir du milieu de la barre, la première partie de l'écriture représente la partie gauche de la barre, quand elle se trouve devant soi, le premier nombre indique le nombre de trombones, le deuxième le nombre de trous.

Lorsque ceci est bien clair pour tous, on demande si, dans ces conditions, il est encore possible d'alléger l'écriture, ce qui amène à noter l'équilibre de Pascale : (3,7) (7,3).

Les enfants refont des équilibres et les notent désormais de cette manière.

Au bout d'un moment, on récapitule au tableau les propositions des différents groupes ; les enfants dictent les couples en précisant oralement, par exemple pour (2,5) (5,2) : "deux trombones dans le cinquième trou, cinq trombones dans le deuxième trou" etc.

Tous les couples proposés par les enfants sont alors écrits au tableau.

Certains ne représentent pas des équilibres et on demande à l'ensemble de la classe de les vérifier et d'écrire le couple correspondant.

Voici quelques couples proposés :

(3,5) (5,3)  
 (3,7) (7,3)  
 (2,5) (5,2)  
 (4,3) (3,4)  
 (8,3) (4,7) (8,3) (4,6)  
 (2,6) (4,3)

Les enfants sont invités à observer l'ensemble des couples. Ils constatent que certains couples se ressemblent : (4,3) (2,6) et (2,6) (4,3). Patricia explique que c'est "comme si on retournait la barre". On vérifie cette affirmation.

Au bout d'un moment, Maxime remarque que "si on multiplie les deux nombres de chaque côté entre eux, on trouve pareil". On fait alors le calcul pour tous les couples : c'est vrai! On constate alors que dans les couples proposés auparavant pour lesquels l'équilibre n'était pas réalisé, on n'avait pas l'égalité  $m_1 l_1 = m_2 l_2$  \*

On propose aux enfants de prévoir, puis de vérifier : ( 8,3 ) ( 6, ? )

Dans l'ensemble les enfants réussissent bien ce travail.

Avant la séance suivante, on propose un test destiné à contrôler les acquis.

### Objectifs des différentes questions

- 1 – Symétrie de la barre qui supporte les surcharges
- 2 – Décodage d'une représentation
- 3 - 4 - 6 – Utilisation de la loi des moments (voir page suivante)
- 5 – Conservation de l'équilibre lors d'une transformation simple : inversion de la barre.  
Codage de la représentation.

### Equilibre indifférent d'une barre lestée ou non

1 – On dispose d'une barre comportant 18 trous. Pourra-t-on la mettre en équilibre "horizontal" ? Pourquoi ?

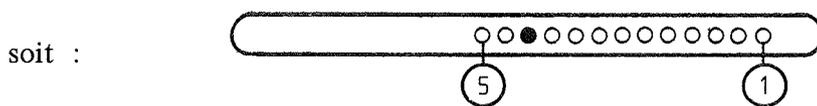
19 élèves sur 23 répondent non, en justifiant correctement ; ex : "non, parce qu'il faut qu'il y ait le même nombre de trous de chaque côté et  $2 \times 9 = 18$ ".

2 sur 23 répondent non, sans le justifier.

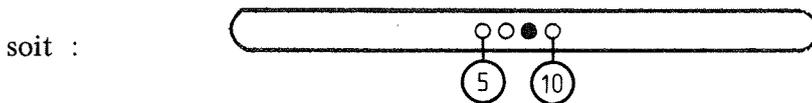
2 sur 23 répondent oui.

2 – On a réalisé un équilibre qu'on a noté ( 2,5 ) ( 1,10 ). Dessine.

5 sur 23 font une erreur



que l'on noterait ( 5,2 ) ( 1,10 )

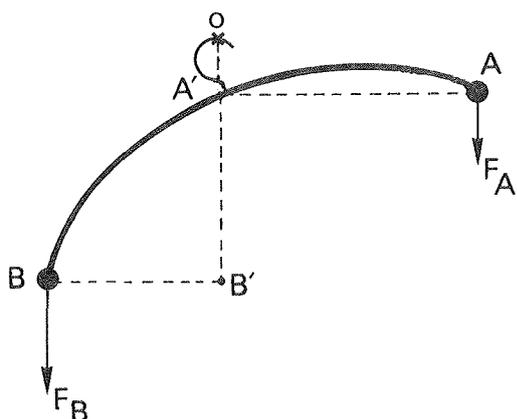


que l'on noterait ( 5,2 ) ( 10,1 )

Cela correspond tout de même à des équilibres. Il y a une erreur par rapport aux conventions adoptées.

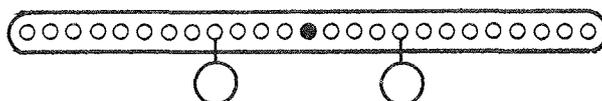
\* –  $m$  représente la masse,  $l$  la distance axe - poids.

Loi des moments

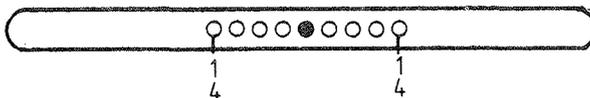


– Le porte-manteau est soumis à l'action de forces verticales coplanaires.  
 Il est en équilibre autour d'un axe horizontal.  
 La somme algébrique des forces qui s'exercent sur lui est nulle.  
 Le moment de la force  $F_A$  /O est égal au moment de la force  $F_B$  /O.  
 Moment de la force  $F_A$  par rapport au point O :  $F_A \times AA'$   
 Moment de la force  $F_B$  /O :  $F_B \times BB'$

3 – Tu disposes de 13 trombones. Réalise un équilibre avec le nombre de trombones de ton choix, dans les trous indiqués



22 sur 23 réponses correctes par exemple.

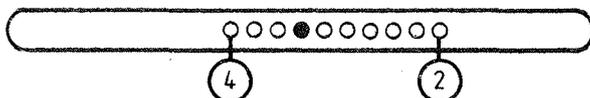


4 – Tu disposes de 13 trombones. Réalise un équilibre en mettant le même nombre de trombones de chaque côté, et en n'utilisant que deux trous.



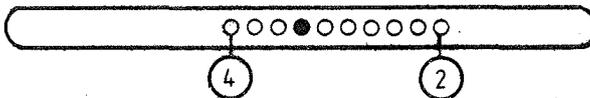
19 sur 23 réponses correctes.

5 –

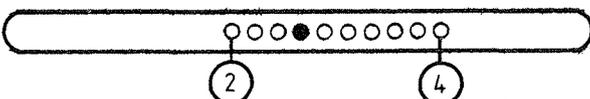


On retourne la barre. Dessine puis écris les couples correspondants.

5 sur 23 donnent une réponse entièrement fausse.



ce qui se noterait comme précédemment (4,3) (2,6)



ou : (2,3) (4,6) ce qui ne correspond pas à un équilibre.

14 sur 23 font une représentation correcte mais n'écrivent pas les couples correspondants.

4 sur 23 donnent une réponse entièrement correcte.

6 – "Un enfant a réalisé un équilibre avec 6 trombones dans le deuxième trou et 12 trombones dans le premier. On laisse les 6 trombones dans le deuxième trou".

Prévois tous les équilibres possibles et écris les couples correspondants.

7 sur 23 donnent une réponse entièrement fausse.

13 sur 23 donnent une réponse incomplète : ils n'utilisent que les nombres 6, 2, 1, 12 pour écrire leurs couples par exemple.

Les quatre premières questions du test sont très bien réussies par l'ensemble des enfants. Les difficultés apparaissent pour les questions 5 et 6. Les manipulations sont reprises avec les enfants qui n'avaient pas assimilé la symétrie par "retournement" de la barre et la loi des moments  $m_1 l_1 = m_2 l_2$

#### QUATRIEME SEQUENCE

Les couples ( 1, 12 ) ( 12, 1 ) sont écrits au tableau, un enfant rappelle le sens de cette écriture et pourquoi la barre sera en équilibre :  $1 \times 12 = 12 \times 1$

**Consigne :** "On garde ( 1, 12 ), donner toutes les autres possibilités pour que la barre soit en équilibre, sans faire de manipulations."

On obtient :

( 1, 12 ) ( 12, 1 )  
 ( 1, 12 ) ( 3, 4 )  
 ( 1, 12 ) ( 2, 6 )  
 ( 1, 12 ) ( 6, 2 )  
 ( 1, 12 ) ( 4, 3 )  
 ( 1, 12 ) ( 1, 12 )

On propose d'écrire dorénavant les résultats dans un tableau, ce qui donne :

1	12	12	1
1	12	3	4
1	12	2	6
1	12	6	2
1	12	4	3
1	12	1	12

Dans le tableau suivant, on demande aux enfants d'entourer les résultats qui ne représentent pas un équilibre, en justifiant leur réponse, ce qui permet de vérifier une fois de plus la "loi"  $m_1 l_1 = m_2 l_2$

4	2	8	1
3	6	8	2
5	2	10	1
3	3	4	4
3	9	4	6
10	2	5	4
3	6	2	9

On fixe ensuite trois variables et on demande aux enfants de trouver la quatrième :

2	4	-	8
3	4	-	2
5	4	-	10
1	-	1	1
2	-	3	6
4	-	8	2
8	5	20	-
16	2	4	-
16	1	8	-

On fixe ensuite deux variables et on demande de trouver les deux autres :

2	-	4	-
3	-	-	3
-	5	2	-
3	-	-	6
12	-	6	-

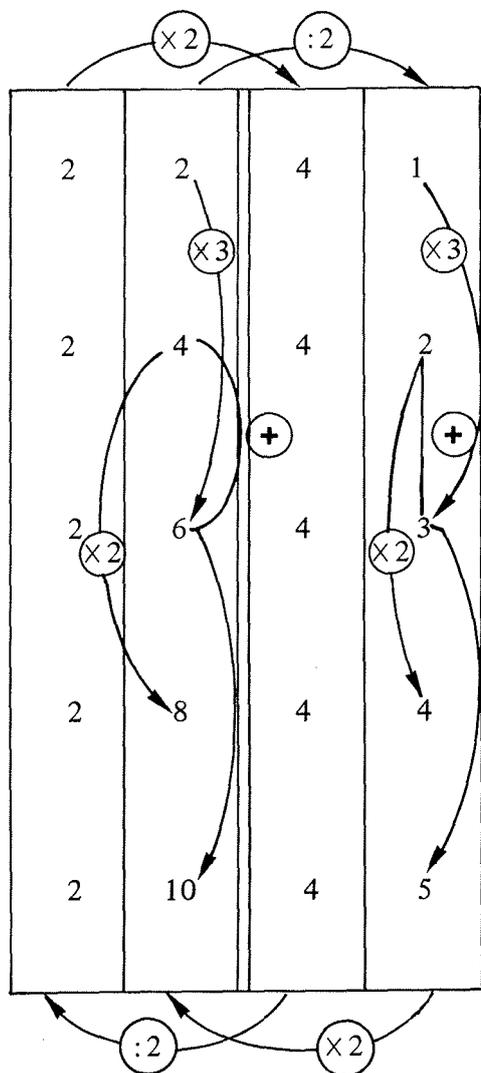
Ces exercices sont très facilement réalisés par les enfants. Ils travaillent maintenant uniquement sur les nombres, sans se préoccuper de l'ordre sur les couples.

Au cours de l'exercice précédent, ils ont donné plusieurs solutions à chaque exemple. On retient le cas : ( 2 . ) ( 4 . ), et l'on marque toutes les solutions dans un tableau, ce qui donne :

2	(2)	4	(1)
2	(10)	4	(5)
2	(6)	4	(3)
2	(4)	4	(2)
2	(8)	4	(4)

On demande alors aux enfants s'ils sont sûrs que toutes les solutions sont bien inscrites dans le tableau, ce qui conduit à refaire un tableau ordonné (l'ordre va être donné par la quatrième colonne, avec les différentes possibilités d'accrocher les trombones dans les trous de la barre.)

Les enfants observent alors le tableau ainsi obtenu et font un certain nombre de remarques qui traduisent une approche de la proportionnalité.



– Les nombres de la première colonne et de la troisième sont 2 et 4, donc dans un rapport de 1 à 2. Pour chaque ligne de la 2ème et de la 4ème colonne, les nombres sont dans le rapport 1/2.

– L'équilibre de la 2ème ligne est obtenu en rajoutant de part et d'autre le même nombre de trombones à ceux qui étaient déjà accrochés.

– Dans l'équilibre de la 3ème ligne, il y a trois fois plus de trombones utilisés que pour l'équilibre de la 1ère ligne.

– Dans l'équilibre de la 5ème ligne, on a utilisé les trombones que l'on avait dans les équilibres 2 et 3.

Remarque : ici, mesurer c'est dénombrer. L'activité de mesurage s'en trouve beaucoup simplifiée. Ainsi : on élimine tout problème d'approximation et d'incertitude, difficile à aborder tant que l'on ne peut pas comparer les résultats de deux méthodes de mesure, l'une donnant un résultat par défaut, l'autre un résultat par excès.

L'étude quantitative précédente a été menée avec un système très particulier. Chaque groupe disposait d'une barre **symétrique** en rotation autour d'un axe **horizontal** passant par son centre de gravité. Cette barre était lestée par des trombones. Les points de suspension des trombones et l'axe de rotation étaient situés sur une même droite (les points d'application des forces sont donc alignés).

Quelle que soit l'orientation de la barre, les chaînes de trombones restent verticales. Il n'y a pas de liaison rigide entre la barre et les chaînes de trombones.

L'axe empêche le système de tomber, il exerce une force sur la barre. Cette force verticale est dirigée vers le haut et égale au poids des trombones et de la barre. Le centre de gravité est ici confondu avec l'axe de la tige. La résultante de ces deux forces est une force verticale dirigée vers le haut.

Ce système est donc un système en équilibre sous l'action de trois forces parallèles dont les points d'application sont alignés. Cette configuration se maintient lors d'une rotation de la barre. Toute position peut être une position d'équilibre. C'est ce que l'on appelle un équilibre indifférent.

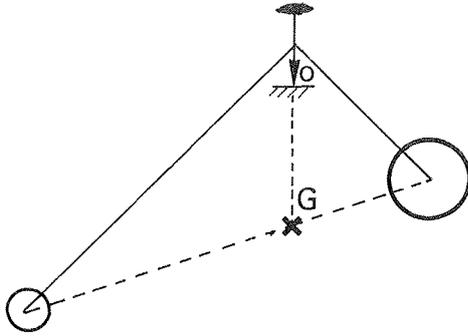
Pour éviter une identification de tous les équilibres aux équilibres indifférents, on va proposer alors aux enfants de construire des mobiles en équilibre stable sur un ou deux points. Notre but n'est pas ici de faire l'étude des toupies ou autres gyroscopes, mais de soulever quelques problèmes posés par la réalisation de systèmes en équilibre stable autour d'un point.

L'équilibre existe si le centre de gravité est, et reste, en dessous du point d'appui. Il peut y avoir oscillation autour de la position d'équilibre seulement si le poids de l'objet peut exercer un couple de rappel, le ramenant vers la position d'équilibre.

A l'équilibre stable, le centre de gravité est situé à la verticale du point d'appui (c'est d'ailleurs une manière de déterminer, expérimentalement, le centre de gravité) ; il est le plus bas possible.

Si on décale de sa position d'équilibre stable un système rigide, indéformable, on élève son centre de gravité : de lui-même, il va alors se déplacer pour reprendre sa position. L'impulsion reçue l'oblige à déplacer cette position d'équilibre, il en résulte des oscillations. Ainsi, sur le plan géométrique, un tel système aura deux caractéristiques :

- il sera rigide, indéformable
- la plus grande partie d'un objet homogène devra être située en-dessous du point d'appui, de même pour sa masse.



*Le système oscille autour du point  $O$ .*

*Ce dessin montre la position d'équilibre.*

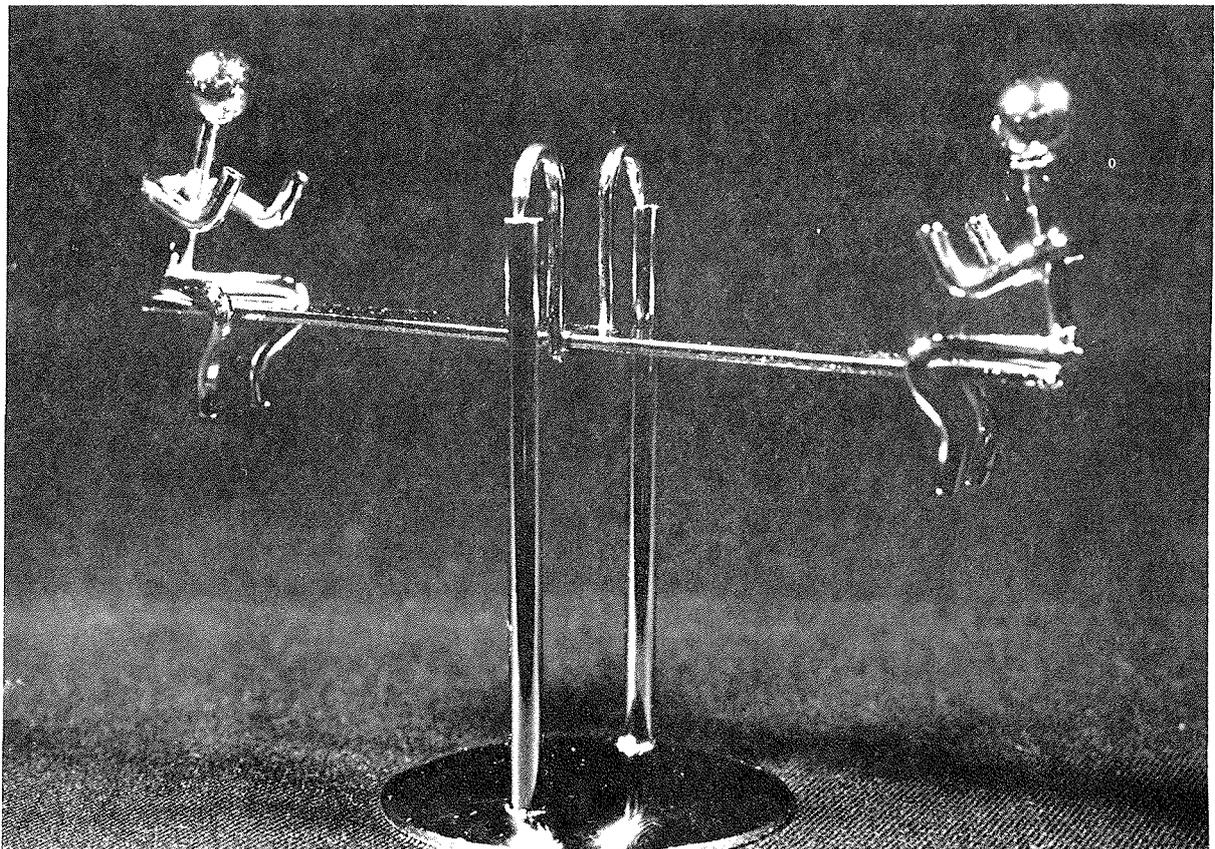
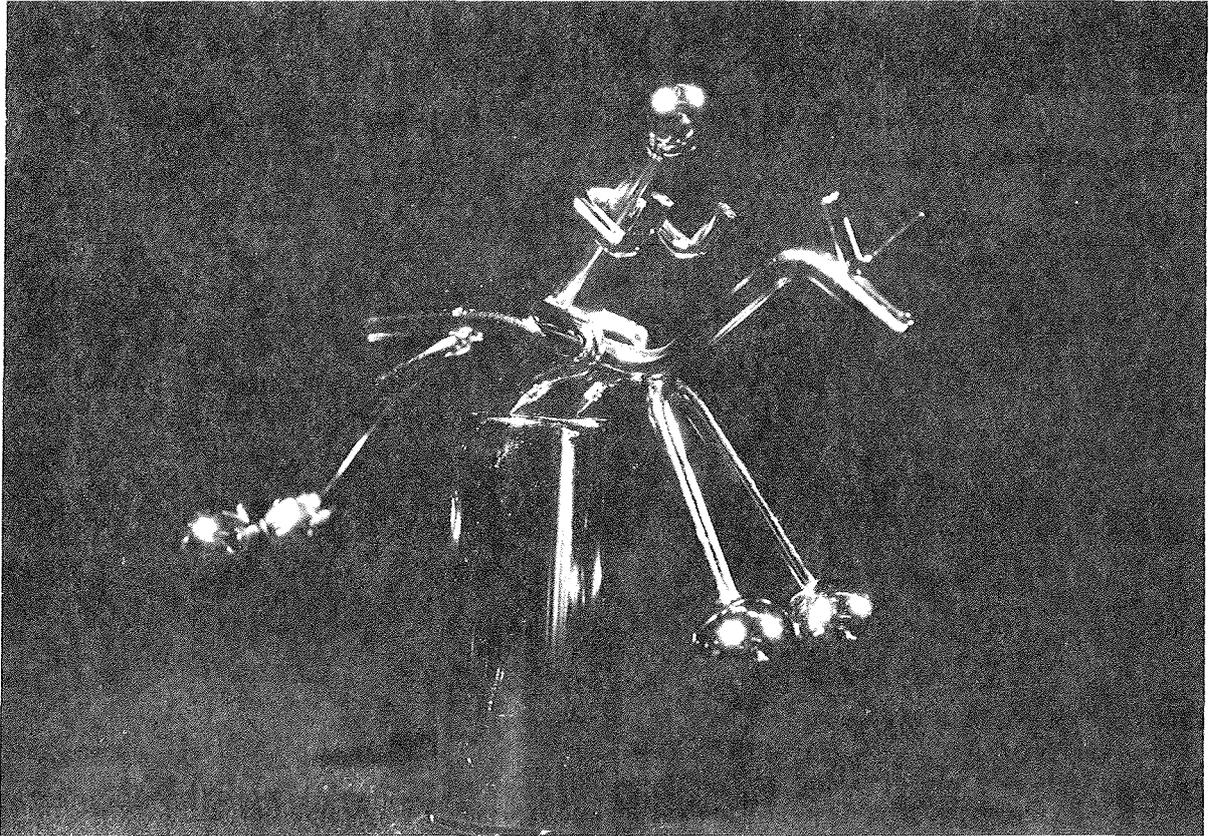
*Cet équilibre est stable puisque le centre de gravité  $G$  est situé en dessous du point d'appui.*

## CINQUIEME SEQUENCE

On se propose de faire l'analyse technologique d'un système simple :

- observation des mobiles
- recherche des conditions de fonctionnement
- vérification de celles-ci par la construction d'une maquette.

**A** – Dans la classe, ont été introduits deux mobiles. L'un représente deux enfants sur une balançoire, l'autre, un cavalier sur son cheval. (photos page suivante).



Voici quelques propos tenus par les enfants :

”— *J'en ai déjà vu ; je pourrais même en apporter.*

— *Ils sont en équilibre sur deux pointes ; ils s'écartent de leur position d'équilibre, ils se balancent, ça va à droite puis à gauche et ainsi de suite.*

— *Lorsqu'ils s'arrêtent, ils ont retrouvé leur position d'équilibre.*

— *A l'arrière du cheval, il y a un poids, c'est ce qui lui donne de l'élan.*

— *La balançoire a moins de poids, elle se balance moins longtemps.*

— *C'est normal que le cheval galope, il a des poids et des contre-poids.*

— *Les poids et les contre-poids sont égaux, s'il n'y avait pas le même poids il n'y aurait pas d'équilibre.*

— *Il y a plus de poids à l'arrière car les pattes sont plus grandes, elles descendent plus bas.*”

Ainsi, pour les enfants, ce sont des systèmes en équilibre qui oscillent autour d'une position. L'amplitude des oscillations décroît, les oscillations cessent, le système s'arrête et retrouve sa position d'équilibre. C'est ce qui a été dégagé lors de la synthèse orale.

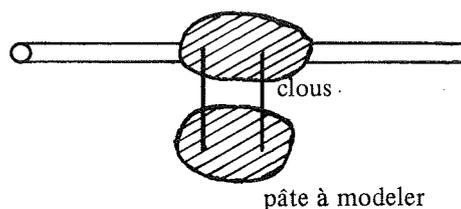
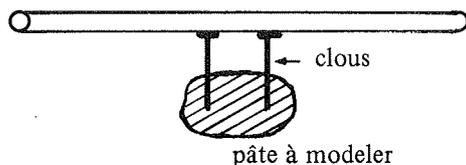
**B** — La géométrie du système et la répartition des masses auxquelles il a été fait allusion pour expliquer les positions d'équilibre et l'amplitude des oscillations ne semblent pas retenir beaucoup leur attention au cours de la synthèse.

**C** — Ces conditions d'équilibre devaient, à notre avis, leur permettre de réaliser, avec le matériel présent dans la classe, un système en équilibre sur deux pointes :

- . Pâte à modeler
- . Bouchon de liège
- . Fourchette
- . Tige métallique

Les enfants, par groupes de deux, se mettent au travail avec beaucoup d'enthousiasme, mais peu de réussite. Jean-Christophe avait pu observer le jour précédent un dispositif construit par la maîtresse. Il présente à ses camarades deux fourchettes et un clou plantés dans un bouchon, l'ensemble oscille sur la pointe d'un clou. On change la position des fourchettes, l'équilibre est rompu. Les enfants expliquent maladroitement que c'est une question de poids, mais ils n'arrivent pas, dans l'ensemble, à en tenir compte pour la construction de leur propre système.

Le mobile de Jean-Christophe oscille sur une pointe. On allège alors la consigne : le système peut être en équilibre sur une pointe seulement.

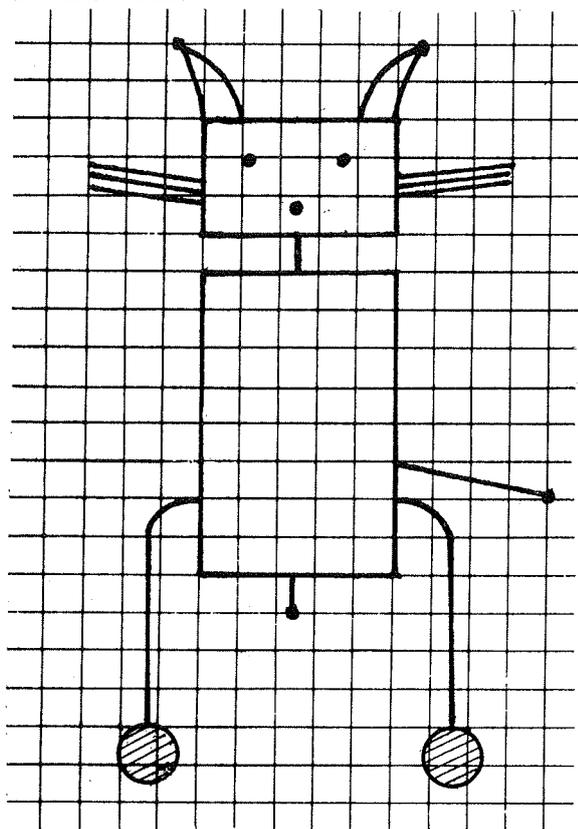


Les enfants qui ont réussi à construire un équilibre le montrent aux autres.

Au lieu de faire construire un dispositif proche de celui proposé, on s'est orienté vers l'élaboration d'un système simplifié peut-être trop éloigné pour l'enfant du système décrit. En effet, avec le matériel proposé, il était difficile de réaliser les mêmes dispositifs que ceux observés ; ils ont essayé d'imiter sans y parvenir.

Au cours d'une autre séquence tous ont essayé de réaliser un système qu'ils ont ensuite dessiné.

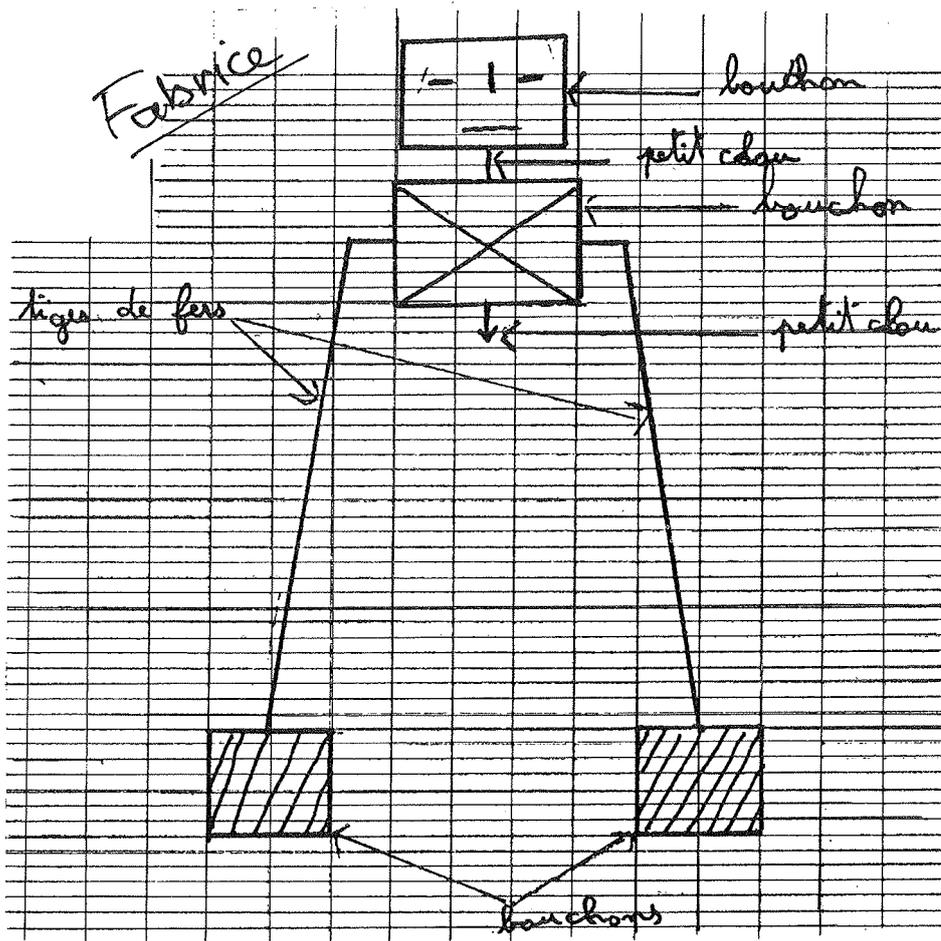
Le travail s'est poursuivi pendant les séances de travail manuel. Les enfants ont fait, individuellement pour la plupart d'entre eux, des mobiles accompagnés de fiches sur lesquelles ils ont noté la marche à suivre pour refaire le même travail, ainsi que les différentes remarques qu'ils avaient à faire.



#### Didier

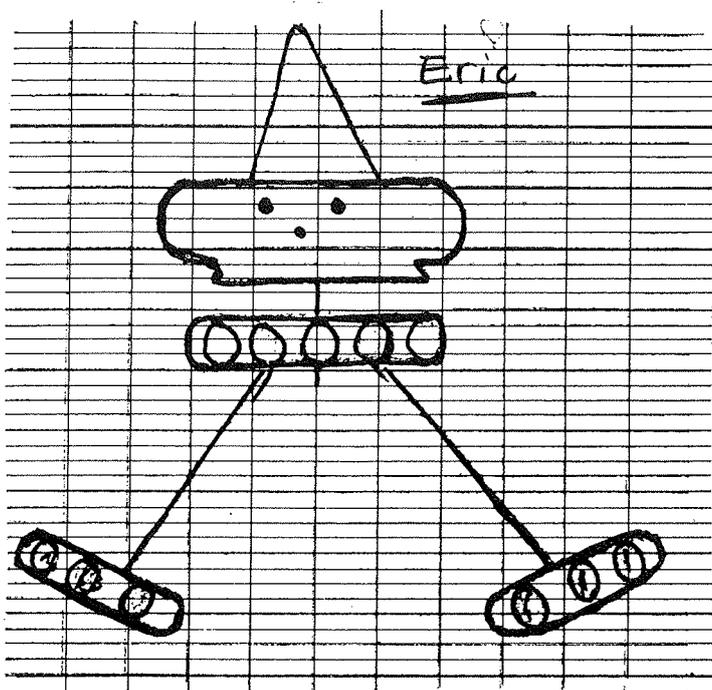
J'ai pris un demi bouchon pour la tête puis six épingles pour les moustaches, deux épingles et de la pâte à modeler pour les oreilles. J'ai pris aussi trois épingles à tête pour les yeux et le nez. J'ai fixé la tête au corps avec un clou. Ensuite j'ai fait le corps avec un bouchon ; j'ai planté une pointe sous le corps. J'ai mis un fil de fer recourbé qui traverse le corps et au bout du fil de fer, j'ai mis de la pâte à modeler. J'ai rajouté une queue avec un bout de fer.

Ça marche parce que la pâte à modeler est plus basse que le corps et plus lourde.



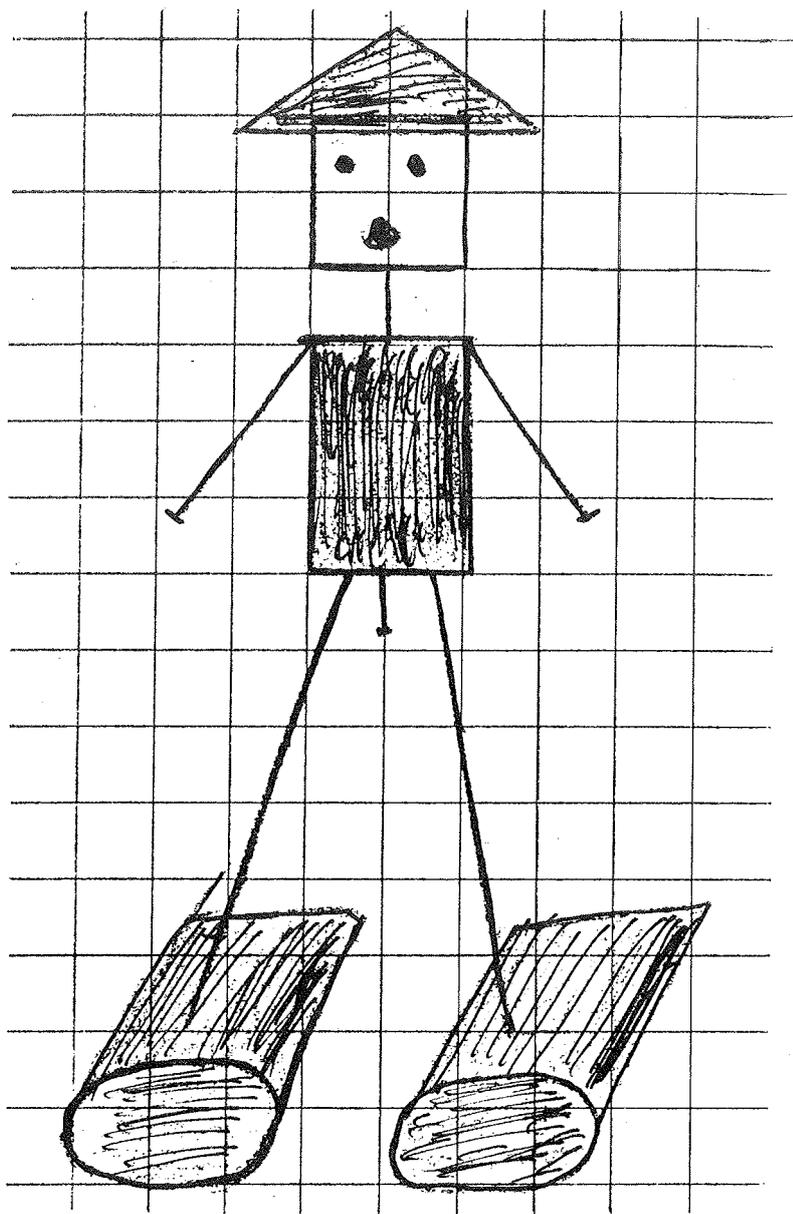
Fabrice

Il marche parce que les poids sont plus bas que la pointe et que le bouchon qui représente la tête est plus léger que les deux poids



Eric

J'ai pris un petit chapeau pointu, un bouchon de champagne ; et des bouchons de bouteilles , des punaises colorées, du fil de fer, un gros clou et un petit. Mon équilibre marche parce qu'il y a le même nombre de punaises de chaque côté, et parce qu'il y a le même poids de chaque côté.



### Cécile

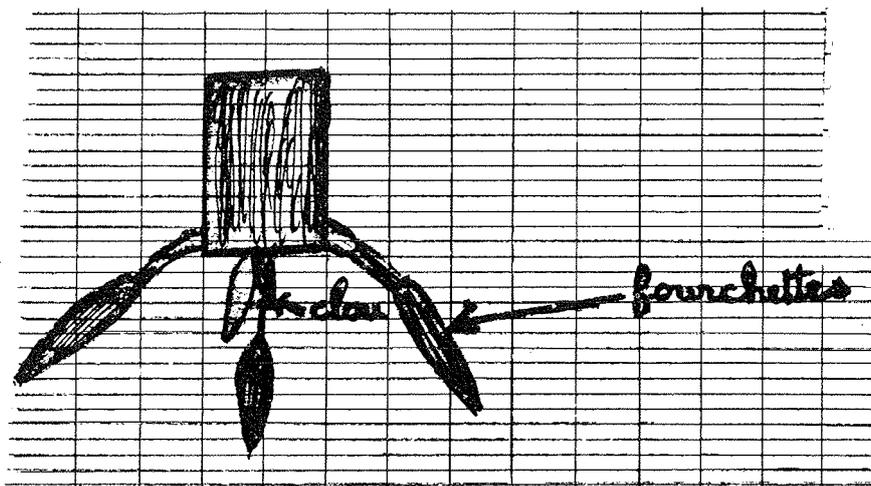
Pour faire mon équilibre il m'a fallu trois bouchons entiers et la moitié d'un, quatre clous, une petite barre de fer et deux moyennes ou une grande. D'abord j'ai mis un gros bouchon et une moitié. La moitié étant la tête et le gros bouchon le corps et j'ai mis la petite barre de fer entre, (\*) ensuite j'ai planté les deux clous (bras) dans le corps en haut puis les deux jambes. En guise de pieds j'ai mis des bouchons (entiers), après je l'ai décoré (chapeau, cheveux.) Mais il faut faire attention car en décorant parfois la tête devient plus lourde que les pieds et l'équilibre ne tient pas. Il ne faut pas oublier le clou !

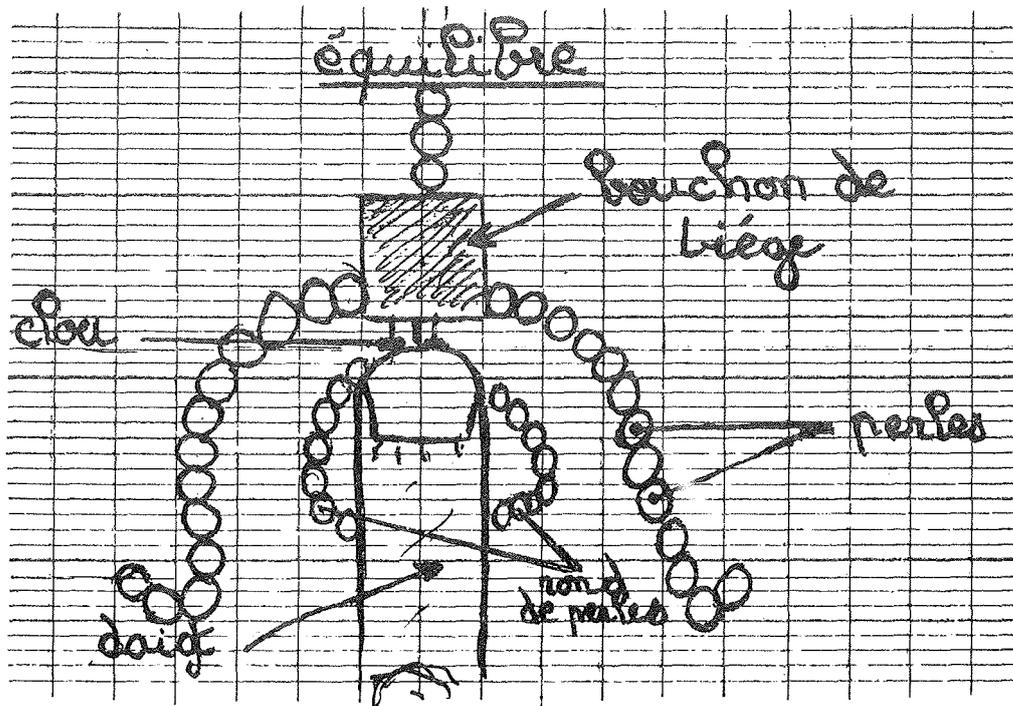
(\*) - Ex. :



### Loïc

L'équilibre est possible car les quatre fourchettes sont symétriques au clou qui fait axe.





#### Pascale

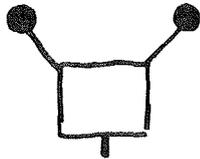
Cet équilibre marche parce qu'il y a 13 perles de chaque côté. L'équilibre marche aussi parce que les perles descendent, elles sont plus basses que les deux petits clous, si on met ce dernier sur un doigt, l'équilibre est en équilibre. Cet équilibre marche parce que le rond de perles est derrière le bouchon de liège et les deux petites queues sont plantées à l'avant du bouchon ça fait qu'il y a le même poids derrière et devant.

#### Remarque

Pour motiver la recherche de dispositifs astucieux et de belle facture, ces dispositifs devaient être vendus. Leur exécution n'a pu être achevée à temps. Une baisse très nette de l'intérêt a été observée. Pour relancer l'intérêt, deux activités ont été proposées aux enfants : les enfants d'un autre C.M. ont repris spontanément certaines des activités réalisées, on se propose de les informer de manière plus approfondie de la manière dont les mobiles ont été réalisés ; on leur propose également de faire connaître leur travail à d'autres classes, pour cela, des photos sont tirées.

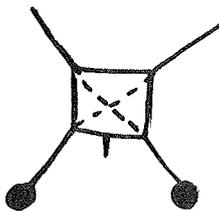
Pour terminer cette série de séquences, on a proposé le test suivant :

1 – Avec un bouchon, de la pâte à modeler, deux tiges de fer de 10 cm environ, on a réalisé le système représenté par le schéma. Peut-il rester en équilibre sur la pointe ? Si non, place la pointe pour que l'équilibre soit possible.

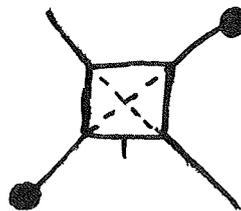


22 élèves sur 23 répondent correctement

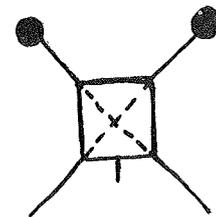
2 – Avec un bouchon, de la pâte à modeler, deux tiges de fer et un clou, on a construit un équilibre symétrique. Pour établir l'équilibre, on peut mettre de la pâte à modeler à l'extrémité de deux barres seulement. Dessine où tu la mettrais.



16 sur 23



6 sur 23



1 sur 23

3 – Même dispositif que précédemment, mais à l'extrémité des barres supérieures, on a placé deux boules de pâte à modeler de 20 g chacune. L'équilibre peut-il être réalisé ?

3 élèves sur 23 répondent oui, 20 sur 23 non.

Si tu penses que l'équilibre ne peut pas être réalisé, quelle masse minimale de pâte à modeler faut-il placer à l'extrémité des barres inférieures pour que l'équilibre soit possible ?

- pas de réponse : 5 sur 23 (dont les 3 "oui" précédents)
- moins de 20 g : 3 sur 23
- 20 g : 4 sur 23
- plus de 20 g : 11 sur 23

4 – On dispose d'un porte-manteau et de pâte à modeler. On place à chaque extrémité du porte-manteau, des boules de pâte à modeler, l'une de 30 g, l'autre de 50 g. L'équilibre est-il possible ?



17 sur 23 : non

6 sur 23 : oui

On déplace le crochet, l'équilibre est-il possible ?



13 sur 23 : non

10 sur 23 : oui

Sur l'ensemble des deux questions, les enfants ont répondu :

non-non : 10 sur 23

oui-oui : 3

non-oui : 7

oui-non : 3

5 – Nathalie a réalisé un bougeoir. Le poids de la bille est de 9 g. Quel doit être le poids maximum de la bougie pour que Nathalie puisse la fixer au bougeoir ?

– moins de 9 g : 17 élèves

– 9 g ou plus : 6

6 – Fabrice a construit un bonhomme avec des bouchons. Voici comment il justifie l'équilibre : "Il marche parce que :

- 1) les poids sont plus bas que la pointe
- 2) le bouchon qui représente la tête est plus léger que les deux poids."

Que penses-tu des affirmations de Fabrice ?

15 élèves répondent : il a raison.

**Analyse des réponses à ce test :**

**Loi des moments :** Le tiers des enfants environ répond négativement puis positivement à la question 4 . Ils réinvestissent donc les propriétés établies antérieurement :

– deux masses différentes, à une même distance de l'axe, ne peuvent pas rester en équilibre.

– mais, deux masses différentes, situées à des distances différentes de l'axe de rotation, peuvent donner un système en équilibre.

Ils ont bien perçu la notion de moment d'une force.

Cette loi a été établie dans un cas particulier, ils la généralisent : leur démarche est une démarche inductive. Si cette généralisation était prise comme hypothèse, cela constituerait le point de départ d'une démarche expérimentale. Dans ce cas-là, la confrontation des conséquences de cette généralisation hâtive avec les résultats de l'expérimentation ultérieure mettrait en évidence les analogies et les différences pouvant exister entre les deux systèmes. (en fait, dans la classe, on s'est contenté de confronter les différentes opinions aux faits expérimentaux ; ces derniers ont seulement servi à départager les groupes d'opinions différentes.)

### **Centre de gravité plus bas que le point d'appui :**

Cela semble évident dans les situations simples (cf exercice 1). L'application de ce principe est plus difficile dans les situations complexes (cf exercice 2).

Mais, pour les enfants l'ayant perçu qualitativement pour des systèmes proches de ceux qu'ils ont manipulés, le passage au quantitatif se fait presque naturellement. Cette propriété est utilisée pour prévoir comment rendre stables les dispositifs symétriques (questions 3 et 5).

Dans la bouche de leur camarade (question 6) cette propriété leur semble exacte.

### **Equilibre - symétrie.**

Dans le cas où le centre de gravité est situé en dessous du point d'appui, la condition nécessaire et suffisante pour que le système soit en équilibre, pour de nombreux enfants, est qu'il soit symétrique (cf questions 1 et 3).

On a donc réduit pour la plupart d'entre eux la suite d'équivalences équilibre-symétrie-horizontabilité-immobilité à : équilibre-symétrie.

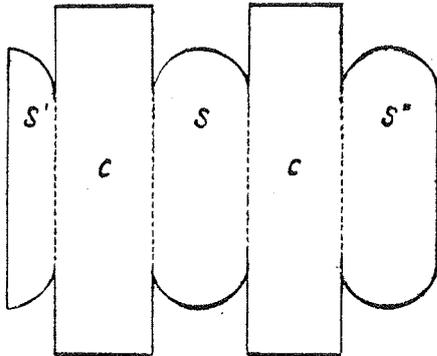
### **SEQUENCES SUIVANTES**

D'autres types d'équilibre ont été proposés aux enfants. Différents ateliers ont été mis en place. Ces activités se sont déroulées pendant plusieurs séances qui ont duré environ six heures. Vous trouverez dans les pages suivantes les fiches mises à la disposition des élèves.

Déjà au début du siècle, des jouets, tel l'automate mystérieux, reposaient sur des principes de physique et de mécanique. Page suivante une copie d'époque explique le montage de ce jouet. Le texte peut faire l'objet d'un travail de français en classe.

### Un automate mystérieux.

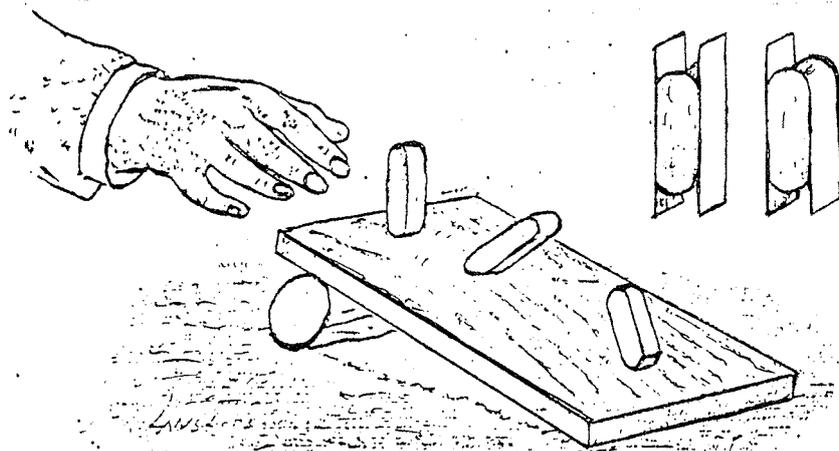
Le pavé parisien voit à chaque instant éclore des petits jouets curieux, de la construction la plus élémentaire, d'un bon marché incroyable, et reposant en général sur quelque principe fort simple de physique ou de mécanique. C'est ainsi qu'à un moment la nouveauté qu'on pouvait s'offrir pour la modeste somme de 10 centimes, était une sorte de petit automate, ayant,



dans ses proportions minuscules (5 centimètres et demi de longueur à peu près) la forme d'une de ces petites boîtes en bois blanc où l'on enferme les bergeries enfantines. Déposez ce petit *parallélépipède* de papier sur un plan légèrement incliné : il se met à tourner sur lui-même brusquement et par saccades, d'un bout sur l'autre, à la façon d'un clown faisant la roue ; donnez au plan l'inclinaison inverse, et le petit jouet reprendra sa course désordonnée en sens opposé. D'ailleurs, plaçons-le debout sur une table horizontale, il s'y maintiendra en équilibre.

L'explication du phénomène est très simple. Dans l'intérieur de cette petite boîte de papier roule à son aise une bille de marbre : lorsque la boîte est mise debout, comme nous le disions à l'instant même, la bille, suivant ce qui a été dit plus haut, donne au système un centre de gravité très bas, ce qui lui permet de rester facilement en équilibre. Vient-on à pencher la surface sur laquelle repose notre soi-disant automate, la bille se prend à rouler, et entraîne dans son mouvement la boîte de papier qui est très légère, la couchant d'abord sur le côté, puis faisant relever brusquement l'extrémité opposée, grâce à sa vitesse acquise. Et ainsi de suite, tant qu'on laisse au plateau la même pente. Au commencement, il faut donner une certaine impulsion à la bille sous peine de voir simplement glisser la boîte.

Et maintenant, au risque de nous faire maudire par les vendeurs de ce petit jouet, nous leur ferons concurrence en donnant la méthode de construction de cet automate pour rire. Notre figure s'explique d'elle-même : on prend du papier assez ferme, on le coupe sur le patron.



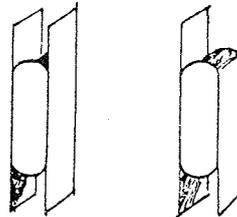
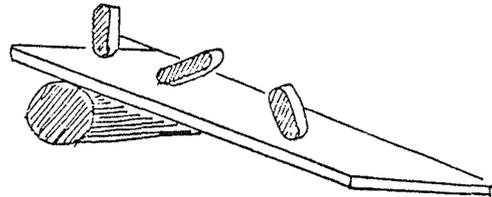
## AUTOMATE MYSTERIEUX

Colle la feuille photocopiée sur la feuille cartonnée (en mettant la colle le long des traits)

De coupe soigneusement de façon à obtenir un seul morceau, plié suivant les pointillés, mets une bille à l'intérieur. Rabats et colle pour obtenir un solide comme celui de derrière.

Pose-le en haut du plan incliné. Que se passe-t-il ?

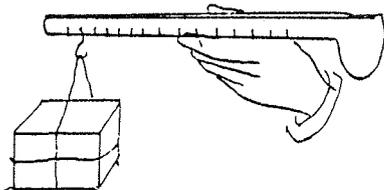
Matériel : feuille photocopiée  
brosse  
colle  
ciseaux  
bille  
plan incliné



## BALANCES

Il paraît qu'en Norvège, à la campagne, on employait un type de balance très simple. C'est un morceau de bois assez long, portant un lourd renflement d'un côté et un crochet de l'autre.

Pour t'en servir, regarde le dessin.



matériel : scotch  
- papier millimètre  
- crayons bleu et rouge  
- marques marquées

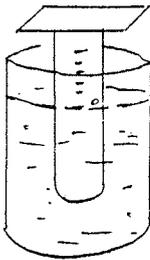
① Colle avec du scotch la bande de papier millimètre et marque d'un trait bleu la position du crochet

② Suspende un poids au crochet. Rétablis l'équilibre et fais une marque rouge sur la bande de papier, à l'endroit où tu as placé ta main. Indique au-dessus du trait le poids correspondant.

## PÈSE-LETTRES

Avec un récipient rempli d'eau, un cylindre creux et une plaque de carton, on a construit un pèse-lettres.

Lorsqu'on pose la lettre sur la plaque de carton, le cylindre s'enfonce dans l'eau.



matériel : pèse-lettres  
lettres  
tarif PTT

① En utilisant ce pèse-lettres et le tarif des PTT, trouve à combien il faut affranchir les lettres.

② L'employé(e) des PTT utilise un autre modèle de pèse-lettres, vérifie si elle (il) affranchirait ces lettres au même tarif que toi.

## LIQUIDES

Attention !! Ici, la propreté doit régner. Manipulez avec soin, sans en mettre partout. et nettoyez méticuleusement à la fin.

Matériel

- tubes à essai
- support
- tube en U
- eau teinte
- huile (teintée)
- alcool teinté
- produit de vaisselle
- crayons de couleurs.

① Dans un tube à essai plac' sur le support, verse, lentement, d'abord de l'eau (coloré en rouge) puis très peu d'huile (environ 2cm) puis de l'alcool (coloré en jaune). Dessine ce que tu obtiens.

② Et agit le tube en le bouchant soigneusement avec ton pouce. Dessine ce que tu obtiens.

③ Et ajoute maintenant un peu de produit de vaisselle.

Dessine ce que tu obtiens.

Le liquide est-il toujours transparent? Et quoi sert, à ton avis, le produit de vaisselle?

④ Refais la même manipulation qu'on a en mettant les liquides dans un tube en U.

Dessine ce que tu obtiens.

Qu'est-ce qui te paraît surprenant?

## MINUTEUR

Avec un matériel simple : ficelles, masses marquées, tige de bois, crayon, bouteille, on a construit ce minuteur.

On maintient le milieu de la tige de bois en contact avec le crayon.

On met de l'eau dans la bouteille. L'eau s'écoule par le trou (mettre la cuvette en dessous !)

À un certain moment l'équilibre se rompt.

Matériel minuteur  
masses marquées  
chronomètre

① Mets 15 cm d'eau dans la bouteille et une masse marquée de 200g à l'autre extrémité de la barre. Où bout de combien de temps l'équilibre est-il rompu ?

② Mets 15 cm d'eau dans la bouteille et une masse marquée de 100g à l'autre extrémité de la barre. Où bout de combien de temps, à ton avis, l'équilibre sera-t-il rompu ? Vérifie.

③ Même manipulation avec une masse de 500g. Même question.

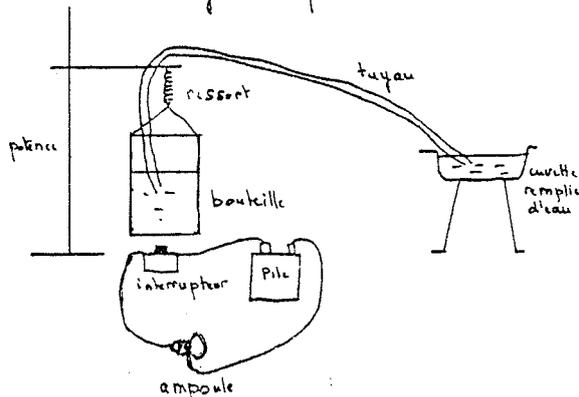
④ Mets 10 cm d'eau dans la bouteille et une masse de 200g. Où bout de combien de temps l'équilibre est-il rompu ?

⑤ Mets 15 cm d'eau mais ne place pas la masse marquée de 200g à l'extrémité de la barre (place-la à un autre endroit). Et ton avis, l'équilibre sera-t-il rompu plus tôt ou plus tard qu'en ①. Expérimente et explique.

## MINUTEUR

Matériel - ampoules électriques  
- douille  
- fils  
- pile dans un boîtier  
- interrupteur  
- support et potence  
- ressort  
- bouteille  
- cuvette  
- tuyau  
- fil pour attacher.

Fais le montage correspondant au schéma



L'eau de la cuvette passe dans la bouteille par l'intermédiaire du tuyau, le ressort s'allonge, le fond de la bouteille vient en contact avec l'interrupteur. La lampe s'allume. Recommence en changeant l'ampoule.

Démonte le tout lorsque tu as terminé.