

# MIROIRS ET SYMETRIES

---

## Table des matières

Introduction .....	2
1. Notion de symétrie axiale (orthogonale) .....	3
Introduction : .....	3
Notions théoriques : .....	3
2. Composée de symétries axiales (orthogonales) .....	4
Introduction : .....	4
Notions théoriques : Composée de deux symétries axiales .....	4
3. Chemins et miroirs.....	5
Introduction : .....	5
Notions théoriques : réflexion et symétrie .....	5
4. Superposition et transparence .....	5
5. Positionnement et puzzle 3 pièces .....	6
6. Frises .....	6
7. Pavages périodiques du plan .....	7
8. Symétries du cube.....	10
9. Jeux sur le sujet .....	12
10. Prolongements ultérieurs possibles .....	12
11. Lexique sur les transformations du plan .....	12
Proposition de progression .....	14
12. Références.....	15

## Introduction

A partir de jeux de miroirs et de défis, nous retrouverons des résultats classiques sur les symétries et les rotations. Nous proposerons ensuite de les appliquer dans quelques défis et jeux de positionnement et de mouvements.

Les diverses activités proposées travailleront les compétences suivantes :

Compétences transversales :

- *Se poser des questions,*
- *Agir et interagir sur des matériels divers,*
- *Présenter des stratégies qui conduisent à une solution,*
- *Créer des liens entre des faits ou des situations*
- *Construire une formule, une règle, schématiser une démarche, c'est-à-dire ordonner une suite d'opérations, construire un organigramme,*
- *Se servir dans un contexte neuf de connaissances acquises antérieurement et les adapter à des situations différentes,*
- *Procéder à des variations pour en analyse les effets sur la résolution ou le résultat et dégager la permanence de liens logiques.*

Compétences disciplinaires :

- *Se situer et situer des objets.*
- *Représenter sur un plan le déplacement correspondant à des consignes données.*
- *Dans un contexte de pliage, de découpage, de pavage et de reproduction de dessins, relever la présence de régularités,*
- *Décrire les différentes étapes d'une construction en s'appuyant sur des propriétés de transformations.*
- *Comprendre et utiliser, dans leur contexte, les termes usuels propres à la géométrie.*

## 1. Notion de symétrie axiale (orthogonale)

### Introduction :

- Jeux avec un miroir  
(Jeu du miroir, Spiegeltangram, Mirakel, Jeu du dessin en miroir, Reflecto)
- Feuille défi 1 "Miroir et symétrie"
- Visualisation à l'aide de GeoGebra en cherchant ce que fait la symétrie axiale proposée et ses invariants<sup>1</sup>

### Objectif de l'activité

Les élèves seront capables :

- de déterminer le ou les axe(s) de symétrie d'une figure (notion utilisée dans les jeux proposés)
- de reconnaître et construire avec précision l'image d'une figure par une symétrie orthogonale (feuille défi)
- de décrire en langage mathématique clair comment trouver l'image d'un point par une symétrie orthogonale (synthèse à l'aide du fichier GeoGebra montrant l'image d'un trapèze rectangle)

### Notions théoriques :

Le miroir, utilisé dans les défis proposés, agit sur les figures comme une symétrie axiale : il *retourne* la figure.

Chaque point est appliqué sur un point situé de l'autre côté de l'axe, sur une perpendiculaire à celui-ci et à égale distance de l'axe.

#### Définitions :

La symétrie axiale est une transformation qui associe à un point A le point A' tel que d est la médiatrice du segment [AA']

La droite d est appelée axe de la symétrie orthogonale.

Notation :  $S_d(A) = A'$  (A' est l'image de A par la symétrie orthogonale d'axe d)

#### Synthèse :

$S_d(A) = A' \Leftrightarrow [AA'] \perp d$  et  $\text{dist}(A,d) = \text{dist}(A',d)$   
 $\Leftrightarrow d$  est médiatrice de [AA']

#### Propriétés (justifications à ajouter) :

Les points de d sont fixes pour la symétrie orthogonale d'axe d

Les droites perpendiculaires à l'axe d sont globalement fixes par la symétrie d'axe d

Les distances (longueurs des segments), l'amplitude des angles (et donc le parallélisme et la perpendicularité) et les aires sont conservées.

L'orientation n'est pas conservée : une main droite devient une main gauche.

Prolongement : construction de l'image d'un point avec l'équerre, à la règle et au compas

#### Autres introductions possibles :

Pliage et papier calque, transparents

---

<sup>1</sup> <https://sites.google.com/site/jeuxmathematiquesbruxelles/miroirs-et-symetries-projet-2015>

## 2. Composée de symétries axiales (orthogonales)

### Introduction :

- Jeux avec deux miroirs  
(Jeu de miroirs allemand du Spiegelbuch, Spiegeltangram 2.0)
- Feuille défi 2 "Miroirs et symétries"
- Visualisation à l'aide de GeoGebra en cherchant comment passer directement du trapèze rectangle de départ à celui d'arrivée, en modifiant les positions relatives des deux axes<sup>2</sup>

### Objectif de l'activité

Les élèves seront capables :

- de déterminer les axes de symétrie d'une figure (notion utilisée dans les jeux proposés)
- de reconnaître et construire avec précision l'image d'une figure par une composée de deux symétries orthogonales (feuille défi)
- de décrire en langage mathématique clair comment trouver l'image d'un point par une composée de deux symétries orthogonales (synthèse à l'aide des fichiers GeoGebra montrant l'image d'un trapèze rectangle et permettant de faire varier la position relative des deux axes)

### **Notions théoriques : Composée de deux symétries axiales**

Chaque miroir, utilisé dans les défis proposés, agit sur les figures comme une symétrie axiale : il *retourne* la figure.

Pour pouvoir trouver la figure demandée dans les différents jeux, il faut déterminer avec précision la position des deux miroirs, c'est-à-dire des axes de symétrie présents sur l'image à reconstituer.

On observe que si les axes sont perpendiculaires, on retrouve avec les miroirs 4 images. Avec GeoGebra, on observe que la figure obtenue a la même orientation que celle de départ, mais a été tournée de 180°

En faisant varier l'angle entre les axes de symétrie, on trouve que la figure subit une rotation dont le centre est le point d'intersection des deux axes de symétrie, et dont l'amplitude vaut le double de l'angle entre ces deux axes. Ceci explique le résultat précédent.

On peut vérifier cela en reproduisant une situation où des images sont reproduites six ou huit fois, correspondant à un angle entre les miroirs de 60° ou 45°.

A ce stade, on peut se demander ce qui se passerait si les axes étaient parallèles, situation non reprise dans les jeux et défis, mais que l'on peut simuler à l'aide d'un fichier GeoGebra. On observe que la figure subit une translation dont la longueur (norme) du vecteur est égale au double de la distance entre les deux axes.

Si on essaie de reproduire cette situation à l'aide de miroirs, on obtient une image qui se reproduit indéfiniment sur le miroir.

---

<sup>2</sup> <https://sites.google.com/site/jeuxmathematiquesbruxelles/miroirs-et-symetries-projet-2015>

Ceci nous permet d'aborder les autres transformations (isométriques) du plan : la symétrie centrale, la rotation et la translation.

Ces transformations peuvent également être définies, et ont également des invariants (voir lexique).

Constructions géométriques en général : <https://www.youtube.com/user/FHuinbe/videos>

### Application

Le kaléidoscope est construit sur ce principe de miroirs et de composées de symétries.

## 3. Chemins et miroirs

### **Introduction :**

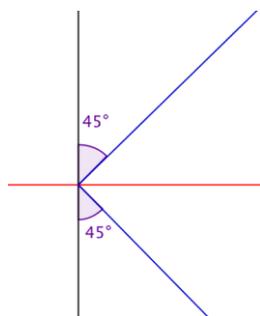
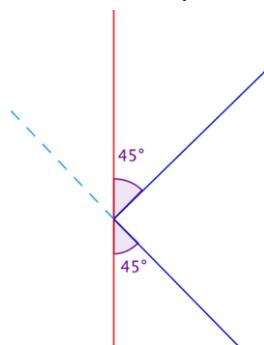
- Jeu Laser Maze, jeu sur tablette (*Miroirs et réflexions puzzles, lasers and mirrors*) (Jeu de miroirs allemand du Spiegelbuch, Spiegeltangram 2.0)
- Feuille défi 3 "Rallye 2015"

### Objectif de l'activité

Les élèves seront capables d'anticiper des déplacements avec variation de trajectoire à l'aide de réflexions sur des miroirs.

### **Notions théoriques : réflexion et symétrie**

Cherchons les liens entre les symétries vues auparavant à l'aide de miroirs et la situation présentée. Nous pouvons visualiser la situation de deux façons différentes.



Le miroir est l'axe de la symétrie qui appliquerait le prolongement virtuel du rayon sur le rayon réfléchi.

La droite perpendiculaire au miroir est l'axe de la symétrie qui applique le rayon incident sur le rayon réfléchi.

En physique, la situation proposée ici est un cas bien particulier de réflexion.

On peut se demander ce qui se passerait si l'angle d'inclinaison n'était pas  $45^\circ$ , ou si le rayon passait d'un milieu dans un autre.

### Applications

La situation proposée se retrouve de façon plus générale lorsqu'on cherche comment va évoluer une boule de billard qui cogne le bord de la table de billard.

## 4. Superposition et transparence

### Introduction :

- Jeux : Vitrail, Swish

- Feuille défi 4 "Superposition et transparence"

#### Objectif de l'activité

Les élèves seront capables d'anticiper des transformations et de les verbaliser.

#### Synthèse

Description des stratégies utilisées par les élèves et des résultats trouvés

## 5. Positionnement et puzzle 3 pièces

#### Introduction :

- Feuille défi 5 "Transformer le carré"
- Jeux : Parketto, Puzzle 3 pièces

#### Objectif de l'activité

Les élèves seront capables d'anticiper des transformations et de décrire les étapes de différentes constructions.

#### Synthèse pour le puzzle 3 pièces

Visualisation des transformations appliquées au carré découpé à partir de GeoGebra<sup>3</sup>, (autre possibilité : usage du TBI)

## 6. Frises

#### Introduction : Jeu : Frises à classer

Jeu proposé : 7 familles de 4 frises de même type à reconstituer

#### Objectif de l'activité

Dans un contexte ludique de pavage et de reproduction de dessins, utiliser la présence de régularités.

#### Synthèse

Il y a 7 types de frises, classés selon leurs éléments de symétrie :

---

<sup>3</sup> <https://sites.google.com/site/jeuxmathematiquesbruxelles/miroirs-et-symetries-projet-2015>

Nom (cristallographie)	Éléments de symétrie	Exemple
f1	translation	LLLLLLL
f2	translation et symétries centrales	L7L7L7L
fm1	translation et symétries d'axe vertical	LJLJLJL
f1m	translation et symétrie d'axe horizontal	LLLLLL TTTTTT
f1g	translation et symétrie glissée	L7L7L7L
fm2	translation et symétrie d'axe vertical et symétrie centrale	L7JL7J
f2m	translation et symétrie centrale et symétrie d'axe horizontal	LJLJLJL TTTTTT

Complément : vidéos :

- Frises, pavages et cristallographie : <https://www.youtube.com/watch?v=c-IDS6hgduA>
- Classement des frises : <https://www.youtube.com/watch?v=nK4sswYCKVE>

## 7. Pavages périodiques du plan

Introduction : Jeu : Pavages à associer

### Objectif de l'activité

Dans un contexte ludique de pavage et de reproduction de dessins, utiliser la présence de régularités.

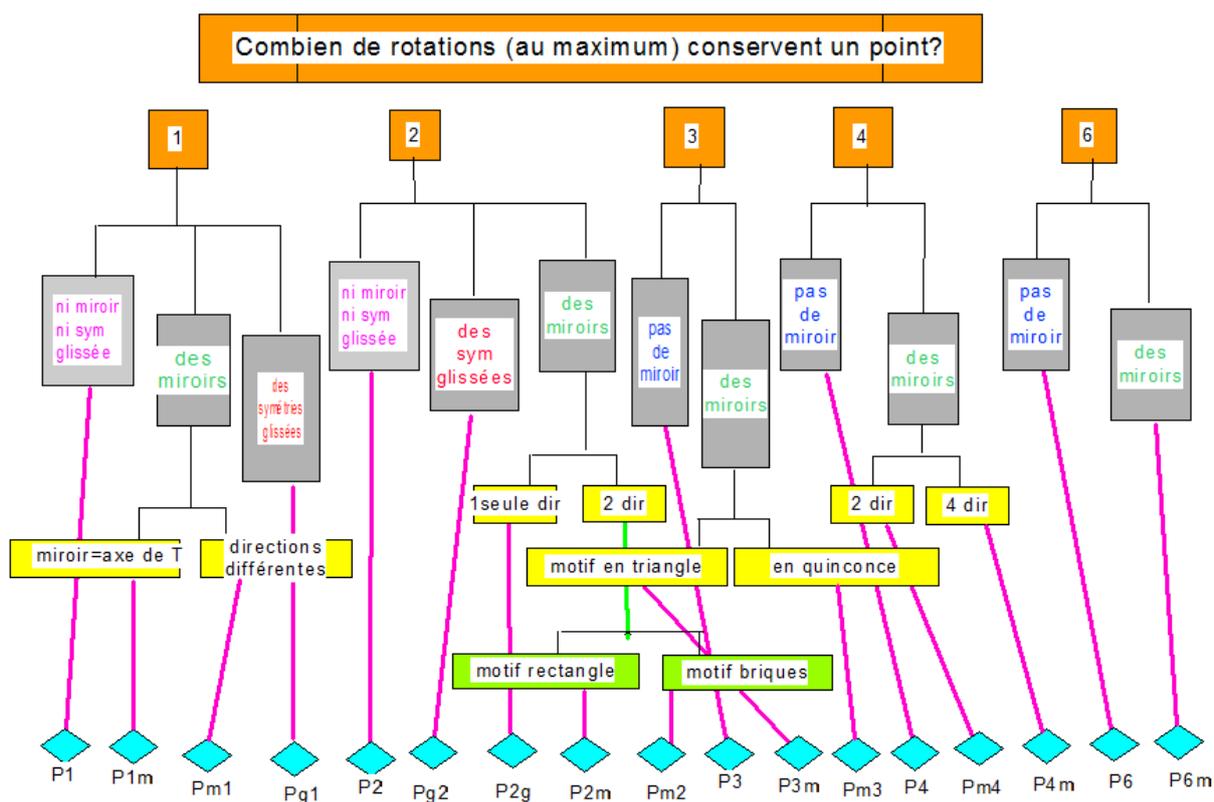
### Synthèse

Il y a 17 types de pavages, classés selon leurs éléments de symétrie<sup>4</sup> :

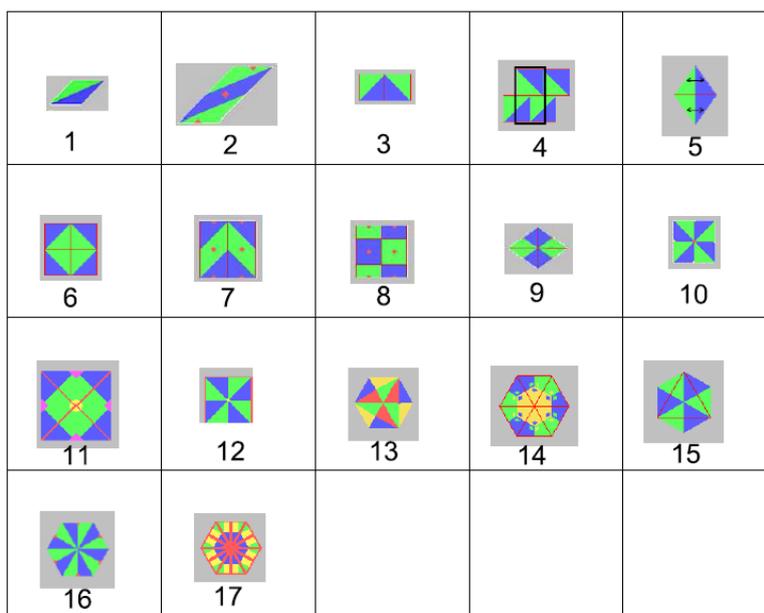
Notation	Construction
p1	translations à partir d'un parallélogramme
p2	rotation d'angle $\pi$ + translations à partir d'un parallélogramme
p3	3 rotations d'angle $2\pi/3$ + translations à partir d'un losange d'angle $2\pi/6$ et $2\pi/3$
p4	4 rotations d'angle $\pi/2$ + translations à partir d'un carré
p6	rotation d'angle $\pi$ à partir d'un triangle isocèle dont l'angle au sommet est $2\pi/3$ + 3 rotations d'angles $2\pi/3$ à partir de la figure obtenue + translations
pm1	symétrie axiale à partir d'un triangle isocèle + translations
p1m	symétrie axiale à partir d'un rectangle + translations
p1g	symétrie glissée (axe au milieu de la figure) + translations
pm2	symétrie axiale à partir d'un côté de l'angle droit d'un triangle + symétrie axiale de la figure obtenue + translations
p2m	symétrie axiale à partir d'un rectangle + symétrie axiale de la figure obtenue +

<sup>4</sup> Repris du document sur les symétries : <http://dev.ulb.ac.be/urem/Le-monde-magique-des-symetries>

	translations	
p2g	rotation d'angle $\pi$ d'un rectangle + symétrie axiale de la figure obtenue + translations	
pg2	symétrie glissée (axe au milieu de la figure) d'un rectangle + rotation d'angle $\pi$ de la figure obtenue + translations	
p3m	symétrie axiale à partir d'un triangle équilatéral + 3 rotations d'angles $2\pi/3$ + translations	
pm3	symétrie axiale à partir d'un triangle isocèle dont l'angle au sommet est $2\pi/3$ + 3 rotations d'angles $2\pi/3$ + translations	
p4m	symétrie axiale à partir de l'hypoténuse d'un triangle rectangle isocèle + rotations d'angle $\pi/2$ + translations	
pm4	idem p4m mais dans un autre sens	
p6m	symétrie axiale d'un triangle rectangle dont un angle vaut $\pi/3$ + 6 rotations d'angle $\pi/3$	

Tableau de classification des pavages<sup>5</sup>

<sup>5</sup> schéma proposé par G. De Meur lors de l'exposition "Symétries du monde" en 2000



(extrait de <http://www.scienceu.com/geometry/articles/tiling/wallpaper.html> )

Illustration sur tablette : "KaleidoPaint"

Document Geogebra sur Internet :

<http://tube.geogebra.org/material/show/id/108037>

Vidéo du Palais de la découverte (Paris) : <http://www.palais-decouverte.fr/fr/au-programme/expositions-permanentes/toutes-les-salles/salles-de-mathematiques/visite-libre/symetries/classer-grace-aux-symetries/>

### Autres pavages

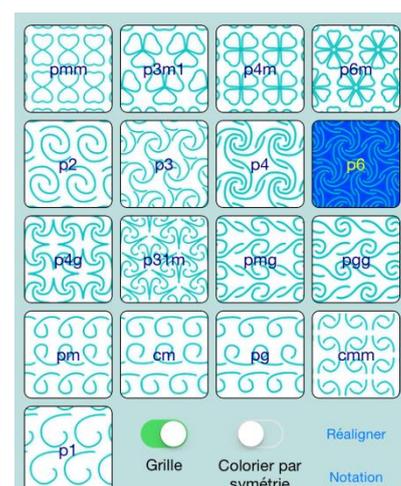
Pavages à l'aide d'une forme

- polygones réguliers et 3 pavages réguliers (triangles équilatéraux, carrés, hexagones)
- polygones réguliers et 8 pavages semi-réguliers

Un pavage est dit semi-régulier s'il est constitué de deux polygones réguliers convexes ou plus, de telle façon qu'un sommet soit toujours entouré des mêmes polygones, dans le même ordre.

Dans le cas du plan euclidien, il existe huit pavages semi-réguliers :

- pavage carré adouci : deux triangles équilatéraux, carré, triangle équilatéral et carré ;
- pavage carré tronqué : carré et deux octogones ;
- pavage hexagonal adouci : quatre triangles équilatéraux et un hexagone ;
- pavage hexagonal tronqué : triangle équilatéral et deux dodécagones ;
- pavage grand rhombitrihexagonal : carré, hexagone et dodécagone ;
- pavage petit rhombitrihexagonal : triangle équilatéral, carré, hexagone et carré ;
- pavage triangulaire allongé : trois triangles équilatéraux et deux carrés ;



- pavage trihexagonal : triangle équilatéral, hexagone, triangle équilatéral et hexagone.

Le pavage hexagonal adouci est chiral : il en existe deux formes distinctes par symétrie. Les autres pavages sont achiraux.

- triangles (quelconques)
- quadrilatères (quelconques) : animation : <http://tube.geogebra.org/student/m1315905> et via le site [www.jeuxmath.be](http://www.jeuxmath.be)
- pentagones (15 types)<sup>6</sup>
- hexagones

Création de pavages à partir d'une enveloppe :

Vidéo explicative : <https://www.youtube.com/watch?v=JAN-Eh19YMQ&feature=youtu.be>

Animations sur [http://therese.eveilleau.pagesperso-orange.fr/pages/jeux\\_mat/textes/pavage\\_enveloppe.htm](http://therese.eveilleau.pagesperso-orange.fr/pages/jeux_mat/textes/pavage_enveloppe.htm)

Exemples variés de pavages : <http://fr.tessellations-nicolas.com/humains.php>

## 8. Symétries du cube

Cette fois, on s'intéresse à toutes les transformations géométriques qui conservent une figure donnée, sa structure. Le nom général est automorphisme, mais on utilise aussi le terme symétrie, qui prend ici une signification beaucoup plus large, puisqu'il englobe aussi les rotations.

Défi 8A: Rechercher les transformations du plan qui conservent un hexagone.

Solution :

- l'identité
- une symétrie centrale dont le centre est celui de l'hexagone,
- 3 symétries axiales dont l'axe passe par deux sommets opposés,
- 3 symétries axiales dont l'axe passe par le milieu de deux côtés opposés
- 4 rotations de  $1/6$ ,  $1/3$ ,  $2/3$  et  $5/6$  de tour (les deux autres rotations, l'identité et la symétrie centrale, ont déjà été reprises.

On a donc trouvé ici 12 transformations (ou automorphismes)

Remarque : autre méthode : travailler en étapes.

1°) Par rotation, un sommet peut être envoyé sur n'importe quel sommet (6 possibilités)

2°) Une fois ce sommet fixé, on peut encore permuter (ou pas) les deux sommets adjacents par une symétrie axiale.

Dès que deux points sont fixés, tous le sont.

Ceci donne au total  $6 \cdot 2 = 12$  transformations

---

<sup>6</sup> Informations plus complètes sur le site <http://mathamort.e-monsite.com/pages/geogebra/pavage-du-plan-avec-des-pentagones.html>

Défi 8B : Rechercher les transformations de l'espace qui conservent un cube (qui pourrait être matérialisé par l'Atomium).

Preliminaire : quelles transformations utiliser ?

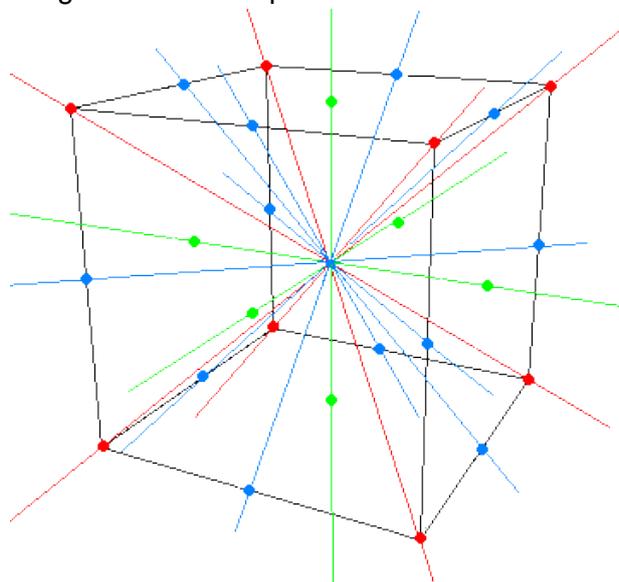
Dans l'espace, on a des symétries par rapport à un plan (ou symétries bilatérales), par rapport à une droite (ou symétrie axiale), et par rapport à un point (symétrie centrale). On retrouve également des rotations par rapport à un axe.

Solution :

- 3 symétries dont le plan de symétrie comprend les milieux de 4 arêtes et parallèles à 2 faces (le cube a 6 faces, il y en a donc 3).
- 6 symétries dont le plan de symétrie comprend deux arêtes opposées (le cube a 12 arêtes, il y en a donc 6)
- 1 symétrie centrale (le centre est le centre du cube)
- l'identité
- 9 rotations de  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  ou  $\frac{3}{4}$  de tour dont l'axe comprend le centre de deux faces opposées (en vert sur la figure)
- 6 rotations de  $\frac{1}{2}$  tour dont l'axe comprend le milieu de deux arêtes opposées (en bleu sur la figure)
- 8 rotations de  $\frac{1}{3}$  ou  $\frac{2}{3}$  tour dont l'axe comprend deux sommets opposés (en rouge sur la figure)
- Chaque rotation de  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{2}{3}$  et  $\frac{3}{4}$  tour (soit 14 en tout) peut être combinée à une symétrie bilatérale de plan perpendiculaire à l'axe de la rotation, ce qui donne une « antirotation »

On a donc au total 48 transformations.

La figure suivante reprend les différents axes de rotations.



Remarque : autre méthode : travailler en étapes.

1°) Par symétrie, un sommet peut être envoyé sur n'importe quel sommet par une rotation (8 possibilités)

2°) Une fois ce sommet fixé, on peut encore permuer (ou pas) les trois sommets adjacents par une symétrie axiale (3 possibilités).

3°) Une fois deux sommets (et donc une arête fixée), on peut encore permuer (ou pas) certains sommets à l'aide d'une symétrie bilatérale dont le plan passe par l'arête fixée (2 possibilités)

Dès que deux trois points sont fixés, tous le sont.

Ceci donne  $8.3.2 = 48$  transformations

## 9. Jeux sur le sujet

Voir document "Transformations et objets géométriques"

Jeux que l'on pourrait ajouter

Flexagones, Black box, Copy right, Octogones et rotations + symétries, Scientibox, Puzzle 3 pièces, Line cubes, Victor et le château aux 1000 miroirs, pliages, coups de ciseaux pour obtenir un dessin donné,

## 10. Prolongements ultérieurs possibles

- Symétries et arts, symétries et illusions d'optique
- Symétries et architecture
- Symétries et musique
- Symétries et physique
- Miroirs et anamorphose
- Histoires de miroirs et de symétries

## 11. Lexique sur les transformations du plan

<b><i>Vocabulaire spécifique</i></b>	<b><i>Signification</i></b>	<b><i>Introductions et applications</i></b>
Figures homothétiques	Deux figures sont homothétiques si les longueurs des côtés homologues sont proportionnels et parallèles et si les amplitudes des angles homologues sont égales.	
Figures semblables	Deux figures sont semblables si les longueurs des côtés homologues sont proportionnels et si les amplitudes des angles homologues sont égales.	
Homothétie	Transformation du plan de centre O et de rapport r (non nul) qui applique le point A sur le point A' tel que $ OA'  =  r . OA $ et $A' \in OA$  $r < 0$ si $A' \in [OA]$ $r < 0$ si $O \in [AA']$	Agrandissement et réduction.  Rapport associé à l'échelle.
Invariants	Ensembles des propriétés qui ne varient pas après une transformation du plan.	

Isométrie	Transformation du plan qui conserve les mesures. (« iso » signifie « même » et « metros » signifie « mesure » du grec). Utilisation ultérieure : cas d'isométrie des triangles	Intro par puzzle à 3 pièces en cherchant les transfos utilisées (2 <sup>e</sup> ).
Médiatrice d'un segment	Perpendiculaire à ce segment passant par son milieu. Lieu des points situés à même distance (càd équidistants) des extrémités de ce segment. <u>Remarques</u> : - Dans un triangle, les médiatrices se coupent en un point qui est le centre du cercle circonscrit au triangle. - La médiatrice d'un segment est aussi un axe de symétrie de ce segment.	Pliage, construction, lieu géométrique
Milieu	Point d'un segment situé à égale distance de ses extrémités.	
Points fixes	Points appliqués sur eux-mêmes lors d'une transformation.	
Rapport d'homothétie	Rapport $r = \frac{ OA' }{ OA }$ Quotient de la longueur centre-image et la longueur centre-origine.	
Rotation	Transformation du plan qui fait tourner tout point autour d'un point appelé centre, en restant à une même distance de celui-ci, d'une même amplitude d'angle et dans le même sens. Invariants : distances, amplitude des angles, parallélisme, perpendicularité, aires, alignement, orientation, centre	Situation concrète (puzzle, double miroir) et verbalisation (verbe "tourner")
Similitude	Composée d'une isométrie et d'une homothétie. Utilisation ultérieure : cas de similitude des triangles	
Symétrie centrale de centre C	Transformation qui associe à un point A le point A' tel que C est le milieu du segment [AA'] Invariants : distances, amplitude des angles, parallélisme, perpendicularité, aires, alignement, orientation, droites passant par le centre	Situation concrète (puzzle, pliage, miroir) et verbalisation (verbe "tourner")
Symétrie orthogonale ou axiale d'axe d	Transformation qui associe à un point A le point A' tel que d est la médiatrice du segment [AA'] Invariants : distances, amplitude des angles, parallélisme, perpendicularité, aires, alignement, droites perpendiculaires à l'axe et points de l'axe	Situation concrète (puzzle, pliage, miroir) et verbalisation (verbe "retourner")
Translation de vecteur $\overrightarrow{XY}$	« Le point A' est l'image du point A par la translation de vecteur $\overrightarrow{XY}$ » signifie que les demi-droites [XY et [AA' ont la même	Situation concrète (puzzle, pliage, miroir) et

	direction et le même sens et que les segments [XY] et [AA'] ont la même longueur. Invariants : distances, amplitude des angles, parallélisme, perpendicularité, aires, alignement, orientation	verbalisation (verbe "glisser")
Vecteur d'une translation	objet géométrique caractérisé par une direction, un sens et une longueur.	

### Proposition de progression

Concepts	Objectifs spécifiques associés	Mots clés
Transformation	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reconnaître une transformation donnée dans la vie quotidienne, lui associer un verbe de mouvement, dire si l'image est déformée ou pas.</li> <li>2. Construire concrètement (mouvement, pliage, miroir, calque ...) l'image d'un point, d'un objet par la transformation</li> <li>3. Reconnaître et définir les éléments caractéristiques (points fixes etc.) de la transformation</li> <li>4. Trouver de nouveaux exemples d'utilisation de la transformation.</li> <li>5. Construire l'image d'un point, d'un objet avec des outils (équerre, rapporteur). Pour la symétrie orthogonale, penser à des axes obliques.</li> <li>6. Maîtriser les notations associées à la transformation.</li> <li>7. Déterminer les propriétés, les invariants (longueurs, angles, sens, alignement, orientation, aire, rapport de similitude)</li> <li>8. Classer les transformations connues (isométries, similitudes, autres (déformations))</li> <li>9. Construire la composée de plusieurs transformations.</li> <li>10. Déterminer les propriétés des composées de transformations</li> </ol>	<p>Symétrie orthogonale ou axiale, symétrie centrale, translation, rotation, homothétie.</p> <p>Isométrie, similitude</p> <p>Axe de symétrie, centre de symétrie</p> <p>Glisser, retourner, tourner, agrandir, rétrécir</p> <p>Longueur, aire, angles</p> <p>Orientation, sens, alignement</p>
Applications	<ol style="list-style-type: none"> <li>11. Déterminer les transformations qui conservent une figure (axe de symétrie, centre de symétrie, rotations d'<math>1/n</math> de tour) (peut être fait avant)</li> <li>12. Jeux de miroirs, de feuilles transparentes</li> <li>13. Construire des frises, des pavages (peut être fait avant, en complément)</li> <li>14. Rechercher les automorphismes (symétries au sens large) d'une figure plane, d'un solide.</li> </ol>	

## 12. Références

- P. BELLINGERI, M. DEDO, S. DI SIENO, TURRIBNI Cr., "*Symétries et jeux de miroirs*", Pole, Paris, 2002

Sites :

<http://dev.ulb.ac.be/urem/Le-monde-magique-des-symetries>

<http://irem.univ-reunion.fr/spip.php?article505>

<http://jlsigrist.com/>

<http://www.ulb.ac.be/soco/matsch>

[http://therese.eveilleau.pagesperso-orange.fr/pages/jeux\\_mat/textes/pavage\\_17\\_types.htm](http://therese.eveilleau.pagesperso-orange.fr/pages/jeux_mat/textes/pavage_17_types.htm)

<http://www.jeuxmath.be/>

<http://www.uvgt.net/methdosymortho.pdf>

[http://mathenjeans.free.fr/adh/articles/2008/Epinal\\_2008/Pavage\\_du\\_plan.pdf](http://mathenjeans.free.fr/adh/articles/2008/Epinal_2008/Pavage_du_plan.pdf)