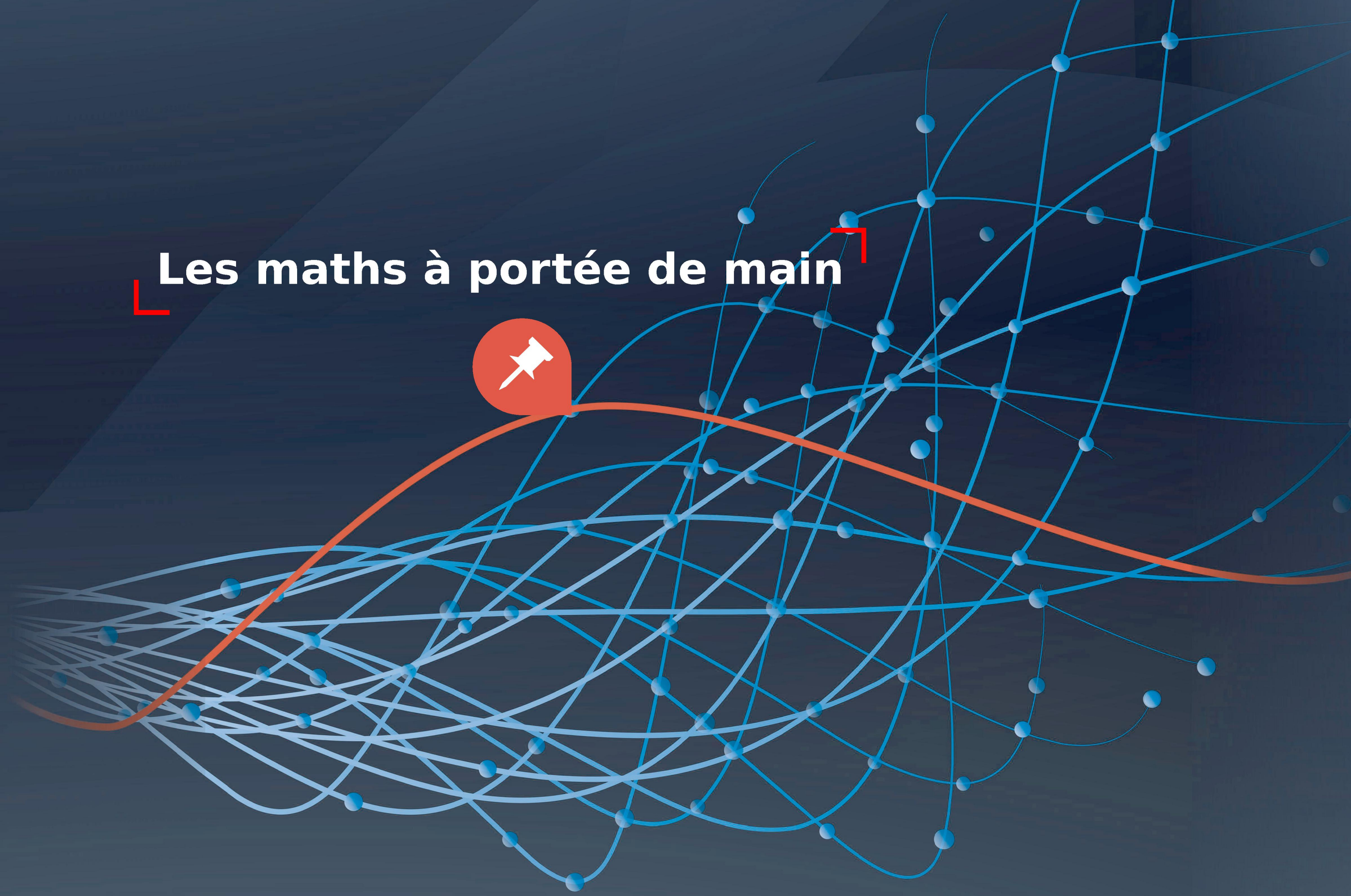
Le bulletin de l'APMEP - N° 532

AU FIL DES MATHS

de la maternelle à l'université. . .

Édition Avril, Mai, Juin 2019

Les maths à portée de main



APMEP

Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public

ASSOCIATION

DES PROFESSEURS DE MATHÉMATIQUES

DE L'ENSEIGNEMENT PUBLIC

26 rue Duméril, 75013 Paris

Tél. : 01 43 31 34 05 - Fax : 01 42 17 08 77

Courriel : secretariat-apmep@orange.fr - Site : https://www.apmep.fr

Présidente d'honneur : Christiane ZEHREN

Au fil des maths, c'est aussi une revue numérique augmentée :
https://afdm.apmep.fr
version réservée aux adhérents. Pour y accéder connectez-vous à votre compte *via* l'onglet *Au fil des maths* (page d'accueil du site) ou *via* le QRcode, ou suivez les logos.

Si vous désirez rejoindre l'équipe d'*Au fil des maths* ou bien proposer un article, écrivez à aufildesmaths@apmep.fr

Annonceurs : pour toute demande de publicité, contactez Mireille GÉNIN mcgenin@wanadoo.fr

À ce numéro est joint le BGV

n° 206 spécial « Journées Nationales ».

ÉQUIPE DE RÉDACTION

Directrice de publication : *Alice ERNOULT*.

Responsable coordinatrice de l'équipe : *Lise MALRIEU*.

Rédacteurs : *Vincent BECK, Marie-Astrid BÉZARD, François BOUCHER, Richard CABASSUT, Séverine CHASSAGNE-LAMBERT, Frédéric DE LIGT, Mireille GÉNIN, Cécile KERBOUL, Valérie LAROSE, Lise MALRIEU, Jean-Marie MARTIN, Vincent PANTALONI, Daniel VAGOST, Christine ZELTY* .

« Fils rouges » numériques : *Gwenaëlle CLEMENT, Nada DRAGOVIC, Laure ÉTÉVEZ, Marianne FABRE, Robert FERRÉOL, Adrien GUINEMER, Christophe ROMERO, Jacques VALLOIS* .

Illustrateurs : *Pol LE GALL, Olivier LONGUET, Jean-Sébastien MASSET* .

Équipe TEXnique : *François COUTURIER, Isabelle FLAVIER, Anne HÉAM, François PÉTIARD, Olivier REBOUX, Guillaume SEGUIN, Sébastien SOUCAZE, Michel SUQUET* .

Maquette : *Olivier REBOUX*.

Votre adhésion à l'APMEP vous abonne automatiquement à *Au fil des maths*.
Pour les établissements, le prix de l'abonnement est de 60 € par an.
La revue peut être achetée au numéro au prix de 15 € sur la boutique en ligne de l'APMEP.

Mise en page : Olivier REBOUX

Dépôt légal : Juin 2019

Impression : Imprimerie Corlet.

ZI, rue Maximilien Vox BP 86, 14110 Condé-sur-Noireau ISSN : 2608-9297

AU FIL DES MATHS

APMEP

Des origamis en cours de math

Des pliages pour faire des maths en classe ? Cet article propose un approfondissement mathématique pour modéliser les activités d'origamis. Il applique cette modélisation à la description de différentes activités pour le collège. Une version plus longue de l'article, agrémentée de vidéos des constructions est disponible en ligne dans la revue numérique.

Anne-Marie Aebischer

Au cours de différentes expériences professionnelles, j'ai été amenée à réfléchir aux liens entre les origamis et l'enseignement des mathématiques.

On réduit souvent les origamis à des pliages ludiques mais, derrière cette façade, se cachent des mathématiques élaborées.

> Les origamis combinent donc la possibilité de représenter, visualiser, apprivoiser des formes à la pratique d'une activité mathématique.

Des premiers solides étoilés par origamis modulaires réalisés pour une fête de la science et du questionnement autour de la réalisation de ces solides est apparue la nécessité d'analyser l'activité mathématique sous-jacente puis de chercher à lier la représentation par origami à d'autres tâches mathématiques. Les activités présentées ici ne sont pas originales, il s'agit plutôt de répertorier un certain nombre de propositions existantes. Tout au long du texte, les références renvoient aux auteurs et à des présentations plus détaillées.

Les mathématiques de l'origami

Créer un origami, c'est procéder par pliages successifs à partir d'une feuille de papier ; il s'agit donc ici d'origamis à plis simples (on pourrait envisager de faire des origamis à plis simultanés).

Les différents types de plis simples ont été répertoriés. Ils limitent le nombre de constructions possibles et définissent la géométrie de l'origami. De même qu'il existe une géométrie de la règle et du compas qui limite les constructions ou les nombres constructibles à la règle et au compas, il existe également une géométrie de l'origami décrivant les nombres constructibles par origami.

Les différents plis

> Il existe sept plis fondamentaux en origami, classés par les transformations qu'ils induisent sur des objets comme les points ou les droites.

Ces plis érigés en axiomes ont été isolés indépendamment par J. Justin [1] et H.Huzita/K. Hatori.

1. Voir [1] et [2].

Nous nommerons A et B deux points de la feuille et $\mathscr{D}$ et Δ deux droites de la feuille (parallèles ou non).

Pli n° 1 : A $\longrightarrow$ A et B $\longrightarrow$ B. Ce pli crée la droite (AB) ;
Pli n° 2 : A $\longrightarrow$ B et B $\longrightarrow$ A. Ce pli crée la médiatrice de [AB] ;
Pli n° 3 : $\mathscr{D} \longrightarrow \Delta$. Ce pli crée une bissectrice de $(\mathscr{D}, \Delta)$ si les droites sont sécantes, ou un axe de symétrie parallèle à $\mathscr{D}$ de la bande $(\mathscr{D}, \Delta)$ si $\mathscr{D}$ et Δ sont parallèles ;
Pli n° 4 : A $\longrightarrow$ A, $\mathscr{D} \longrightarrow \mathscr{D}$. Ce pli permet de créer la perpendiculaire à $\mathscr{D}$ passant par A ;
Pli n° 5 : A $\longrightarrow \mathscr{D}$ et B $\longrightarrow$ B. Ce pli crée (s'il existe) un point d'intersection du cercle de centre B et de rayon BA avec la droite $\mathscr{D}$;
Pli n° 6 : A $\longrightarrow \mathscr{D}$ et B $\longrightarrow \Delta$. Ce pli crée une tangente commune aux paraboles définies par : foyer A et directrice $\mathscr{D}$, foyer B et directrice Δ (si les points A et B sont respectivement extérieurs aux droites $\mathscr{D}$ et Δ) (voir plus bas) ;
Pli n° 7 : A $\longrightarrow \mathscr{D}$ et $\Delta \longrightarrow \Delta$. Ce pli perpendiculaire à Δ amène A sur $\mathscr{D}$.

Les droites créées par ces plis ne sont pas forcément uniques. Le pliage n'est même pas toujours possible : ainsi, pour le pli n° 5, le cercle et la droite n'ont pas forcément de point d'intersection.

Le pli n° 7 correspond à une action directe mais il peut être obtenu, dans le cas général, par des itérations des plis n° 4 et n° 2.

Origami versus *Euclide*

La géométrie d'Euclide est celle de la règle et du compas : cela limite les figures constructibles ou, de façon équivalente, les nombres constructibles. Le corps des nombres constructibles à la règle et au compas est celui des nombres obtenus à partir des entiers, en combinant les actions des quatre opérations $+$, $-$, $\times$, $\div$ et de $\sqrt{\ }$ (racine carrée).

Des problèmes comme la duplication du cube (construire à la règle et au compas le côté d'un cube de volume 2) ou comme la trisection de l'angle (partager à la règle et au compas en trois secteurs angulaires superposables un secteur angulaire donné) sont des problèmes qui ont traversé l'histoire et qui ont alimenté de nombreuses recherches, avant que leur impossibilité ne soit établie. En effet, $\sqrt[3]{2}$ ou $\cos(\alpha)$ (si 3α est une mesure du secteur angulaire à partager) sont solutions d'une équation du troisième degré et ne sont donc pas constructibles à la règle et au compas.

La géométrie des origamis est strictement plus forte que la géométrie euclidienne !

Euclide **Origami**	Intersection de deux droites Intersection de deux plis
Euclide **Origami**	Intersection d'une droite et d'un cercle Pli n° 5
Euclide **Origami**	Intersection de deux cercles Revient à trouver l'intersection entre un cercle et l'axe radical des deux cercles (cas précédent)

Les plis n° 1, 2, 3, 4, 5, 7 correspondent tous à des constructions possibles en géométrie euclidienne, mais le pli n° 6 a une interprétation géométrique bien différente.

La donnée d'un point A et d'une droite $\mathscr{D}$ (A étant extérieur à D) définit la parabole $\mathscr{P}$, de foyer A et de directrice $\mathscr{D}$. La tangente en un point M de cette parabole est la médiatrice du segment [AH], H étant le projeté orthogonal de M sur $\mathscr{D}$. Le pli qui amène A sur $\mathscr{D}$ représente donc une tangente à la parabole $\mathscr{P}$.

Le pli n° 6 construit donc une tangente commune aux deux paraboles définies par les données $(\mathrm{A}, \mathscr{D})$ et (B, Δ).

La détermination d'une tangente commune à deux paraboles données se ramène à la résolution d'une équation du troisième degré. On peut ainsi, dans la géométrie des origamis, représenter les solutions d'une équation du troisième degré. Les problèmes de la duplication du cube ou de la trisection de l'angle se résolvent donc par pliage !

Des origamis au collège

La manipulation du papier permet aux élèves de s'approprier des situations géométriques, étape cruciale avant la modélisation de la situation par une figure sur le cahier.

Il s'agit dans un premier temps de représenter, de rendre perceptible à la vue et à l'esprit, puis de raisonner : quelles sont les propriétés de la figure réalisée ou comment concevoir un pliage représentant une configuration donnée ?

Ce paragraphe présente quelques exemples de constructions par pliage conduisant à des problèmes géométriques.

Des propriétés en plis

Les origamis permettent tout d'abord de mettre en action des propriétés élémentaires : construire par pliage une perpendiculaire à une droite donnée puis, en itérant cette action, construire une droite parallèle à une droite donnée, construire un carré de côté donné...

Les origamis permettent aussi de travailler les proportions et la géométrie dans l'espace.

Deux partages en trois parties de même grandeur

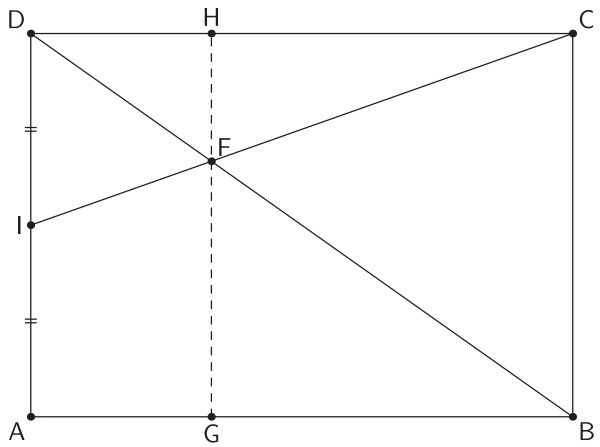
Lorsque l'on désire plier une feuille A4 en trois pour l'insérer dans une enveloppe, on réalise un pliage par deux plis simultanés en cherchant par continuité la façon de superposer les deux parties repliées. Ce type de pliage n'entre pas dans la catégorie des origamis à pli simple.

Comment réaliser ce partage en restant dans ce cadre ?

Ce problème est vu classiquement comme une application du théorème de Thalès. La construction usuelle se prête mal à un pliage par origami.

Les deux pliages suivants résolvent cette question.

Cas général d'une feuille rectangulaire



Dans cette figure, on part d'un rectangle ABCD. On construit le point I milieu de $[AD]$, puis les plis (IC) et (BD) qui se coupent au point F. Les plis parallèles aux côtés du rectangle ABCD détermineront des partages en 3 dans chacune des deux directions. On détermine le pli (GH), passant par F et parallèle au côté $[AD]$ (on le construit donc passant par F et perpendiculaire au côté $[AB]$).

Le point G est tel que $AG = \frac{1}{3}AB$ et le point H est tel que $DH = \frac{1}{3}DC$.

Cas d'une feuille carrée

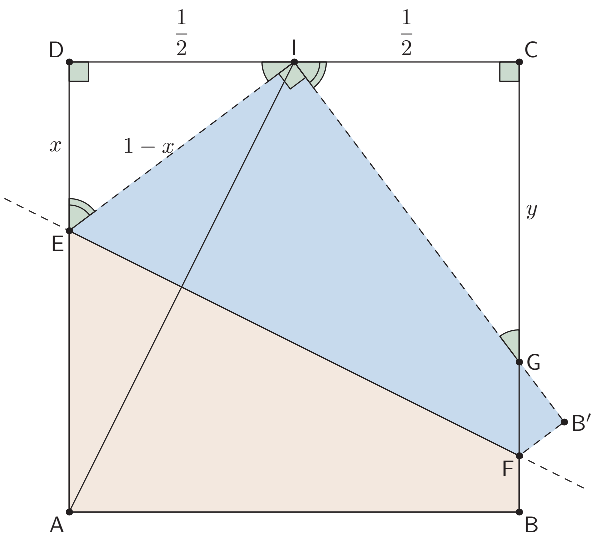
Cette situation est un cas particulier du théorème de K. Haga qui indique un moyen de construire par pliage des nombres rationnels [2].

Voici une autre construction, à partir d'une feuille carrée.

On réalise le pli qui amène A sur le milieu I de $[CD]$ (le pli réalisé (EF) est donc la médiatrice de $[AI]$). Le point G (intersection de la partie repliée avec $[BC]$) vérifie $BG = \frac{1}{3}BC$ (on détermine

2. Voir [3].

$x = \dfrac{3}{8}$ par le théorème de Pythagore, puis $y = \dfrac{2}{3}$ par la similarité des triangles).

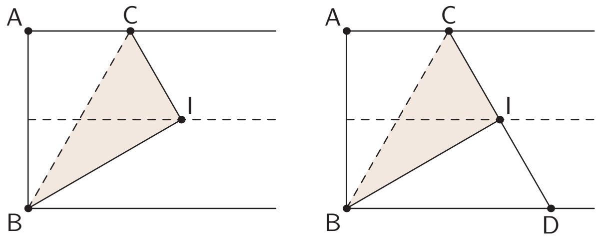


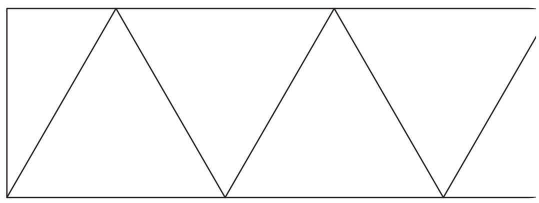
Réalisation de samoussas

Fabriquer des *samoussas* suppose d'enrouler sur elle-même une bande rectangulaire de pâte pour faire émerger un gâteau en forme de triangle équilatéral. C'est la forme de polygone régulier qui va permettre de replier plusieurs fois la bande sur elle-même. En pratique, la construction est approchée, mais le problème posé ici est : comment commencer l'enroulement avec une construction qui inscrit directement un triangle équilatéral dans une bande de papier[3] ?

Les élèves peuvent être mis en situation de recherche à partir d'une bande de papier pour trouver un pliage faisant apparaître un triangle équilatéral inscrit dans cette bande. Il faut ensuite justifier que leur pliage conduit bien à un triangle équilatéral. C'est toutefois un problème difficile et on peut se contenter de proposer la construction suivante aux élèves en leur laissant le soin de la justifier.

Voici une construction possible :





Dans une bande de papier rectangulaire, marquer la médiane (parallèle au côté de plus grande dimension).

Marquer le pli qui passe par B et qui amène le point A en I sur cette médiane. Ce pli est représenté sur la figure par le segment [BC].

La droite [CI] coupe le bord de la bande en D. Le triangle BCD est équilatéral et c'est à démontrer !

Solides pop up

La *Boîte du pâtissier*, activité qui a déjà donné lieu à de nombreuses études[4] en est un premier exemple.

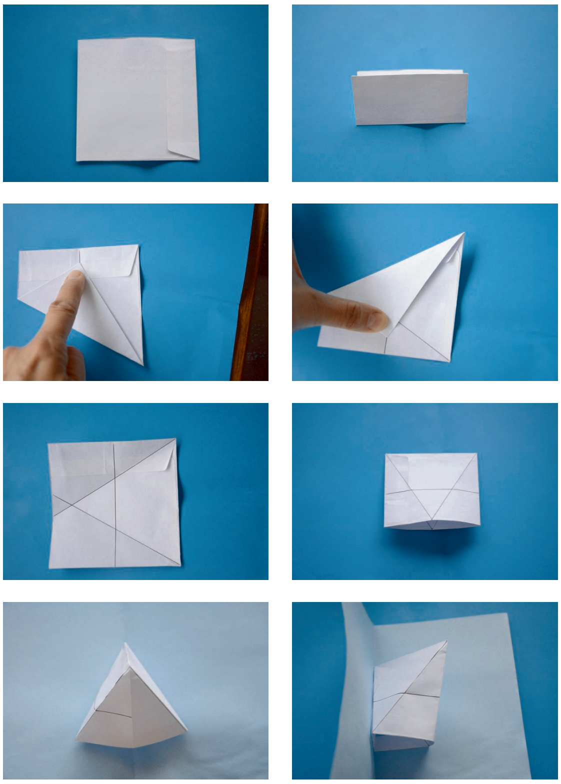
Voici une autre construction indispensable permettant de réaliser un tétraèdre régulier qu'on peut coller entre les pages d'un cahier et qui se déplie à l'ouverture[5]. Cela permet d'avoir sous la main un modèle à toucher et observer avant de conceptualiser davantage l'étude de ce solide et de motiver une démonstration. Le matériel de base est une enveloppe 11 cm × 22 cm que l'on referme par collage, avant de la découper en deux carrés de 11 cm de côté.

On commence par positionner un des carrés d'enveloppe avec l'ouverture face à soi. On va

3. La réalisation d'une bande de neuf triangles équilatéraux permet d'enchaîner sur la construction d'hexaflexagones, voir *Les hexaflexagones*, sur la chaîne You Tube Micmaths de Mickaël Launay ainsi que l'article de Loïc Terrier p. 67 de ce numéro.
4. Voir [4] et [5].
5. Voir [6] et [7].

construire un triangle équilatéral dont la base est le côté supérieur du carré, il s'agit donc d'une variante de la situation des *samoussas*. On réalise un pli selon une médiane horizontale puis les plis qui correspondent à amener sur cette médiane chacun des deux sommets extrémités du côté supérieur du carré.

Construction en images (voir sur le site la vidéo de construction ▶) :



Le grand triangle qui apparaît est équilatéral mais il n'occupe pas toute la hauteur du carré, on replie donc la petite bande excédentaire pour que le triangle équilatéral soit inscrit dans un rectangle.

En collant deux triangles rectangles adjacents, sur une feuille de papier, on voit le tétraèdre se matérialiser à l'ouverture.

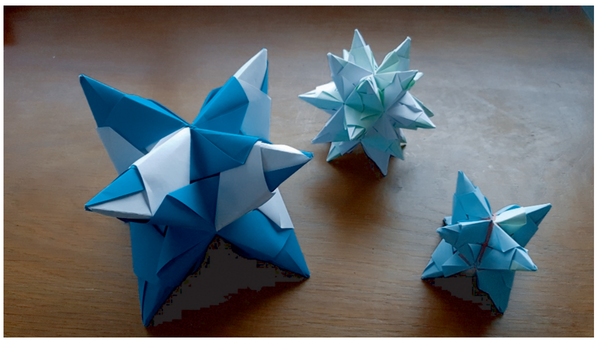
Il reste à démontrer que l'on a affaire à un tétraèdre régulier, c'est-à-dire que toutes ses faces sont des triangles équilatéraux superposables !

Origamis modulaires et polyèdres convexes

Les programmes de cycle 3 et 4 insistent sur la reconnaissance, sur la description et sur la production de solides usuels, recommandent l'utilisation de solides concrets pour illustrer certaines propriétés, développer la vision de l'espace. Ils demandent de reconnaître, nommer, décrire, reproduire, représenter, construire des figures et solides usuels. Ce paragraphe va bien au-delà de ces demandes ; néanmoins, les solides dont la construction est présentée ici sont porteurs d'imaginaire et de mathématiques. Plus adaptés à une production en club mathématique ou en petit groupe, ils constituent des décorations de classe (ou de sapin de Noël) appréciées et suscitent systématiquement chez les élèves des commentaires admiratifs.

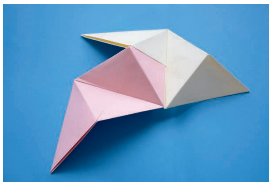
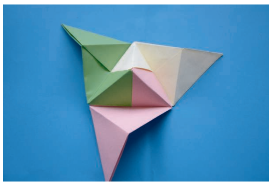
Voici quelques exemples de solides construits avec deux types de modules.

Module 1 (de Sonobe).



Module 2.

Pour construire ces solides, on réalise des modules identiques puis on les assemble pour constituer des pyramides qui sont peu à peu associées entre elles. Voici l'assemblage de base d'une pyramide avec le module de Sonobe :

Il existe un grand nombre de modules de base pour réaliser ce type de polyèdres, mais ils ont toujours en commun le fait d'avoir une arête centrale et d'avoir deux parties latérales qui s'échangent par demi-tour et présentent chacune le duo pochette/languette. La pochette désigne une partie dans laquelle peut s'insérer la languette d'un autre module.

Une pyramide peut être à base triangulaire comme sur la figure précédente (donc constituée de trois modules) mais, suivant le type de module, il peut être possible de constituer des pyramides à base carrée (quatre modules) ou pentagonale (cinq modules).

Chaque pyramide constituée n'utilise que la moitié de chaque module, l'autre moitié est disponible pour être engagée dans une autre pyramide.

Les polyèdres construits ne sont en général ni réguliers, ni convexes.

Imaginons-les pleins : si l'on « découpait » à leur base chacune des pyramides, on verrait apparaître un polyèdre régulier convexe (tétraèdre, cube, octaèdre, dodécaèdre ou icosaèdre). Nous considérerons que la construction modulaire « étoile » est un polyèdre régulier convexe (en faisant pousser des pyramides sur ses faces) et les solides construits seront donc dénommés : tétraèdre étoilé, cube étoilé, octaèdre étoilé, dodécaèdre étoilé ou icosaèdre étoilé.

Cette approche permet d'approfondir la géométrie des polyèdres réguliers convexes et de revisiter la relation d'Euler.

Nombre de modules et assemblage

Appelons $\mathscr{P}$ le polyèdre régulier convexe qui sera étoilé dans la construction modulaire. Notons F son nombre de faces, n le nombre d'arêtes de chaque face, A son nombre total d'arêtes et S le nombre de ses sommets.

Chaque module contribue à deux pyramides, l'arête centrale de chaque module correspond exactement à une arête du solide $\mathscr{P}$. Le nombre de modules nécessaire est donc le nombre d'arêtes de $\mathscr{P}$. Ce nombre A d'arêtes est issu d'un dénombrement simple qui peut être mené avec les élèves : on dénombre le nombre total d'arêtes de toutes les faces du polyèdre ($n \times \mathrm{F}$) puis on divise ce nombre par deux puisqu'une arête est commune à deux faces :

$$\mathrm{A} = \frac{n \times \mathrm{F}}{2} = \text{nombre de modules nécessaires.}$$

Le nombre de pyramides à assembler entre elles autour d'un sommet est le nombre N de faces du solide régulier convexe ayant un sommet commun (c'est le degré du sommet). L'entier N peut être déterminé par observation du solide ou par dénombrement : $\mathrm{S} = \dfrac{n \times \mathrm{F}}{\mathrm{N}}$.

La relation d'Euler $\mathrm{S} = 2 + \mathrm{A} - \mathrm{F}$, permet de déterminer S à partir de A et F, on peut alors en déduire N.

Le tableau suivant présente les résultats pour les cinq polyèdres réguliers convexes :

n	Nom	F	A	S	N
3	Tétraèdre	4	6	4	3
3	Octaèdre	8	12	6	4
3	Icosaèdre	20	30	12	5
4	Cube	6	12	8	3
5	Dodécaèdre	12	30	20	3

On retrouve dans ce tableau la dualité entre le cube et l'octaèdre ainsi qu'entre le dodécaèdre et l'icosaèdre.

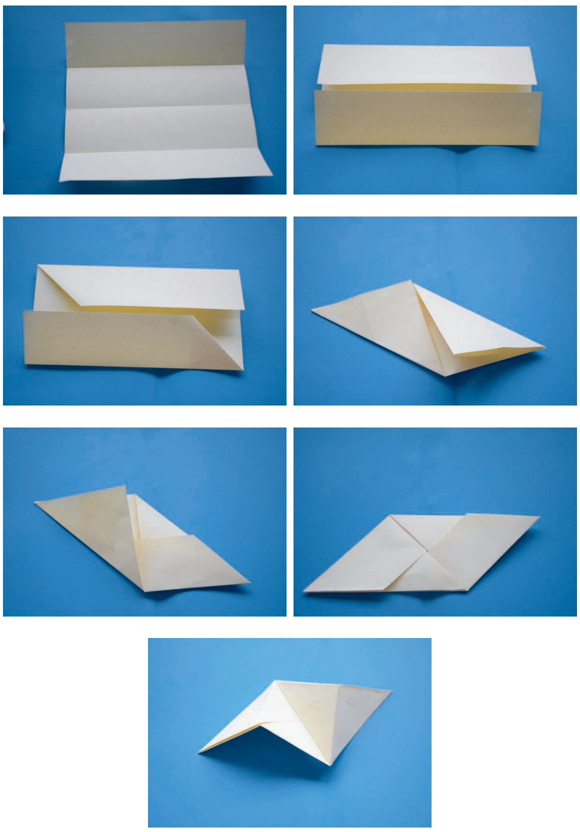
Les colonnes utiles à la construction par origami modulaire sont les colonnes A (nombre de modules) et N (nombre de pyramides à assembler entre elles autour d'un sommet).

Nom du solide initial	**Modules**	**Pyramides par sommet**
Tétraèdre	6	3
Octaèdre	12	4
Cube	12	3
Dodécaèdre	30	3
Icosaèdre	30	5

La construction d'un tétraèdre étoilé avec le module de Sonobe produit un cube : cette construction est la plus abordable pour des élèves de collège.

Réalisation du module 1, dit module de Sonobe

Ce module ne permet que des assemblages de pyramides à base triangulaire car les triangles apparaissant dans les pyramides sont rectangles.



Partir d'une feuille carrée, plier selon une médiane puis partager en deux chaque demi-carré.

Choisir deux sommets opposés, replier à l'intérieur chaque coin suivant la diagonale. Amener chacun des deux autres sommets opposés sur un grand côté du rectangle par un pli selon la diagonale.

On voit apparaître un parallélogramme. Replier les sommets libres à l'intérieur. Plier de façon à faire apparaître quatre triangles superposables.

Le module est terminé.

Attention au choix des sommets opposés : toutes les pièces doivent être superposables.

Conclusion

La pratique des origamis trouve facilement sa place en collège. Les pliages permettent d'apprivoiser la géométrie plane par l'espace. Accompagner d'un geste la construction d'une médiatrice ou d'une bissectrice donne tout son sens à la réflexion mise en jeu. La superposition est effective et les propriétés géométriques plus intuitives. Les élèves sont peu habitués à la manipulation et manifestent au départ des aptitudes fort diverses. Les expériences menées en club montrent qu'au fil des constructions, la pratique s'affine, le langage et la vision géométrique s'affirment. Ces pliages devraient être parmi les premiers gestes géométriques, précédant ou accompagnant les tracés instrumentés.

Références

[1] Jacques Justin. « Aspects mathématiques du pliage de papier ». In : *L'Ouvert* nº 47 (1987). Disponible en ligne sur le site de l'IREM de Strasbourg ou dans la bibliothèque numérique des IREM et de l'APMEP, pp. 1-14.

[2] Michel Lafond. « Mieux que la règle et le compas : l'origami ». In : *Bulletin de l'APMEP* nº 502 (2013)., pp. 67-78.

[3] Jean-Paul Delahaye. « Les mathématiques de l'origami ». In : *Pour la science*. Hors série nº 97 (octobre-novembre 2017).

[4] Groupe école élémentaire. « Boîte du pâtissier : former des professeurs d'école en mathématiques ». In : *Collection : IREM de Rouen* n° 082 (1993).

[5] Marie-Lise Peltier, Catherine Houdement et Denis Butlen. « La boîte du pâtissier ». In : *Carnets de route de la COPIRELEM*. Sous la dir. de l'Association pour l'élaboration et la diffusion de ressources pédagogiques sur l'enseignement des mathématiques à l'école (ARPEME). T. 3. Disponible en ligne sur le site de l'ARPEME. Paris, 2003, pp. 47-55.

[6] Didier Boursin et Valérie Larose. *Mathémagie des pliages*. Paris : ACL – Les éditions du Kangourou, 2000.

[7] Didier Boursin et Valérie Larose. « Pliages et mathématiques ». In : *Maths pour Tous*. T. 7. Paris : ACL – Les éditions du Kangourou, 1997.

[8] Jacques Chappaz et Florence Michon. « Il était une fois... la boîte du pâtissier ». In : *Grand* ℕ n° 72 (2003). Sous la dir. de l'IREM de Grenoble, pp. 19-32.

[9] Jacques Justin. « Résolution par le pliage de l'équation du 3e degré et applications géométriques ». In : *L'Ouvert* n° 42 (1986). Disponible en ligne sur le site de l'IREM de Strasbourg ou dans la bibliothèque numérique des IREM et de l'APMEP, pp. 9-19.

[10] Jacques Justin. « Trisection d'angles et pliages ». In : *PLOT* n° 28 (1984), p. 28.

Anne-Marie Aebischer réunit les expériences d'enseignante à l'UFR Sciences et Techniques de Besançon, en master MEEF (formation des enseignants), d'animatrice à l'IREM de Franche-Comté et de responsable de la CII Pop'Math (commission inter IREM dédiée à la popularisation des mathématiques).

anne-marie.aebischer@wanadoo.fr

Un grand merci à mes collègues Gilles Damamme, Josiane Lorblanche, Gérard Martin, Marie-José Pestel et Patricia Rat qui ont partagé ou testé certaines de ces activités.

© APMEP *Juin 2019*

Sommaire du nº 532

Les maths à portée de main

Éditorial 1

Opinions 3

Manifeste pour un enseignement des mathématiques dans le socle commun de la voie générale au lycée — APMEP-SMF 3

Que disent les recherches sur les manuels « *Méthode de Singapour* » ? — Éric Mounier et Nadine Grapin 6

La manipulation dans l'enseignement des mathématiques — Nicolas Pinel 14

Avec les élèves 20

Le pavé dans la boîte en 6e — Anne Dusson et Nathalie Lecouturier 20

Des caches multitâches — François Drouin 25

Des *Math & Manips* autour des grandeurs — Marie-France Guissard, Valérie Henry, Pauline Lambrecht, Patricia Van Geet, Sylvie Vansimpsen 29

Les fractions en potions ! — Nicolas Pelay 39

Ouvertures 43

Triangulation et impression 3D — Aurélien Alvarez 43

Visite d'un fablab — Olivier Longuet 52

Des origamis en cours de math — Anne-Marie Aebischer 55

Femmes et mathématiques, où en est-on ? — Claudie Asselain-Missenard, Anne Estrade, Valérie Larose 63

À la découverte des flexagones — Loïc Terrier 67

Au calcul bien pesé — Karim Zayana 75

Récréations 78

Le prix de l'essence flambe-t-il ? — Michel Soufflet 78

Au fil des problèmes — Frédéric de Ligt 82

Devine la date de mon anniversaire — Dominique Souder 84

Au fil du temps 86

Vers la trigonométrie — Henry Plane 86

Matériaux pour une documentation 90

Anniversaires — Dominique Cambrésy 94

APMEP

www.apmep.fr