

Mobiles

L'atelier "Mobiles" est en deux parties, à faire typiquement à une semaine d'intervalle.

Généralités

Niveau : CM1-CM2

Durée : 2 fois 1h15.

Objectifs : Construire des polyèdres (cubes et diamants) à l'aide de modules en origami. Calculer leurs poids relatifs (première séance). Équilibrer des mobiles. En déduire des relations de proportionnalité entre rapport des masses et rapport des distances au pivot (deuxième séance).

Pré-requis : Aires. Mesures de longueurs et écriture décimale. Proportionnalité. Repérage dans l'espace.

Compétences travaillées : En plus des pré-requis, travail en binôme. Travail manuel sur le volume, combinatoire et motricité fine. Démarche expérimentale et raisonnement inductif.

Matériel

Première séance

Rectangles de papier cadeau coloré, quadrillé au verso : 6 / élève, en 3 paires de même couleur. Dimensions : 6×8 carreaux pour la moitié de la classe, 4×6 carreaux pour l'autre.

Perles : au minimum 5 / élève. Choisir des perles en plastique percées, assez lourdes, de poids aussi homogène que possible.

Fil de nylon pré-découpé : 20 cm par fil, 2 fils / élève.

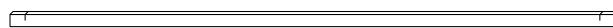
Ciseaux, colle à papier.

Deuxième séance

Les mobiles construits pendant la première séance.

Fil à coudre, 1 fil / 2 élèves, environ 2m.

Pics à brochette ou baguettes en bambou¹, environ $3\text{mm} \times 3\text{mm} \times 20\text{-}30\text{cm}$, indentées à 5mm de chaque extrémité.



Une baguette.

¹Il faut que les tiges soient rigides, légères, homogènes, et pas trop lisses. Il est intéressant de faire varier la longueur des baguettes.

Première séance

Introduction (5 min.)

Après une introduction générale, donner l'objectif des deux séances : construire des solides (cubes, diamants) puis des mobiles. Diriger la discussion vers la géométrie et la notion de solide². Introduire le vocabulaire de face et d'arête.

Construction des modules (15 min.)

On commence par construire les cubes en assemblant 6 modules, un par face du cube. Distribuer les rectangles de papier.

Quelles sont les dimension du papier ? Quelle est sa surface³ ? Remarquer que la surface d'un grand papier est le double de la surface d'un petit papier.

On passe à la construction modules. Faire la construction pas à pas en classe entière pour le premier module, et laisser les élèves travailler pour les 5 modules suivants. Passer vérifier que les modules sont bien construits.

Voir la partie "Pliage" pour les diagrammes décrivant cette construction. Si nécessaire, coller les rabats (pas les languettes !) des modules pour éviter qu'ils ne se démontent.

Assemblage du cube (15 min.)

Chaque module a une partie carrée et deux parties triangulaires. La partie carrée a deux poches, et les parties triangulaires sont des languettes. Les modules s'assemblent en glissant les languettes dans les poches.

En assemblant les six modules, on peut obtenir un cube⁴. Chaque élève a des papiers de 3 couleurs différentes ; faire en sorte que les côtés opposés soient de même couleur. Passer contrôler si les cubes sont bien faits.

Assemblage du diamant (10 min.)

Mettre de côté environ $\frac{2}{3}$ des grands cubes et $\frac{1}{3}$ des petits cubes⁵. Démontez les autres. Répartir les modules dans la classe de telle sorte que chaque élève ait 3 modules de même taille, si possible de couleurs différentes.

Plier les modules comme indiqué dans la partie "Pliage".

On passe à la construction de diamants, avec une consigne ouverte ("Construire un solide à l'aide de 3 modules"). Insérer les deux languettes du premier module dans le second, les deux languettes du second module dans le troisième, et les deux languettes du troisième module dans le premier. On obtient une bipyramide à base triangulaire.

Pendant cette partie, laisser les élèves plus lents finir leur cube. À la fin de cette partie, redistribuer les cubes laissés de côté pour que chaque élève ait au moins un cube ou deux diamants.

²Au niveau de l'atelier, un solide est une forme dans l'espace dans laquelle on peut mettre des choses (qui a un volume), et qui est fermée (qui a un intérieur et un extérieur). Exemples : boîte, armoire, etc.

³Ne pas faire mesurer les bords en centimètres : cela pousse les élèves à appliquer des formules non comprises. Mesurer l'aire en carreaux. Éventuellement discuter la formule donnant l'aire d'un rectangle en fonction des longueurs de ses côtés.

⁴L'assemblage du dernier module peut être délicat. De plus, si l'un des modules précédents est dans le mauvais sens, on ne peut pas mettre le dernier module. Il faut alors démonter en partie le cube.

⁵Typiquement, les mieux faits. Les proportions indiquées font que chaque élève pourra construire un diamant, et qu'il y aura plus de grands cubes et de petits diamants à la fin.

Ajout d'une perle (10 min.)

Dans la séance suivante, on construira des mobiles. Qu'est-ce qu'un mobile ?

Il va falloir suspendre les solides. Nouer une perle au bout d'un fil en nylon. Ouvrir légèrement le solide pour faire passer la perle et le fil à travers le long d'une grande diagonale, puis refermer le solide⁶. À la fin, la perle doit être sous le solide, et non dedans.

Quantité de papier utilisée (10 min.)

On dispose donc de cubes et de diamants, grands et petits. Au tableau, faire le point sur la quantité de papier utilisée pour chacun.

Compter en prenant le petit module pour unité (rectangle 4×6), en commençant par le petit cube. Enfin, changer d'échelle pour prendre le petit diamant comme unité.

	Aire (petits modules)	Aire (petits diamants)
petit cube	6	2
grand cube	12	4
petit diamant	3	1
grand diamant	6	2

Ajout des perles supplémentaires (5 min.)

On utilisera les solides que l'on a construits comme des poids. On a vu, par exemple, que le poids d'un petit cube est le double du poids d'un petit diamant. Cependant, le nombre total de perles doit lui aussi être proportionnel à la quantité de papier⁷. On rajoute donc des perles à certains des solides (par exemple, une perle à un grand diamant, et trois perles à un grand cube). Les perles supplémentaires seront au-dessus du solide, comme dans la Figure 1.

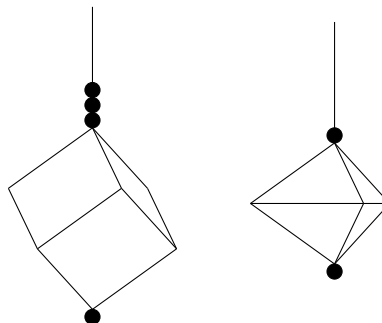


Figure 1: Un grand cube et un grand diamant.

⁶Ces deux étapes sont délicates, qu'il s'agisse de faire un nœud ou d'ouvrir un solide sans le démonter entièrement.

⁷Plus précisément, égal à la quantité de papier mesurée en petits diamants – voir la troisième colonne du tableau. Soit 1 perle pour un petit diamant, 2 pour un petit cube ou un grand diamant, et 4 pour un grand cube.

Pliage

La partie colorée du papier est dessinée en gris foncé. Nous commençons par les rectangles de papier de 4×6 carreaux.

Petit module pour le cube (rectangle 4×6)

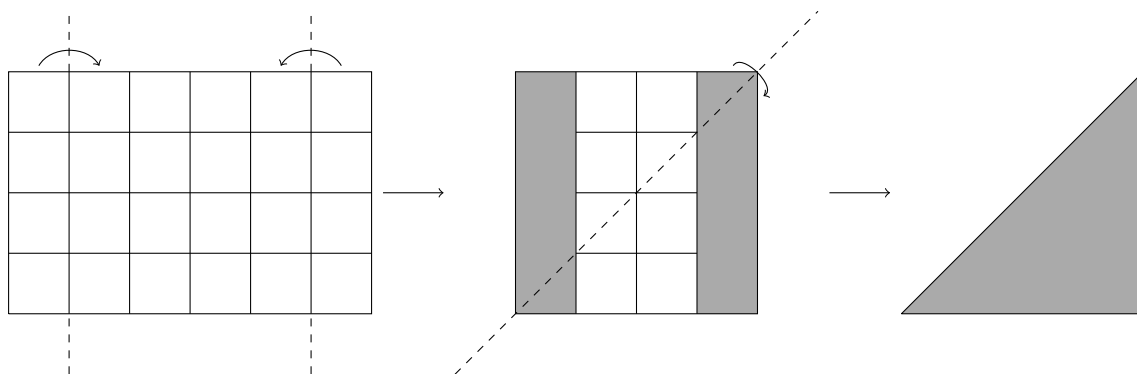


Figure 2: Rabattre une rangée d'un carreau de large de chaque côté du rectangle, afin d'obtenir un carré. Plier en deux le long d'une diagonale pour obtenir un triangle.

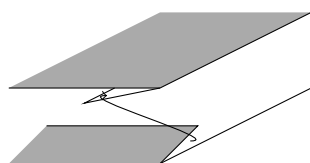


Figure 3: Emboîter les deux rabats. Si nécessaire, ajouter un point de colle au revers.

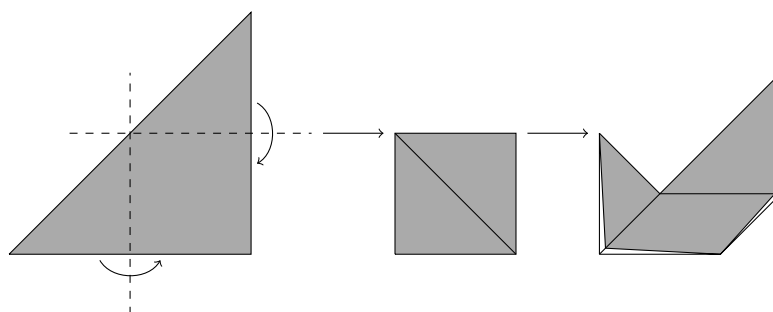
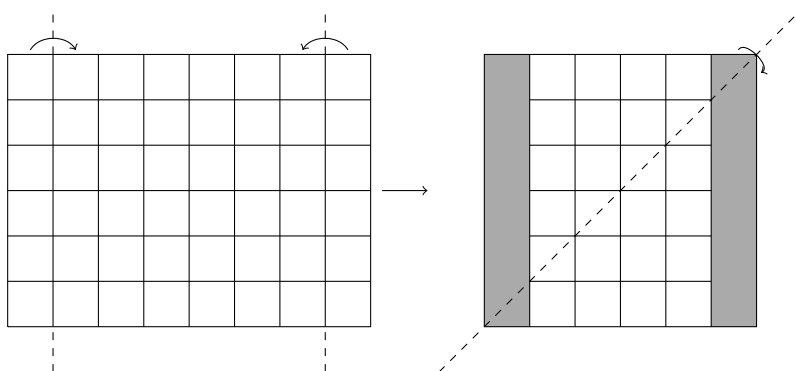


Figure 4: Replier les deux pointes du triangle rectangle sur son angle droit. Déplier partiellement les deux “ailes” triangulaires pour obtenir deux “languettes” et deux “poches”. Voici un module pour le cube.

Grand module pour le cube (rectangle 6×8)

La construction est la même : en rabattant une rangée d'un carreau de large de chaque côté du rectangle, on obtient encore un carré. La suite de la construction est identique à la précédente.



Module pour un diamant

On reprend un module construit précédemment, petit ou grand.

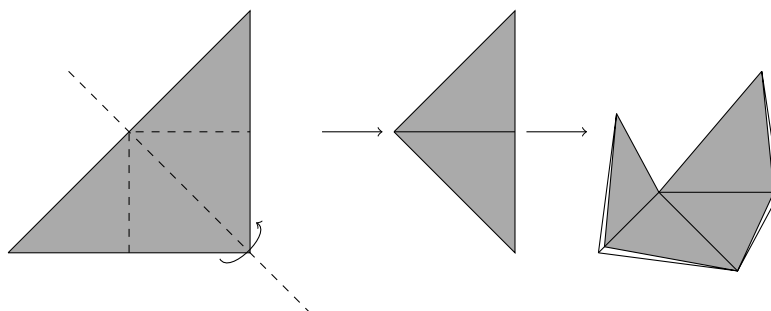


Figure 5: Plier le triangle le long de son axe de symétrie, dans le même sens que les ailes. Voici un module pour le diamant.

Deuxième séance

Avant l'atelier, placer au-dessus de chaque table (une table pour 2 élèves) une ficelle descendant du plafond jusqu'à environ 1,20m du sol ; cette hauteur permet aux élèves de travailler debout. Accrocher une baguette à chaque fil⁸. La construction des solides de la première séance doit être terminée, si possible en ajoutant un peu de ruban adhésif pour éviter qu'ils ne se démontent.

Introduction (5-10 min.)

Les élèves sont placés en binômes.

Rappeler le travail effectué lors de la première séance : les solides construits, le nombre de perles par mobile, et la signification des perles.

Équilibrage des mobiles (15-20 min.)

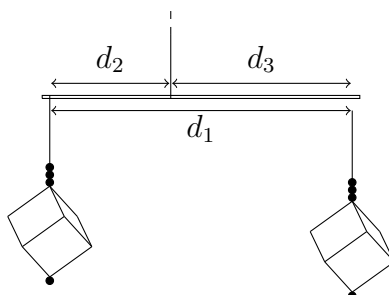
Faire équilibrer⁹ les baguettes. Chaque groupe de 2 élèves vient chercher 2 solides **identiques**. Accrocher un solide à chaque encoche de la baguette, puis équilibrer le mobile obtenu. Laisser les

⁸Travail à faire faire par l'enseignant. Le point d'attache de la baguette doit pouvoir coulisser.

⁹La notion d'équilibre est à discuter avec les élèves : cela signifie que la baguette est horizontale, et non seulement "droite" !

élèves chercher comment équilibrer leur mobile : ils peuvent par exemple modifier la hauteur des solides, avant de déplacer le pivot.

Faire mesurer la distance entre les deux encoches, la distance au plus gros solide, et la distance au plus petit solide¹⁰. Il peut être utile de copier le dessin suivant au tableau.



Un mobile équilibré et les distances à mesurer.

Pendant ce temps, préparer au tableau un tableau à quatre colonnes (nom des solides, distance 1, distance 2, distance 3). Quand un groupe a équilibré son mobile et mesuré ces distances, il peut venir les écrire au tableau.

Discussion (5 min.)

Une fois que le tableau est rempli, discuter de son contenu avec la classe. Tout d'abord, repérer les erreurs manifestes¹¹. Vérifier avec les groupes concernés que les bonnes mesures ont été prises.

Conclure que le fil de suspension est au milieu. Discuter des imprécisions expérimentales et de leurs sources potentielles (baguette, perles, fils...)¹².

Mobiles asymétriques (30-35 min.)

Échanger les solides pour que chaque groupe ait 2 solides différents. Recommencer les opérations précédentes : mesures, tableau et discussion. Les mesures prennent 20 à 25 minutes, et le bilan final une dizaine.

Suivant le temps disponible, on peut dégager une loi de proportionnalité : les distances d_2 et d_3 des masses au point d'équilibre sont inversement proportionnelles aux masses suspendues.

¹⁰Dans cette partie, les solides sont de même masse, donc l'ordre est arbitraire. Ce ne sera plus le cas après.

¹¹ $d_1 \neq d_2 + d_3$, ou d_2 très différent de d_3

¹²Par exemple, on a ignoré le poids de la baguette, les perles ne sont pas forcément exactement de la même masse...