

Géométries

Cédric Bonnafé

CNRS (UMR 5149) - Université de Montpellier 2

Besançon, Novembre 2011

Quelques mots sur l'activité "mathématique"

Quelques mots sur l'activité "mathématique"

- Problèmes,

Quelques mots sur l'activité "mathématique"

- Problèmes, difficultés,

Quelques mots sur l'activité "mathématique"

- Problèmes, difficultés, raisonnement/rigueur,

Quelques mots sur l'activité "mathématique"

- Problèmes, difficultés, raisonnement/rigueur, technique

Quelques mots sur l'activité "mathématique"

- Problèmes, difficultés, raisonnement/rigueur, technique
jeu,

Quelques mots sur l'activité "mathématique"

- Problèmes, difficultés, raisonnement/rigueur, technique
jeu, plaisir/beauté,

Quelques mots sur l'activité "mathématique"

- Problèmes, difficultés, raisonnement/rigueur, technique
jeu, plaisir/beauté, intuition/imagination,

Quelques mots sur l'activité "mathématique"

- Problèmes, difficultés, raisonnement/rigueur, technique
jeu, plaisir/beauté, intuition/imagination, création...

Quelques mots sur l'activité "mathématique"

- Problèmes, difficultés, raisonnement/rigueur, technique
jeu, plaisir/beauté, intuition/imagination, création...
- Vieillot/archaïque ?

Quelques mots sur l'activité "mathématique"

- Problèmes, difficultés, raisonnement/rigueur, technique
jeu, plaisir/beauté, intuition/imagination, création...
- Vieillot/archaïque ?
 - 82 000 articles de recherche parus en 2010

Quelques mots sur l'activité "mathématique"

- Problèmes, difficultés, raisonnement/rigueur, technique
jeu, plaisir/beauté, intuition/imagination, création...
- Vieillot/archaïque ?
 - 82 000 articles de recherche parus en 2010
 - Environ 3 000 mathématiciens en France

Quelques mots sur l'activité "mathématique"

- Problèmes, difficultés, raisonnement/rigueur, technique
jeu, plaisir/beauté, intuition/imagination, création...
- Vieillot/archaïque ?
 - 82 000 articles de recherche parus en 2010
 - Environ 3 000 mathématiciens en France
 - Milliers de problèmes non résolus

Quelques mots sur l'activité "mathématique"

- Problèmes, difficultés, raisonnement/rigueur, technique
jeu, plaisir/beauté, intuition/imagination, création...
- Vieillot/archaïque ?
 - 82 000 articles de recherche parus en 2010
 - Environ 3 000 mathématiciens en France
 - Milliers de problèmes non résolus
- À quoi ça sert ?

Quelques mots sur l'activité "mathématique"

- Problèmes, difficultés, raisonnement/rigueur, technique
jeu, plaisir/beauté, intuition/imagination, création...
- Vieillot/archaïque ?
 - 82 000 articles de recherche parus en 2010
 - Environ 3 000 mathématiciens en France
 - Milliers de problèmes non résolus
- À quoi ça sert ?
 - Satellites, GPS, portables...

Quelques mots sur l'activité "mathématique"

- Problèmes, difficultés, raisonnement/rigueur, technique
jeu, plaisir/beauté, intuition/imagination, création...
- Vieillot/archaïque ?
 - 82 000 articles de recherche parus en 2010
 - Environ 3 000 mathématiciens en France
 - Milliers de problèmes non résolus
- À quoi ça sert ?
 - Satellites, GPS, portables...
 - Bombe atomique, bourse

Quelques mots sur l'activité "mathématique"

- Problèmes, difficultés, raisonnement/rigueur, technique
jeu, plaisir/beauté, intuition/imagination, création...
- Vieillot/archaïque ?
 - 82 000 articles de recherche parus en 2010
 - Environ 3 000 mathématiciens en France
 - Milliers de problèmes non résolus
- À quoi ça sert ?
 - Satellites, GPS, portables...
 - Bombe atomique, bourse
 - Google : Théorème de Perron-Frobenius

Quelques mots sur l'activité "mathématique"

- Problèmes, difficultés, raisonnement/rigueur, technique
jeu, plaisir/beauté, intuition/imagination, création...
- Vieillot/archaïque ?
 - 82 000 articles de recherche parus en 2010
 - Environ 3 000 mathématiciens en France
 - Milliers de problèmes non résolus
- À quoi ça sert ?
 - Satellites, GPS, portables...
 - Bombe atomique, bourse
 - Google : Théorème de Perron-Frobenius
- Pourquoi en fait-on ?

Quelques mots sur l'activité "mathématique"

- Problèmes, difficultés, raisonnement/rigueur, technique
jeu, plaisir/beauté, intuition/imagination, création...
- Vieillot/archaïque ?
 - 82 000 articles de recherche parus en 2010
 - Environ 3 000 mathématiciens en France
 - Milliers de problèmes non résolus
- À quoi ça sert ?
 - Satellites, GPS, portables...
 - Bombe atomique, bourse
 - Google : Théorème de Perron-Frobenius
- Pourquoi en fait-on ?
 - Développement de la connaissance

Quelques mots sur l'activité "mathématique"

- Problèmes, difficultés, raisonnement/rigueur, technique
jeu, plaisir/beauté, intuition/imagination, création...
- Vieillot/archaïque ?
 - 82 000 articles de recherche parus en 2010
 - Environ 3 000 mathématiciens en France
 - Milliers de problèmes non résolus
- À quoi ça sert ?
 - Satellites, GPS, portables...
 - Bombe atomique, bourse
 - Google : Théorème de Perron-Frobenius
- Pourquoi en fait-on ?
 - Développement de la connaissance
 - Pour le plaisir

Quelques mots sur l'activité "mathématique"

- Problèmes, difficultés, raisonnement/rigueur, technique
jeu, plaisir/beauté, intuition/imagination, création...
- Vieillot/archaïque ?
 - 82 000 articles de recherche parus en 2010
 - Environ 3 000 mathématiciens en France
 - Milliers de problèmes non résolus
- À quoi ça sert ?
 - Satellites, GPS, portables...
 - Bombe atomique, bourse
 - Google : Théorème de Perron-Frobenius
- Pourquoi en fait-on ?
 - Développement de la connaissance
 - Pour le plaisir
 - Challenge

Quelques mots sur l'activité "mathématique"

- Problèmes, difficultés, raisonnement/rigueur, technique
jeu, plaisir/beauté, intuition/imagination, création...
- Vieillot/archaïque ?
 - 82 000 articles de recherche parus en 2010
 - Environ 3 000 mathématiciens en France
 - Milliers de problèmes non résolus
- À quoi ça sert ?
 - Satellites, GPS, portables...
 - Bombe atomique, bourse
 - Google : Théorème de Perron-Frobenius
- Pourquoi en fait-on ?
 - Développement de la connaissance
 - Pour le plaisir
 - Challenge
 - Parce que ça sert...

Quelques mots sur l'activité "mathématique"

- Problèmes, difficultés, raisonnement/rigueur, technique
jeu, plaisir/beauté, intuition/imagination, création...
- Vieillot/archaïque ?
 - 82 000 articles de recherche parus en 2010
 - Environ 3 000 mathématiciens en France
 - Milliers de problèmes non résolus
- À quoi ça sert ?
 - Satellites, GPS, portables...
 - Bombe atomique, bourse
 - Google : Théorème de Perron-Frobenius
- Pourquoi en fait-on ?
 - Développement de la connaissance
 - Pour le plaisir
 - Challenge
 - Parce que ça sert...

Géométrie euclidienne

Géométrie euclidienne

- Points

Géométrie euclidienne

P



Q



• Points

Géométrie euclidienne

P



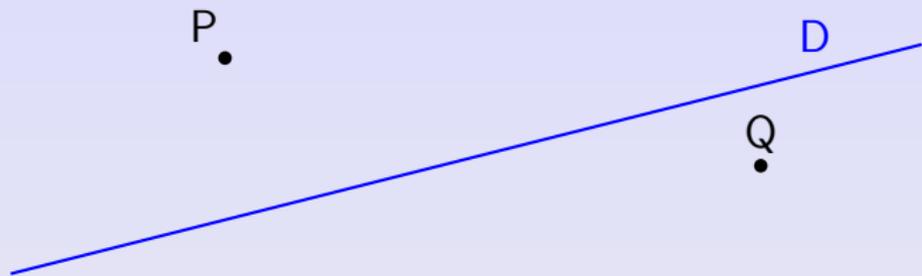
Q



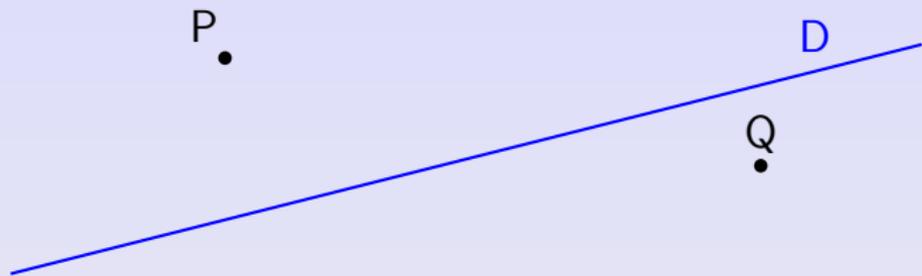
- Points
- Droites

Géométrie euclidienne

- Points
- Droites

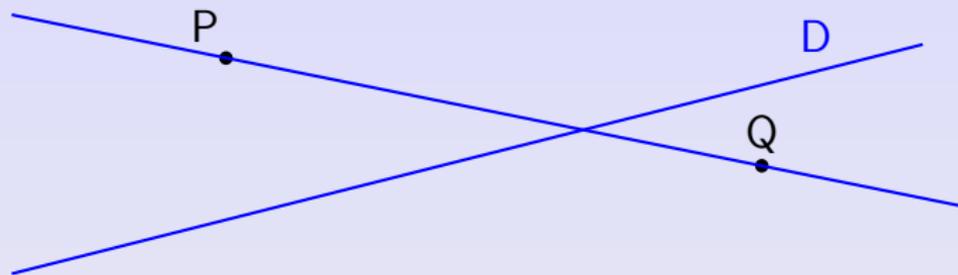


Géométrie euclidienne



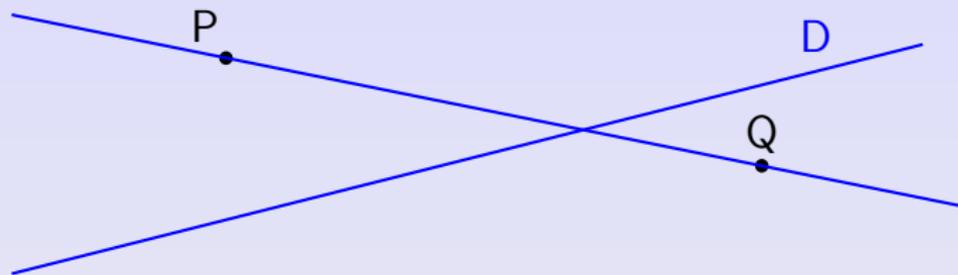
- Points
- Droites
- Par deux points il passe une et une seule droite

Géométrie euclidienne



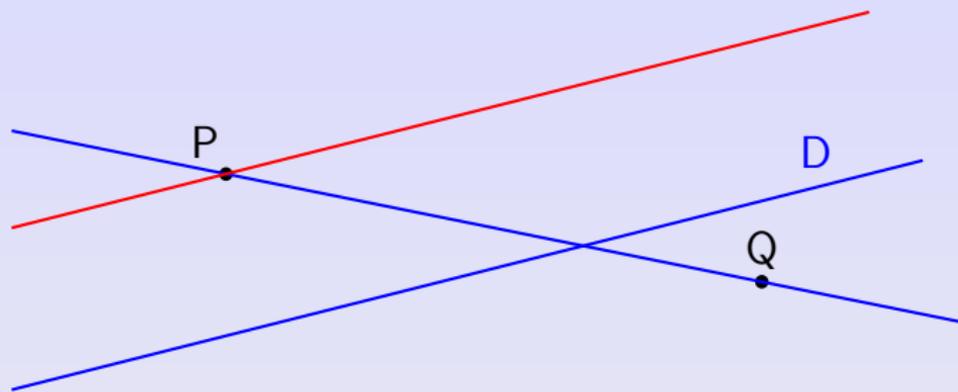
- Points
- Droites
- Par deux points il passe une et une seule droite

Géométrie euclidienne



- Points
- Droites
- Par deux points il passe une et une seule droite
- **Axiome d'Euclide** : Étant donné une droite D et un point P , il existe une et une seule parallèle à D passant par P .

Géométrie euclidienne



- Points
- Droites
- Par deux points il passe une et une seule droite
- **Axiome d'Euclide** : Étant donné une droite D et un point P , il existe une et une seule parallèle à D passant par P .

Triangles

Triangles

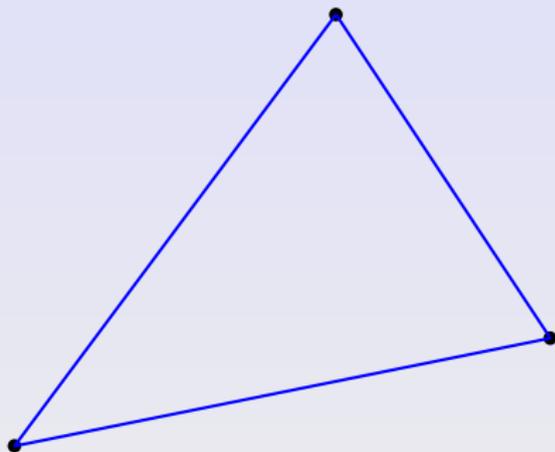
Théorème

La somme des angles d'un triangle fait 180° .

Triangles

Théorème

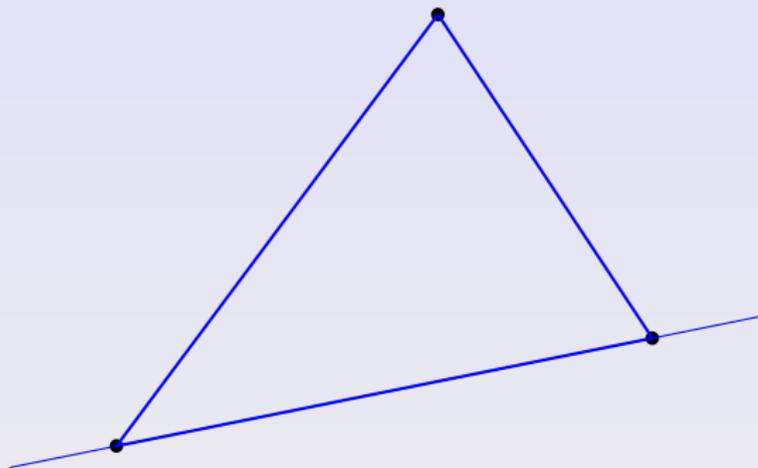
La somme des angles d'un triangle fait 180° .



Triangles

Théorème

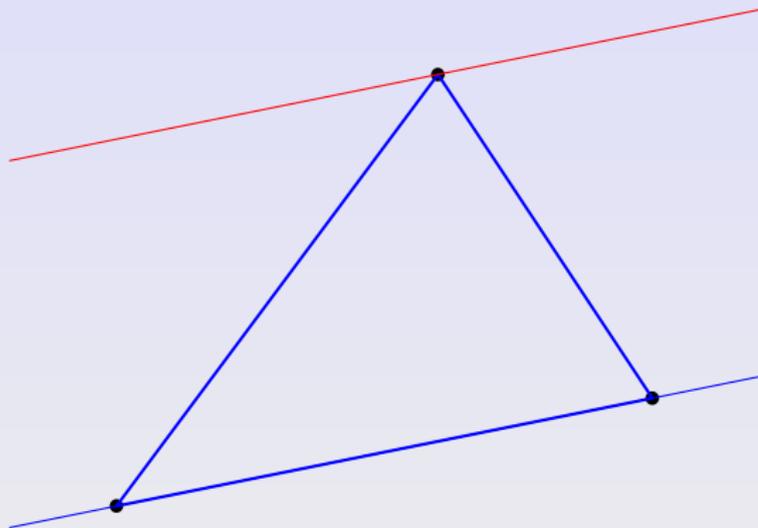
La somme des angles d'un triangle fait 180° .



Triangles

Théorème

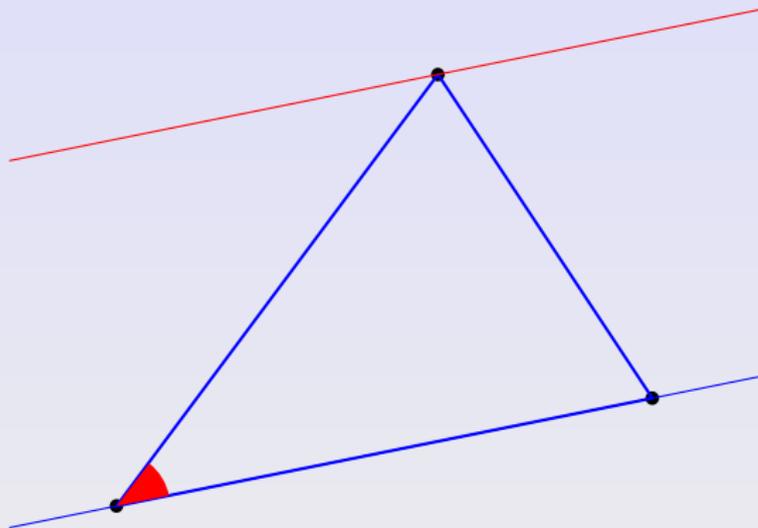
La somme des angles d'un triangle fait 180° .



Triangles

Théorème

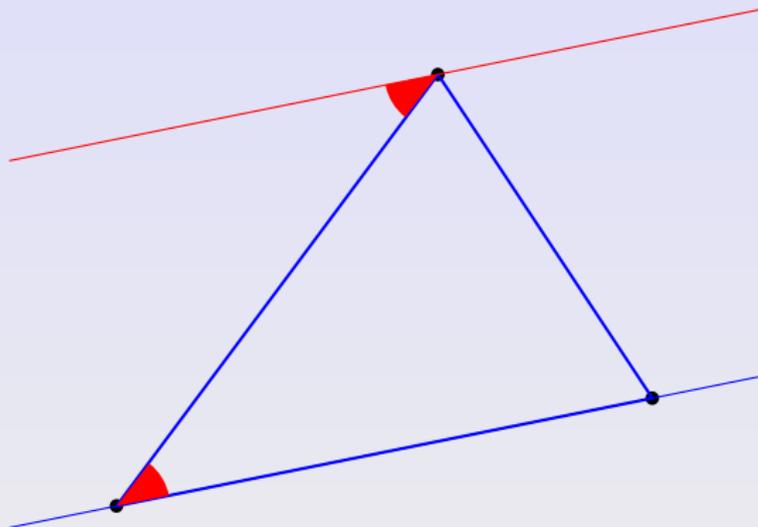
La somme des angles d'un triangle fait 180° .



Triangles

Théorème

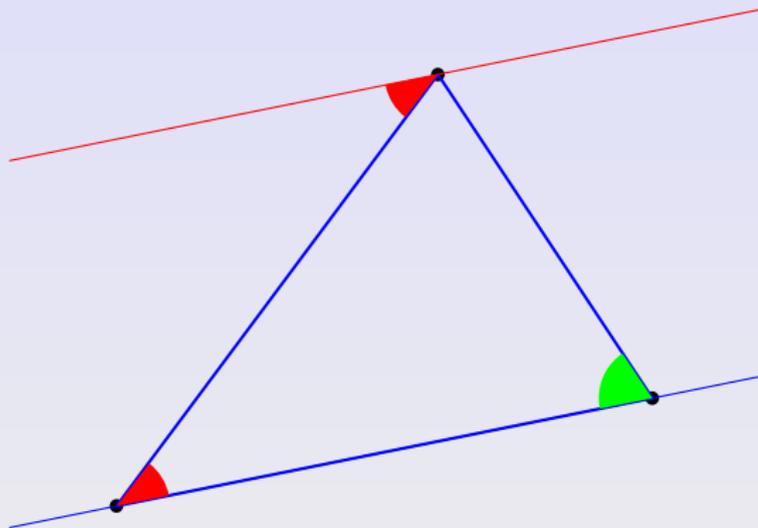
La somme des angles d'un triangle fait 180° .



Triangles

Théorème

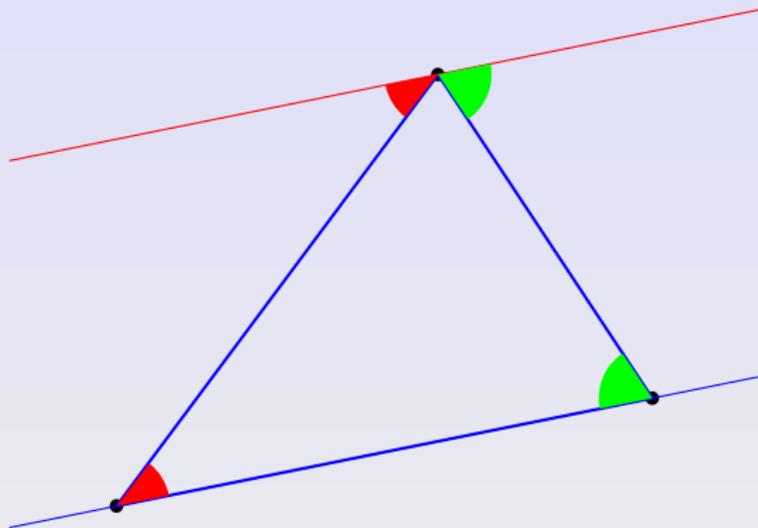
La somme des angles d'un triangle fait 180° .



Triangles

Théorème

La somme des angles d'un triangle fait 180° .



Transformations

Transformations

But : respecter l'alignement, les angles, voire les distances

Transformations

But : respecter l'alignement, les angles, voire les distances

- Rotations

Transformations

But : respecter l'alignement, les angles, voire les distances

- Rotations

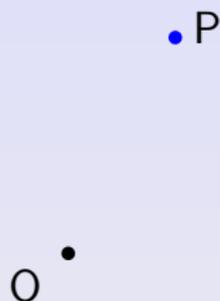
0 •

Transformations

But : respecter l'alignement, les angles, voire les distances

- Rotations

O

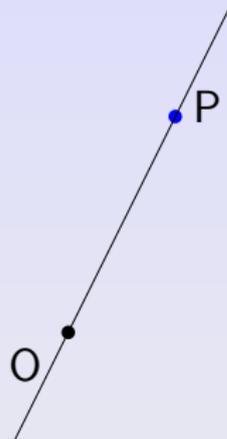


P

Transformations

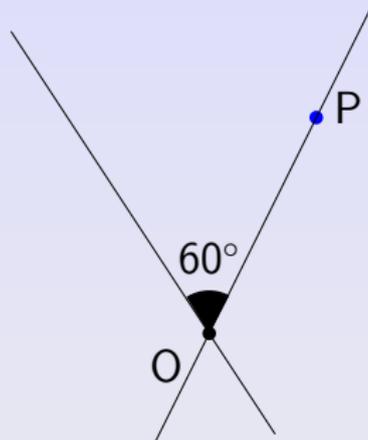
But : respecter l'alignement, les angles, voire les distances

- Rotations



Transformations

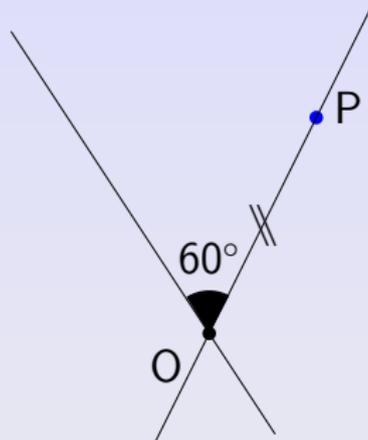
But : respecter l'alignement, les angles, voire les distances



- Rotations

Transformations

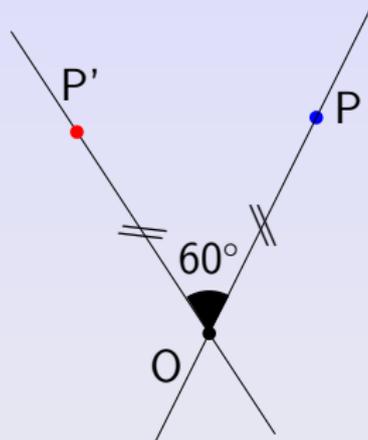
But : respecter l'alignement, les angles, voire les distances



- Rotations

Transformations

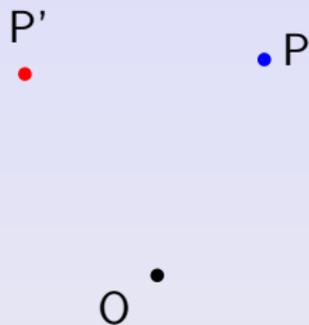
But : respecter l'alignement, les angles, voire les distances



- Rotations

Transformations

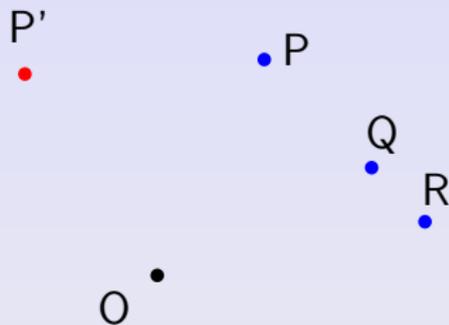
But : respecter l'alignement, les angles, voire les distances



- Rotations

Transformations

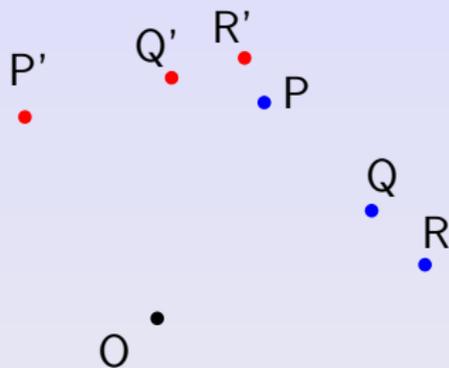
But : respecter l'alignement, les angles, voire les distances



- Rotations

Transformations

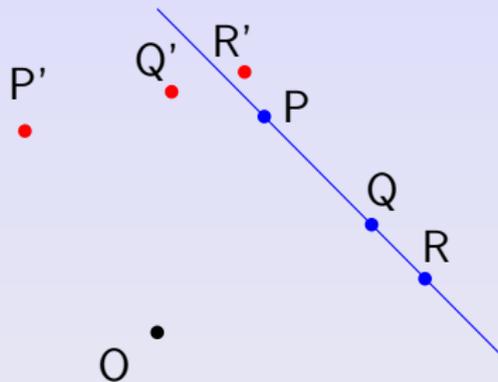
But : respecter l'alignement, les angles, voire les distances



- Rotations

Transformations

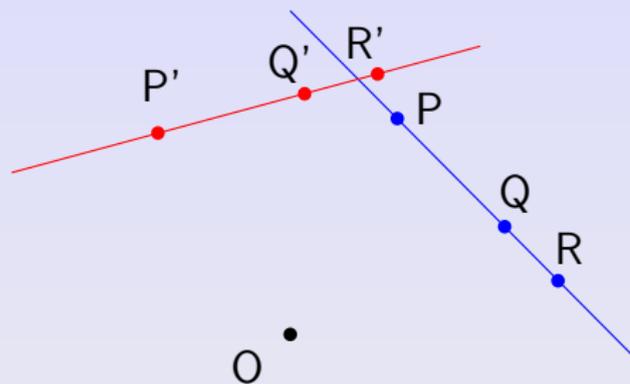
But : respecter l'alignement, les angles, voire les distances



- Rotations

Transformations

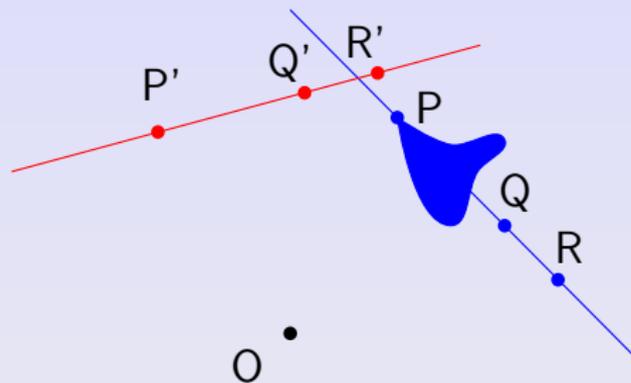
But : respecter l'alignement, les angles, voire les distances



- Rotations

Transformations

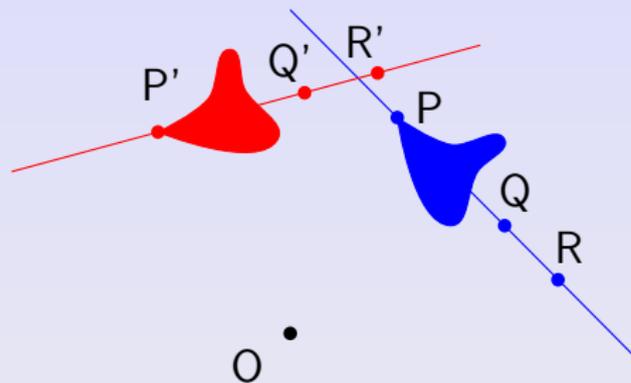
But : respecter l'alignement, les angles, voire les distances



- Rotations

Transformations

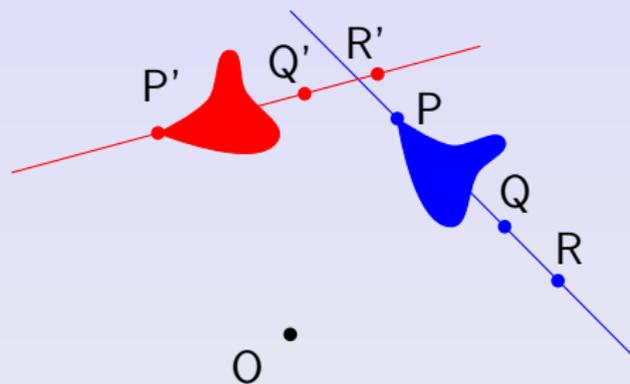
But : respecter l'alignement, les angles, voire les distances



- Rotations

Transformations

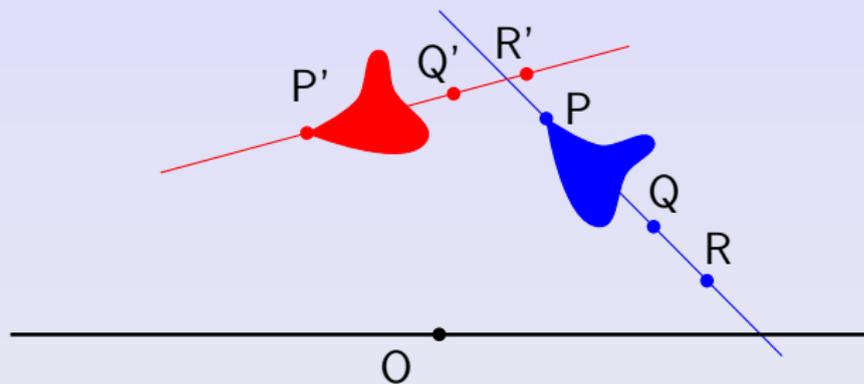
But : respecter l'alignement, les angles, voire les distances



- Rotations
- Symétries orthogonales

Transformations

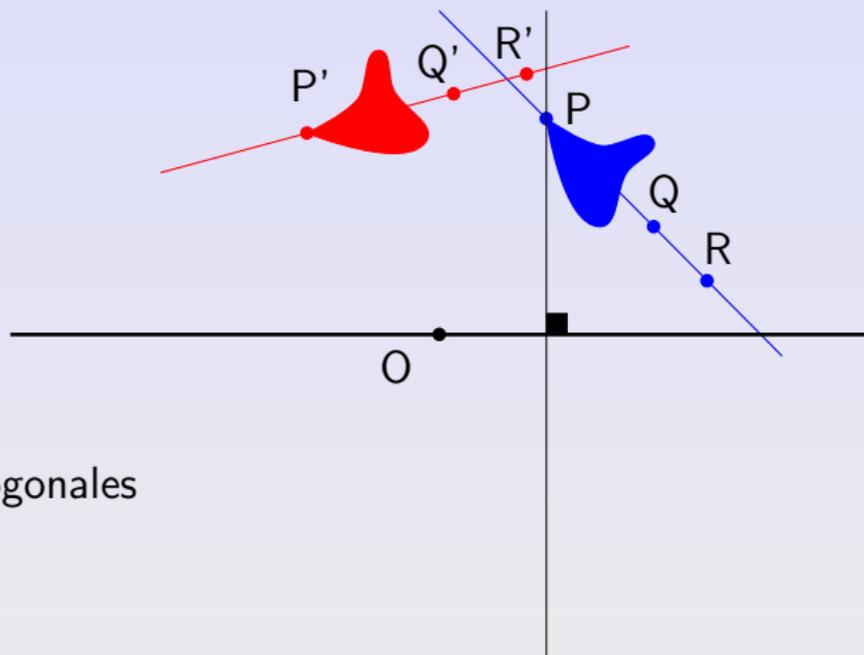
But : respecter l'alignement, les angles, voire les distances



- Rotations
- Symétries orthogonales

Transformations

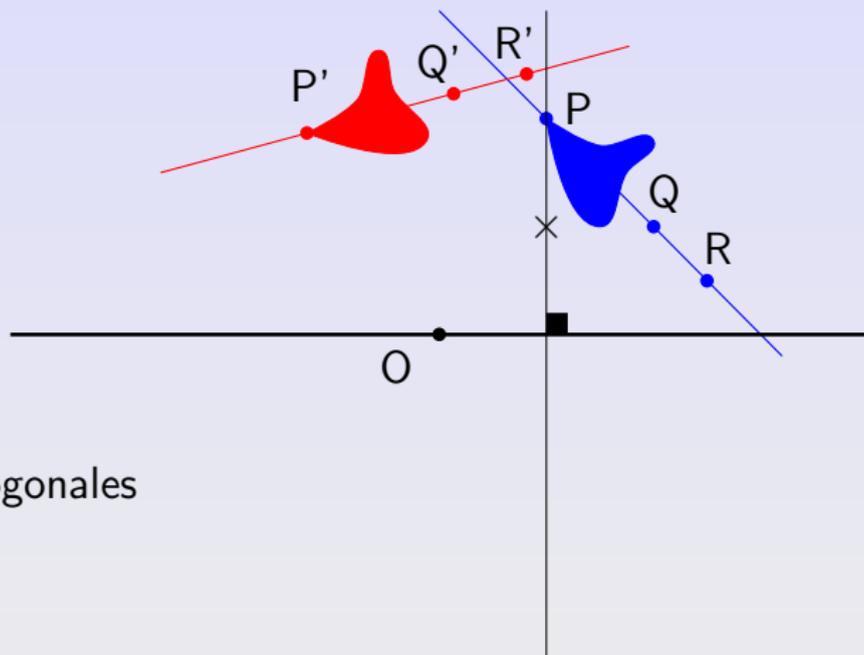
But : respecter l'alignement, les angles, voire les distances



- Rotations
- Symétries orthogonales

Transformations

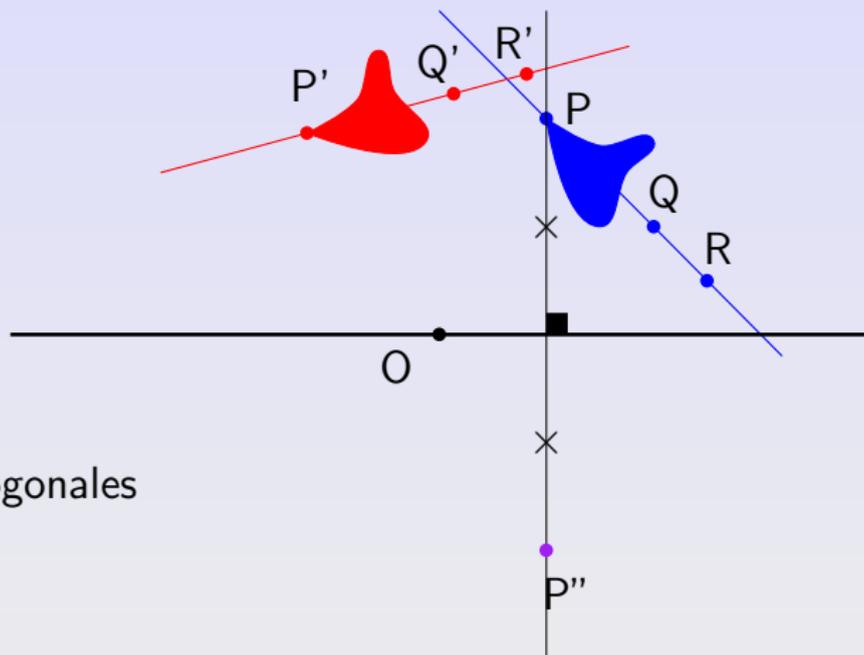
But : respecter l'alignement, les angles, voire les distances



- Rotations
- Symétries orthogonales

Transformations

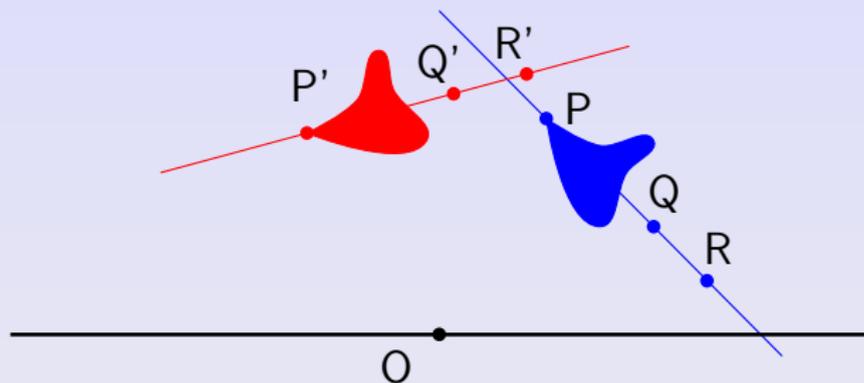
But : respecter l'alignement, les angles, voire les distances



- Rotations
- Symétries orthogonales

Transformations

But : respecter l'alignement, les angles, voire les distances

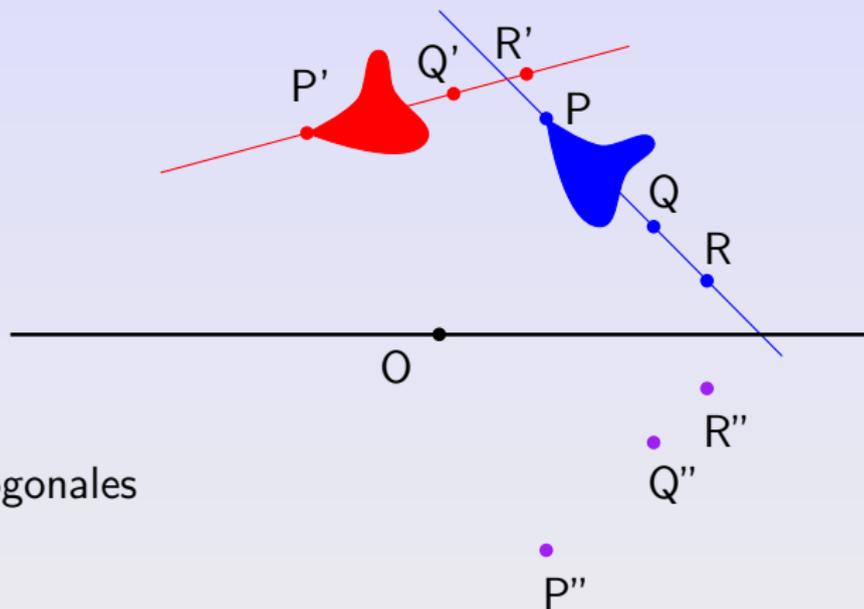


- Rotations
- Symétries orthogonales

P''

Transformations

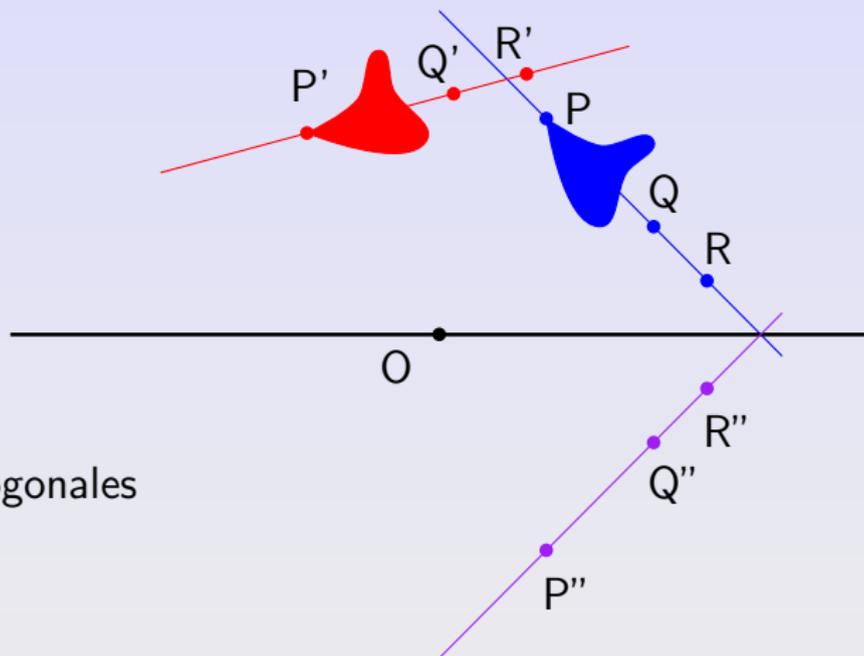
But : respecter l'alignement, les angles, voire les distances



- Rotations
- Symétries orthogonales

Transformations

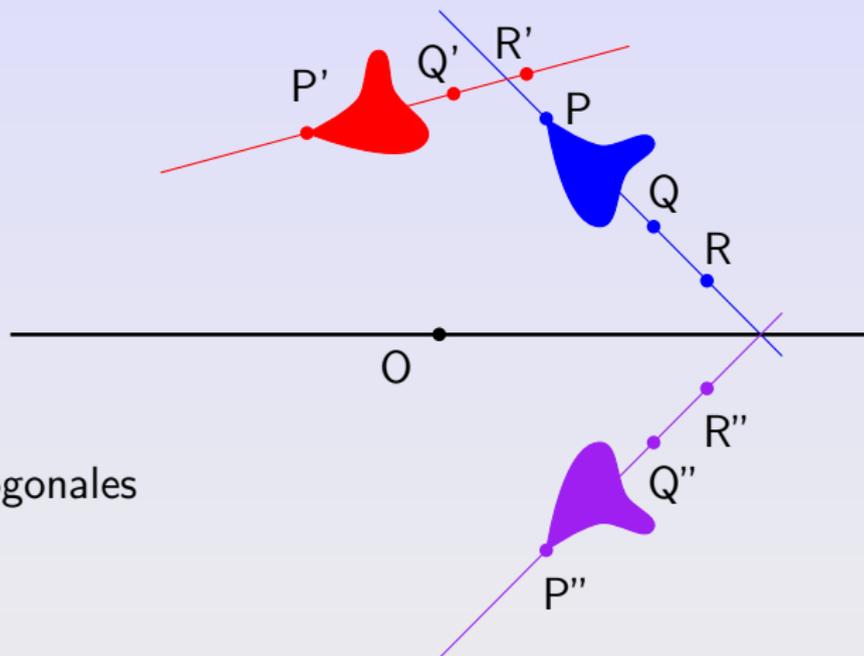
But : respecter l'alignement, les angles, voire les distances



- Rotations
- Symétries orthogonales

Transformations

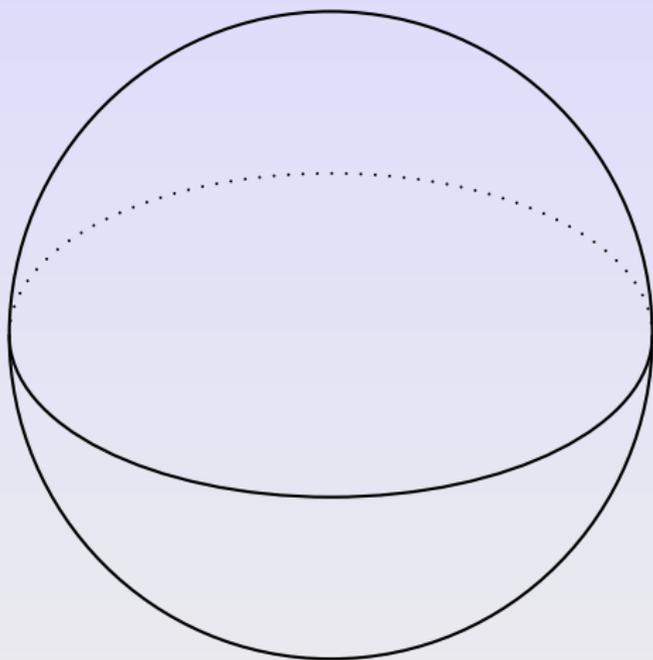
But : respecter l'alignement, les angles, voire les distances



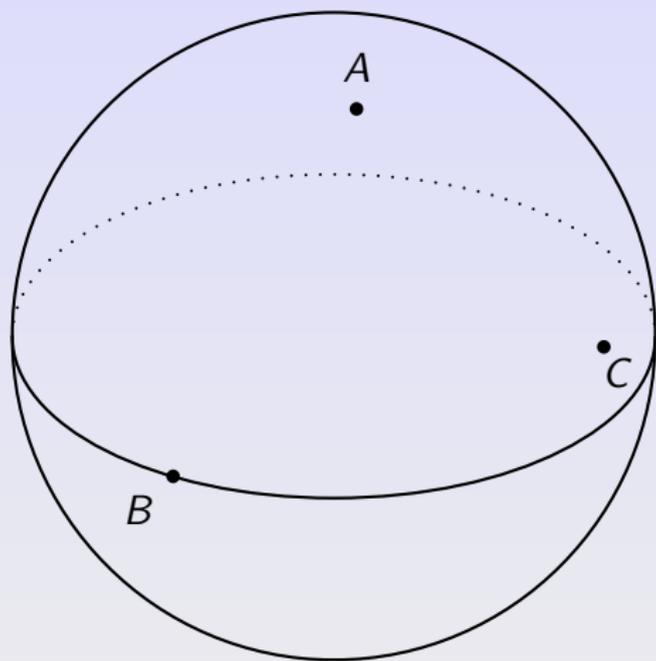
- Rotations
- Symétries orthogonales

Géométrie sphérique

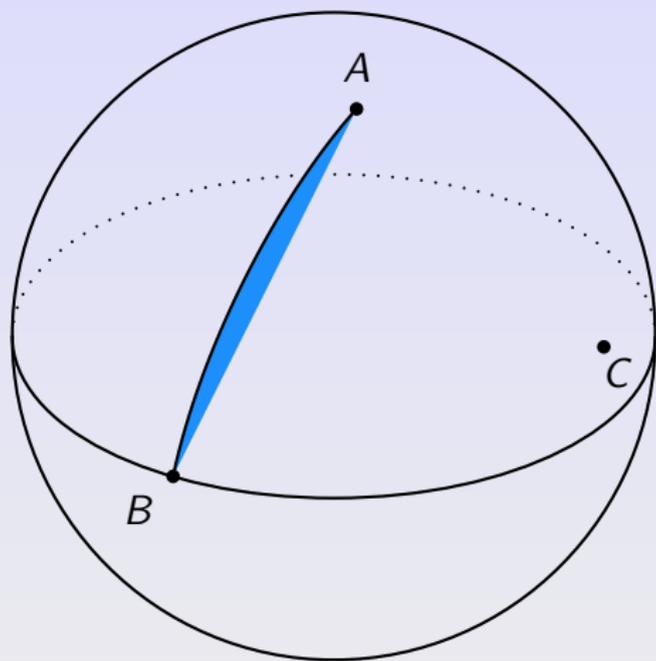
Géométrie sphérique



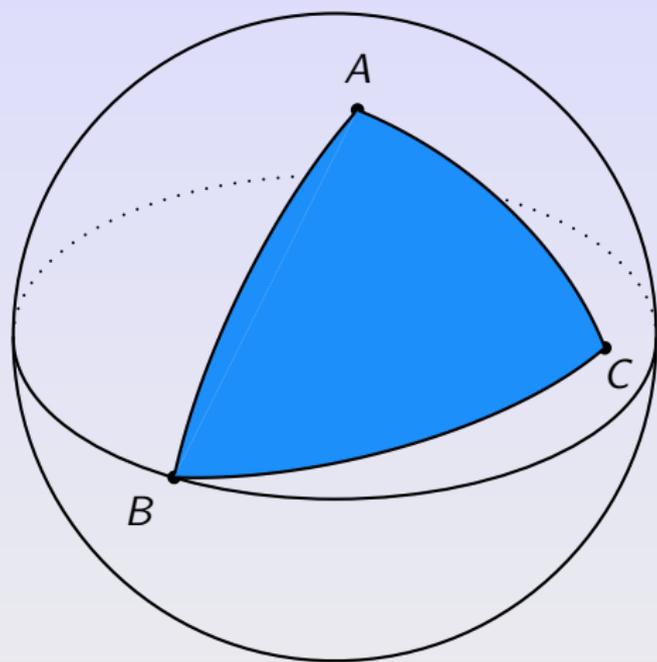
Géométrie sphérique



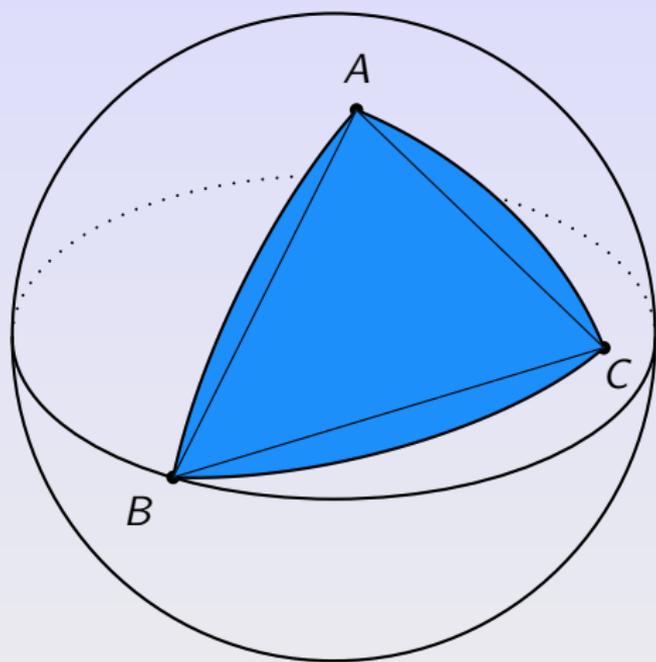
Géométrie sphérique



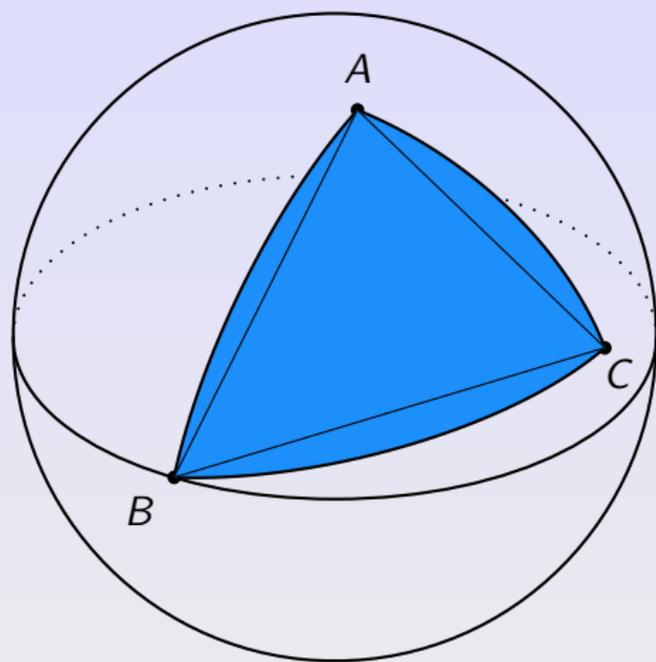
Géométrie sphérique



Géométrie sphérique

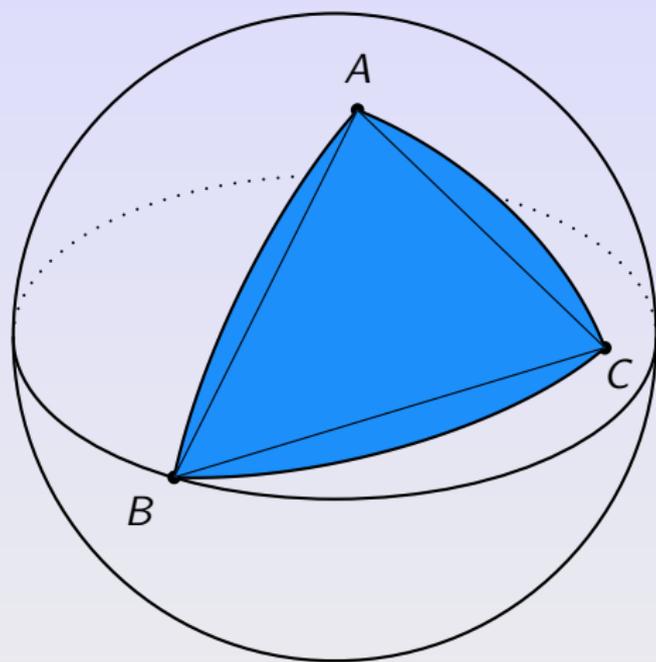


Géométrie sphérique



Toutes les
droites sphériques
se coupent

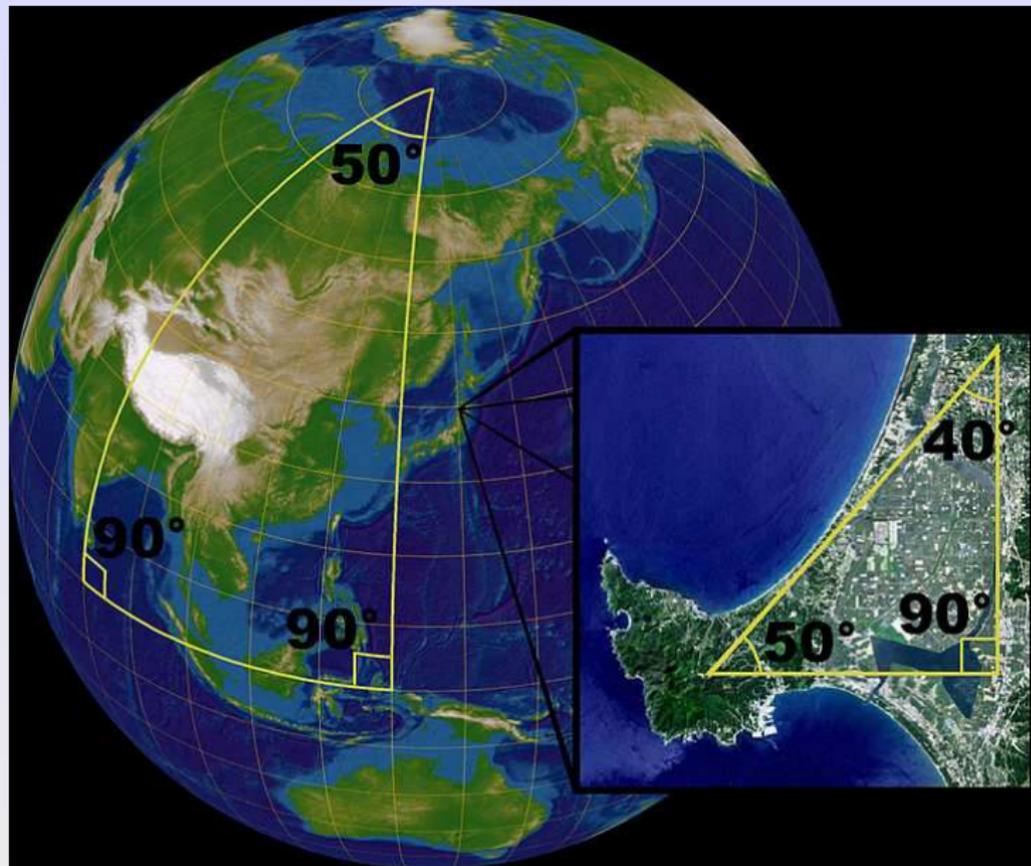
Géométrie sphérique



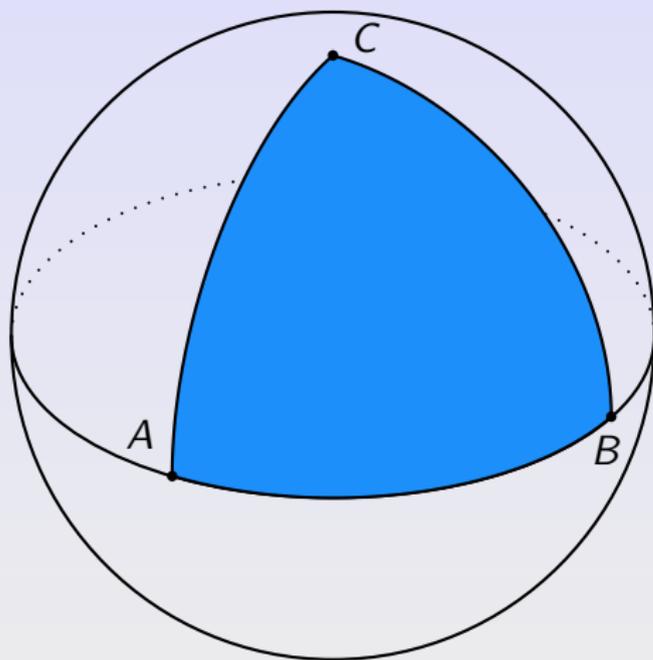
Toutes les
droites sphériques
se coupent

$$\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} > 180^\circ$$

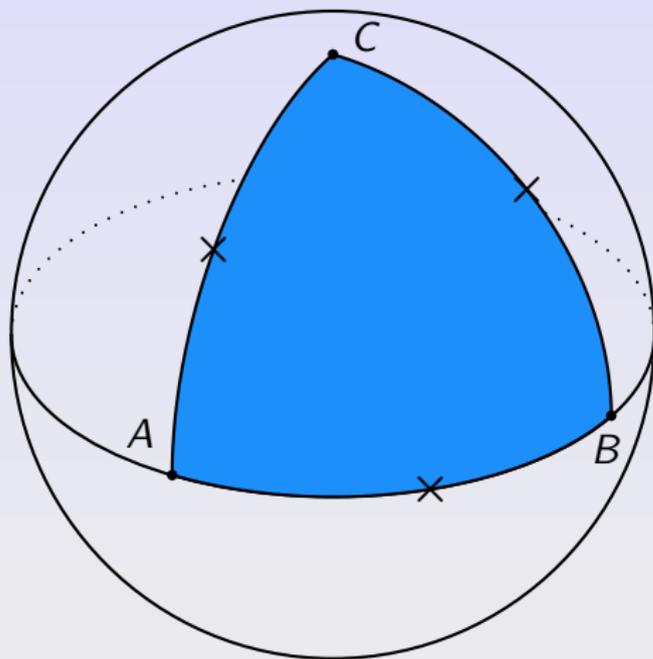
Géométrie sphérique



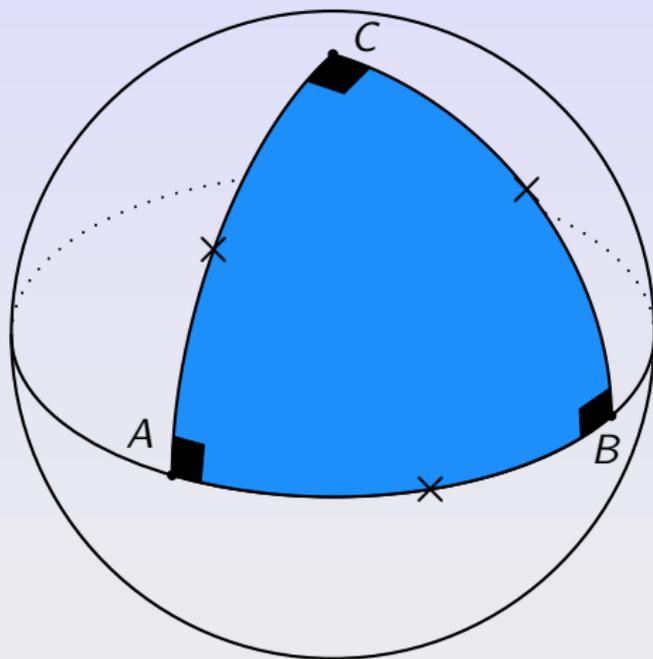
Géométrie sphérique : un triangle équilatéral rectangle !



Géométrie sphérique : un triangle équilatéral rectangle !



Géométrie sphérique : un triangle équilatéral rectangle !



Géométrie hyperbolique

Géométrie hyperbolique

Plan \leftrightarrow Disque de Poincaré (disque de rayon 1)

Droites \leftrightarrow Droites hyperboliques

Géométrie hyperbolique

Plan \leftrightarrow Disque de Poincaré (disque de rayon 1)

Droites \leftrightarrow Droites hyperboliques : arcs de cercles orthogonaux aux bords

Géométrie hyperbolique

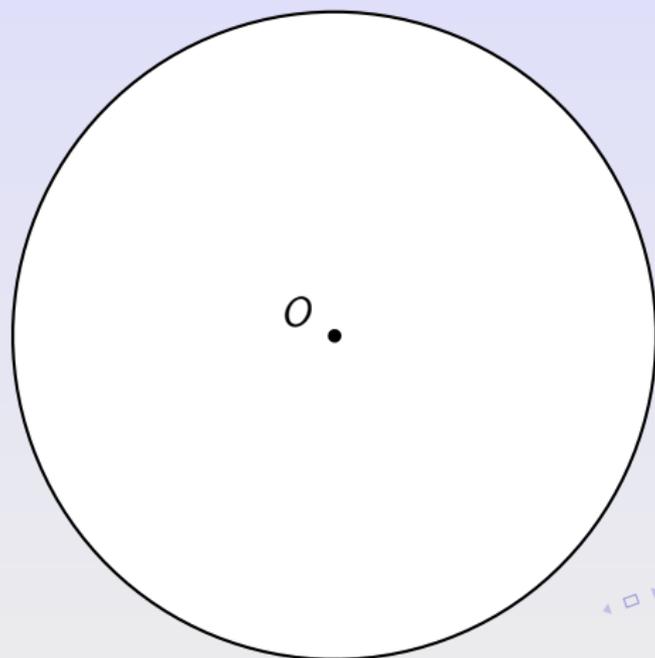
Plan \leftrightarrow Disque de Poincaré (disque de rayon 1)

Droites \leftrightarrow Droites hyperboliques : arcs de cercles orthogonaux aux bords (+ les diamètres)

Géométrie hyperbolique

Plan \leftrightarrow Disque de Poincaré (disque de rayon 1)

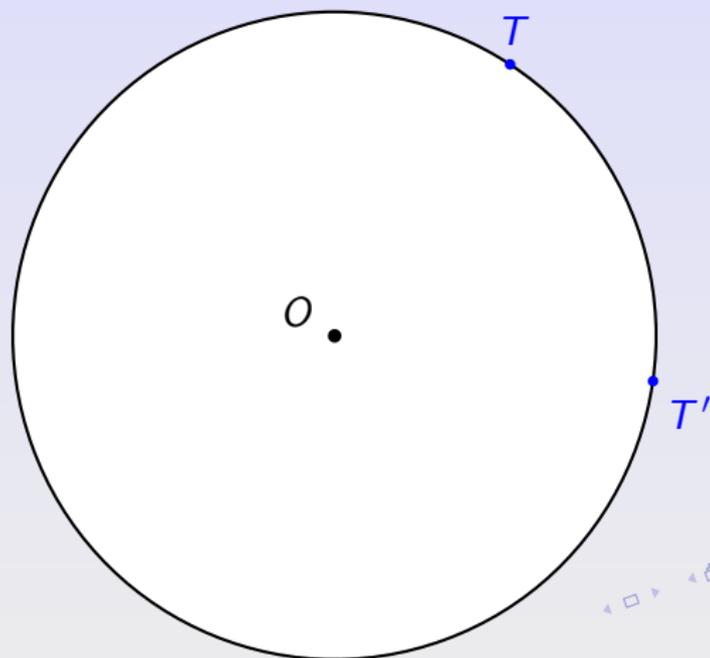
Droites \leftrightarrow Droites hyperboliques : arcs de cercles orthogonaux aux bords (+ les diamètres)



Géométrie hyperbolique

Plan \leftrightarrow Disque de Poincaré (disque de rayon 1)

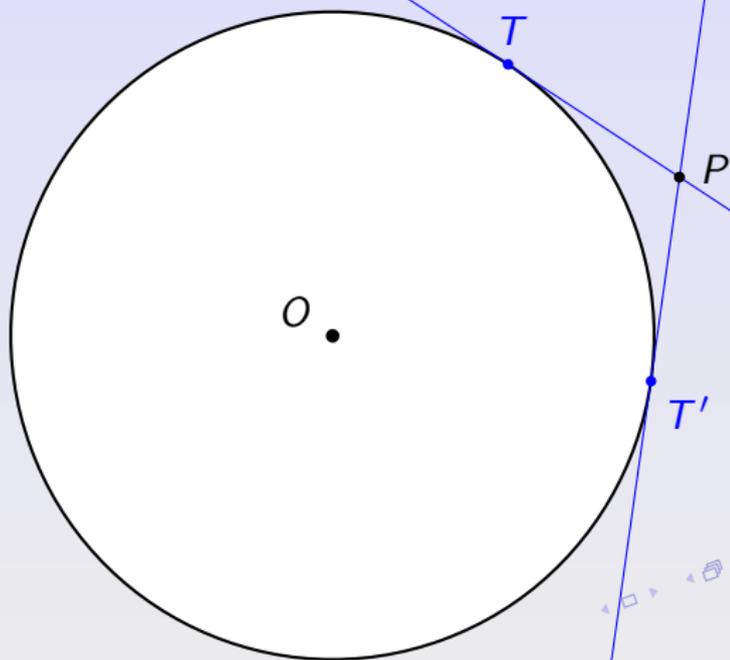
Droites \leftrightarrow Droites hyperboliques : arcs de cercles orthogonaux aux bords (+ les diamètres)



Géométrie hyperbolique

Plan \leftrightarrow Disque de Poincaré (disque de rayon 1)

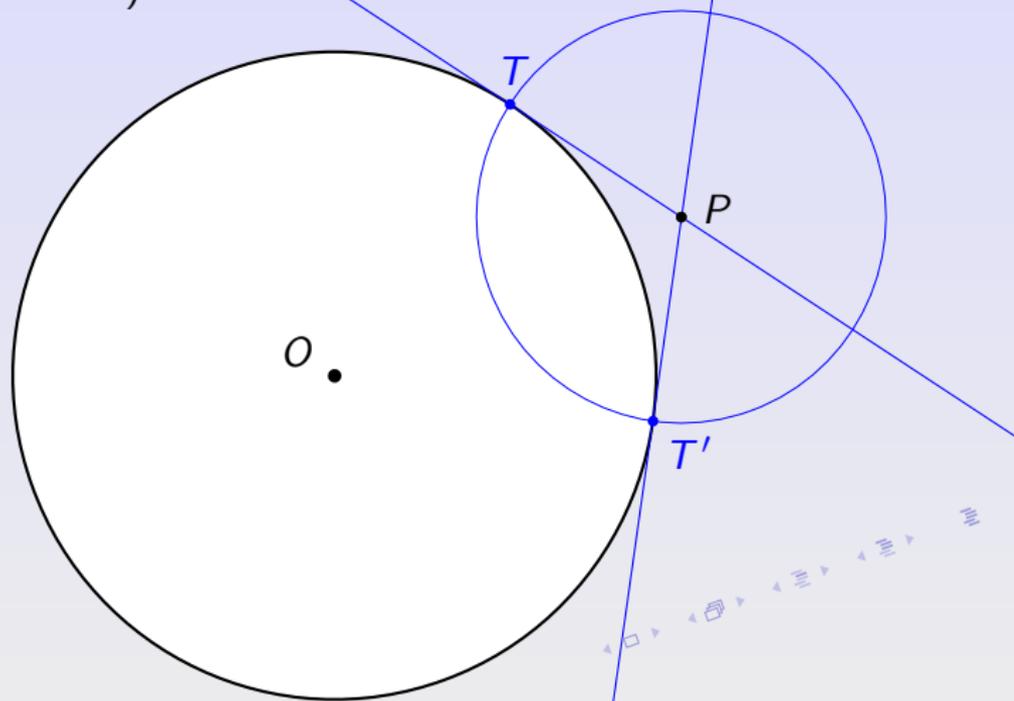
Droites \leftrightarrow Droites hyperboliques : arcs de cercles orthogonaux aux bords (+ les diamètres)



Géométrie hyperbolique

Plan \leftrightarrow Disque de Poincaré (disque de rayon 1)

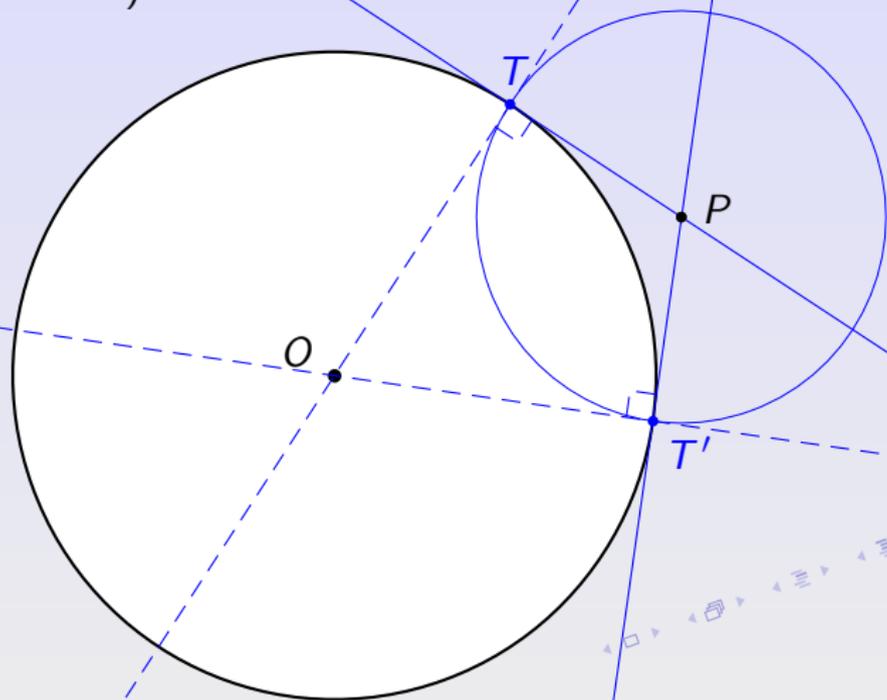
Droites \leftrightarrow Droites hyperboliques : arcs de cercles orthogonaux aux bords (+ les diamètres)



Géométrie hyperbolique

Plan \leftrightarrow Disque de Poincaré (disque de rayon 1)

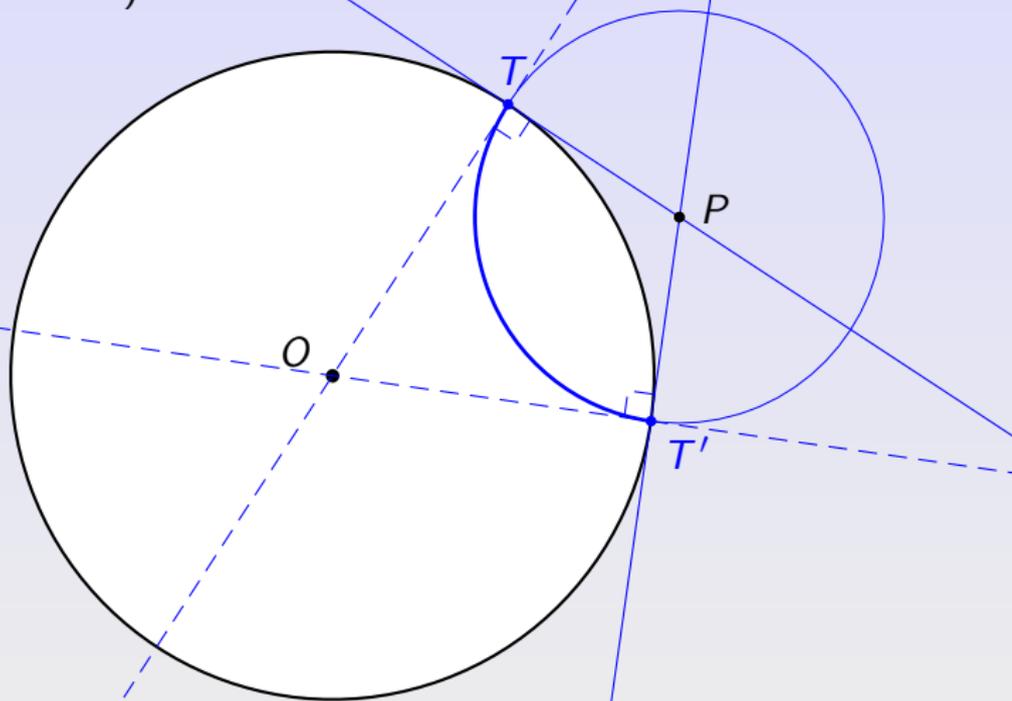
Droites \leftrightarrow Droites hyperboliques : arcs de cercles orthogonaux aux bords (+ les diamètres)



Géométrie hyperbolique

Plan \leftrightarrow Disque de Poincaré (disque de rayon 1)

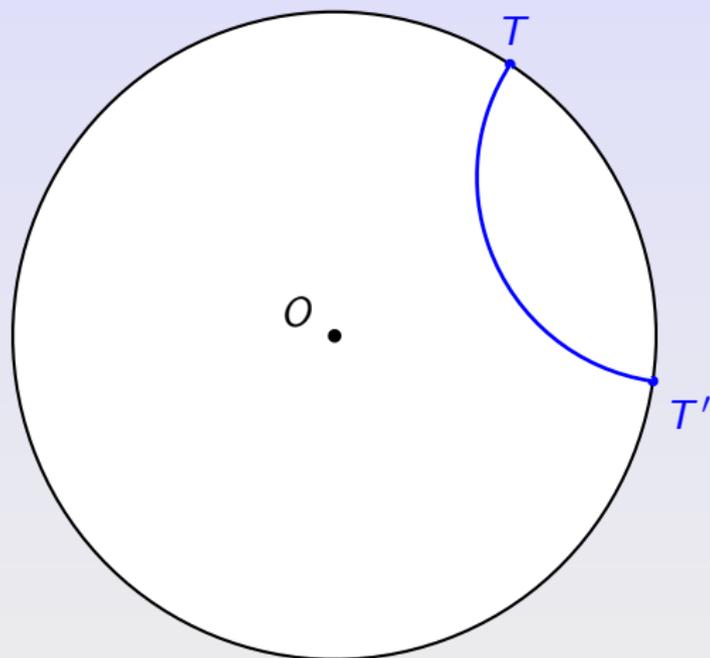
Droites \leftrightarrow Droites hyperboliques : arcs de cercles orthogonaux aux bords (+ les diamètres)



Géométrie hyperbolique

Plan \leftrightarrow Disque de Poincaré (disque de rayon 1)

Droites \leftrightarrow Droites hyperboliques : arcs de cercles orthogonaux aux bords (+ les diamètres)



Géométrie hyperbolique

Géométrie hyperbolique

Théorème

- *Par deux points (du disque de Poincaré) il passe **une et une seule** droite (hyperbolique)*

Géométrie hyperbolique

Théorème

- *Par deux points (du disque de Poincaré) il passe **une et une seule** droite (hyperbolique)*
- *Il existe une **distance** pour laquelle les segments de droites hyperboliques sont les plus courts chemins d'un point à un autre*

Géométrie hyperbolique

Théorème

- Par deux points (du disque de Poincaré) il passe *une et une seule* droite (hyperbolique)
- Il existe une *distance* pour laquelle les segments de droites hyperboliques sont les plus courts chemins d'un point à un autre
- Étant donné un point P (du disque de Poincaré) et une droite D (hyperbolique) ne contenant pas P , il passe une *infinité de parallèles* à D passant par P .

Géométrie hyperbolique

Théorème

- Par deux points (du disque de Poincaré) il passe *une et une seule* droite (hyperbolique)
- Il existe une *distance* pour laquelle les segments de droites hyperboliques sont les plus courts chemins d'un point à un autre
- Étant donné un point P (du disque de Poincaré) et une droite D (hyperbolique) ne contenant pas P , il passe une *infinité de parallèles* à D passant par P .
- La somme des angles d'un triangle est $< 180^\circ$.

Géométrie hyperbolique

Théorème

- Par deux points (du disque de Poincaré) il passe *une et une seule droite (hyperbolique)*
- Il existe une *distance* pour laquelle les segments de droites hyperboliques sont les plus courts chemins d'un point à un autre
- Étant donné un point P (du disque de Poincaré) et une droite D (hyperbolique) ne contenant pas P , il passe une *infinité de parallèles* à D passant par P .
- La somme des angles d'un triangle est $< 180^\circ$.
- Les cercles hyperboliques sont des cercles euclidiens (mais le centre a changé...)

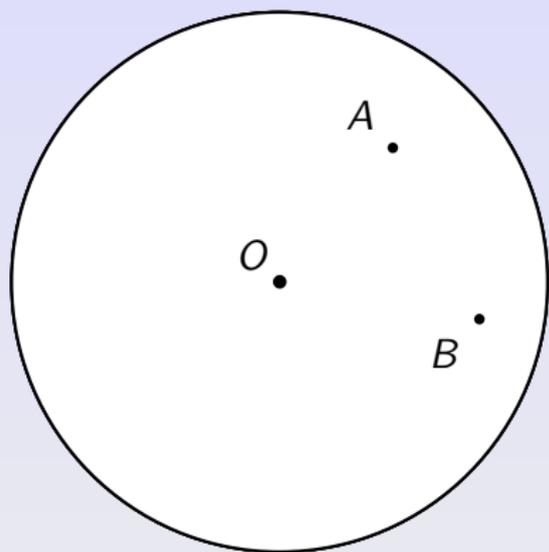
Géométrie hyperbolique

Théorème

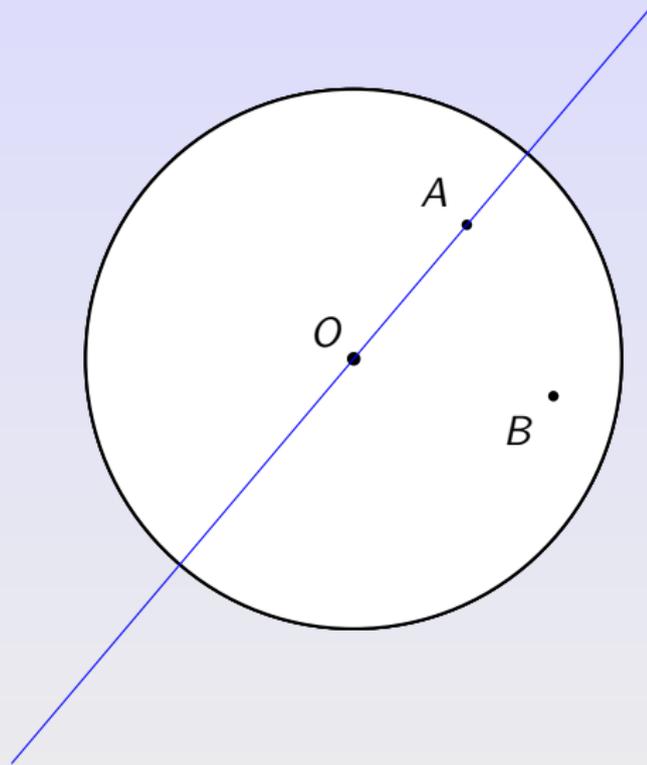
- Par deux points (du disque de Poincaré) il passe *une et une seule droite (hyperbolique)*
- Il existe une *distance* pour laquelle les segments de droites hyperboliques sont les plus courts chemins d'un point à un autre
- Étant donné un point P (du disque de Poincaré) et une droite D (hyperbolique) ne contenant pas P , il passe une *infinité de parallèles* à D passant par P .
- La somme des angles d'un triangle est $< 180^\circ$.
- Les cercles hyperboliques sont des cercles euclidiens (mais le centre a changé...)

Géométrie hyperbolique : droite passant par deux points

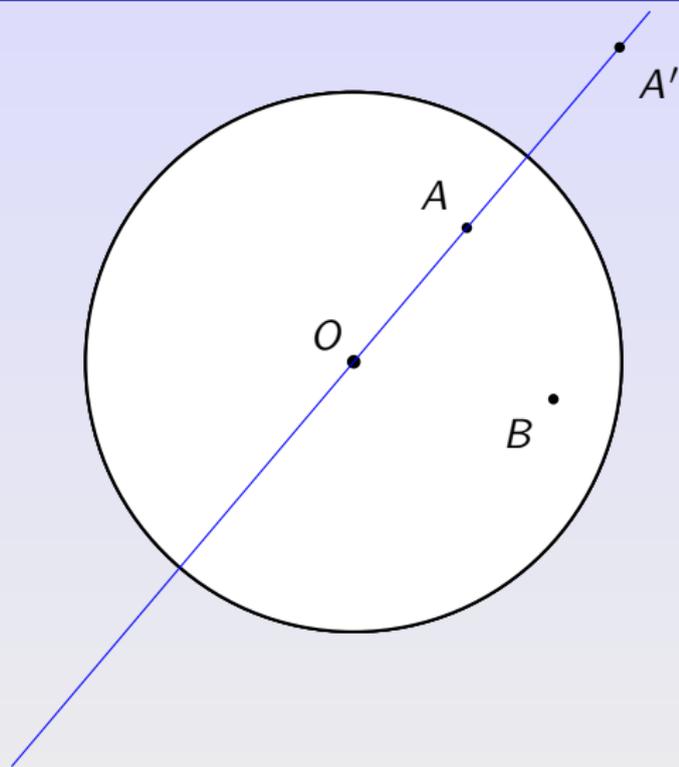
Géométrie hyperbolique : droite passant par deux points



Géométrie hyperbolique : droite passant par deux points

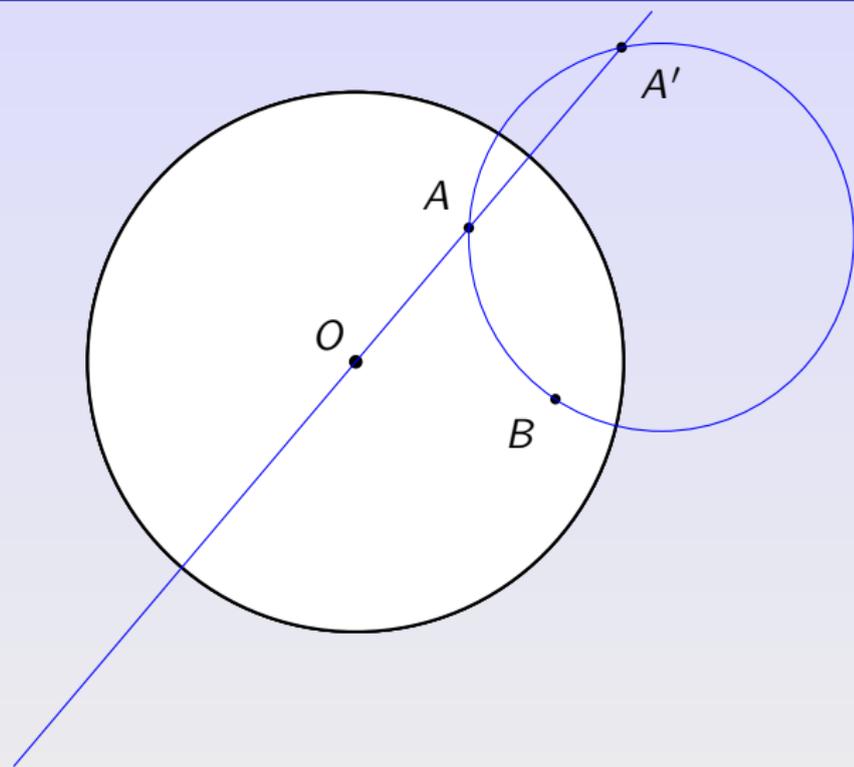


Géométrie hyperbolique : droite passant par deux points



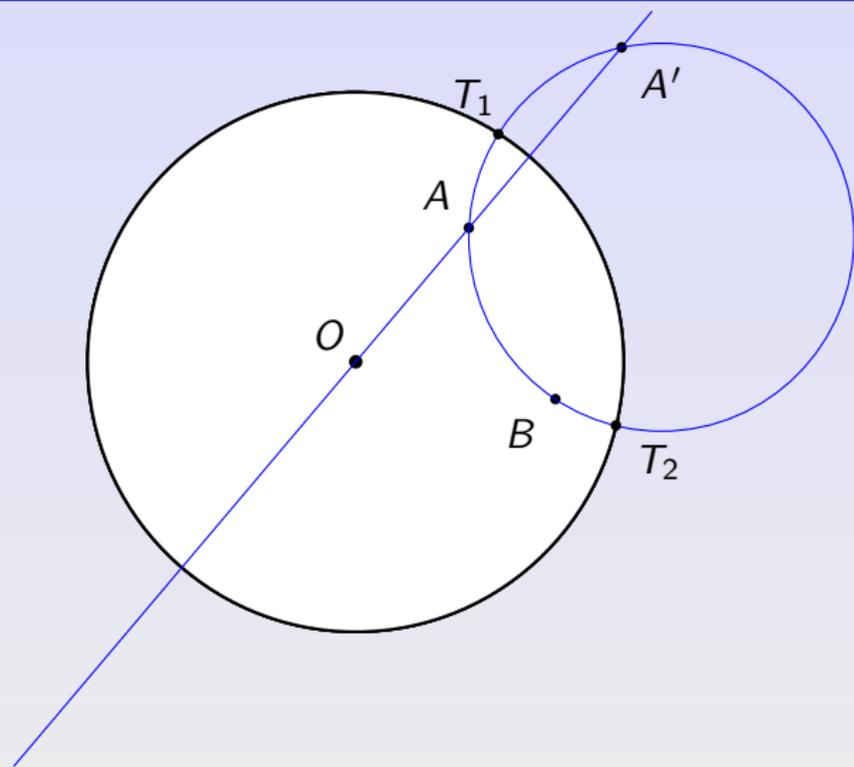
$$OA' = \frac{1}{OA}$$

Géométrie hyperbolique : droite passant par deux points



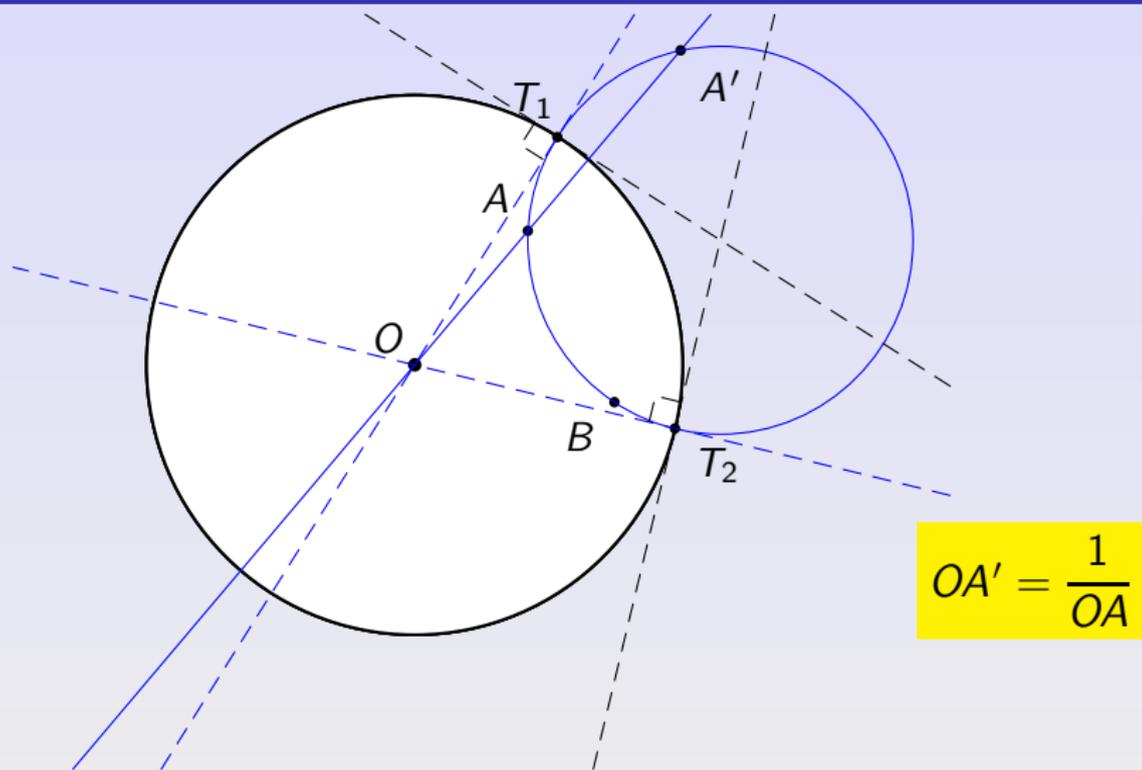
$$OA' = \frac{1}{OA}$$

Géométrie hyperbolique : droite passant par deux points

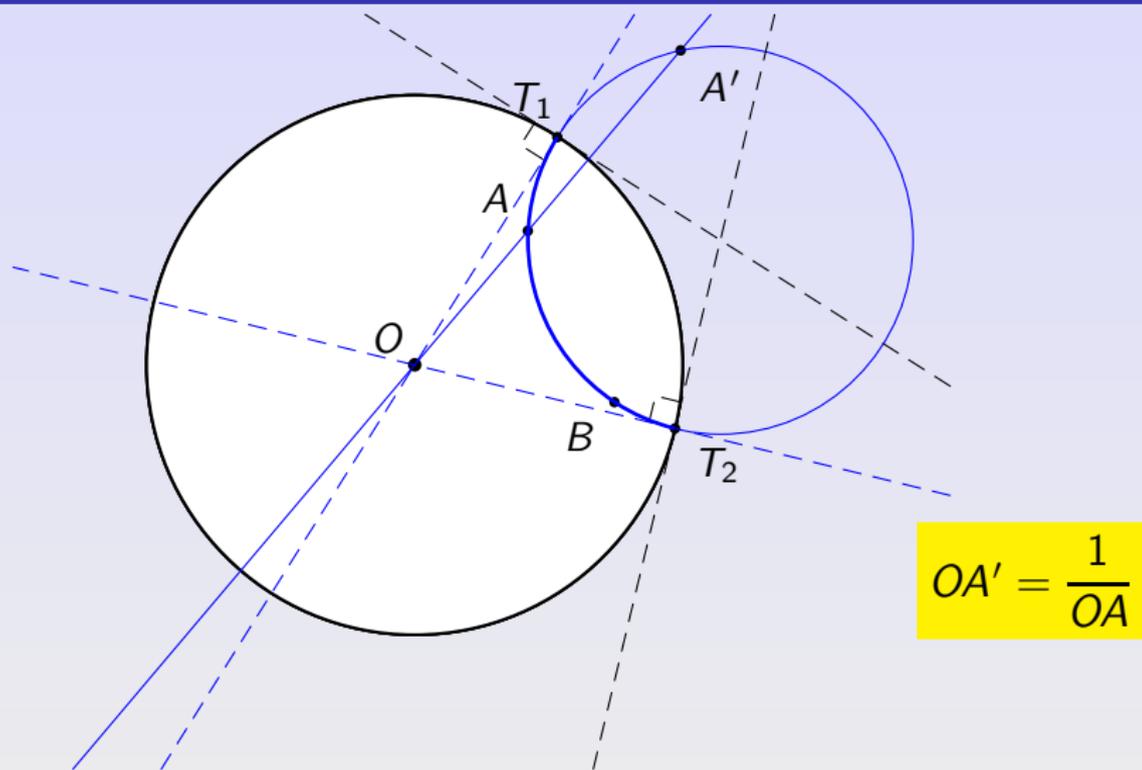


$$OA' = \frac{1}{OA}$$

Géométrie hyperbolique : droite passant par deux points

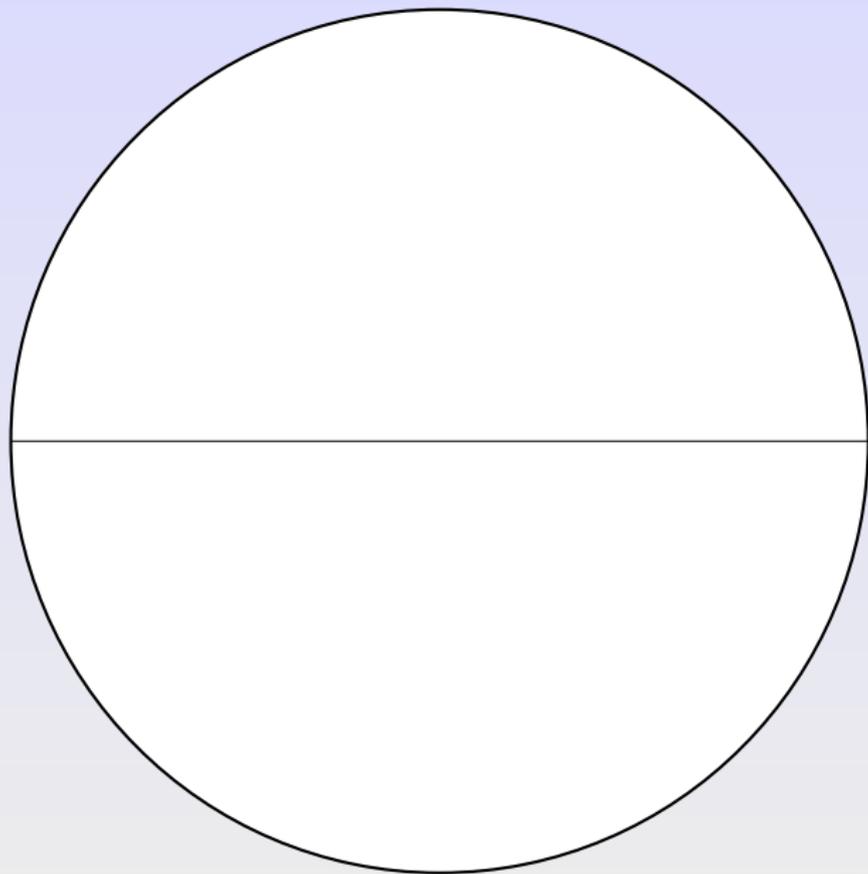


Géométrie hyperbolique : droite passant par deux points

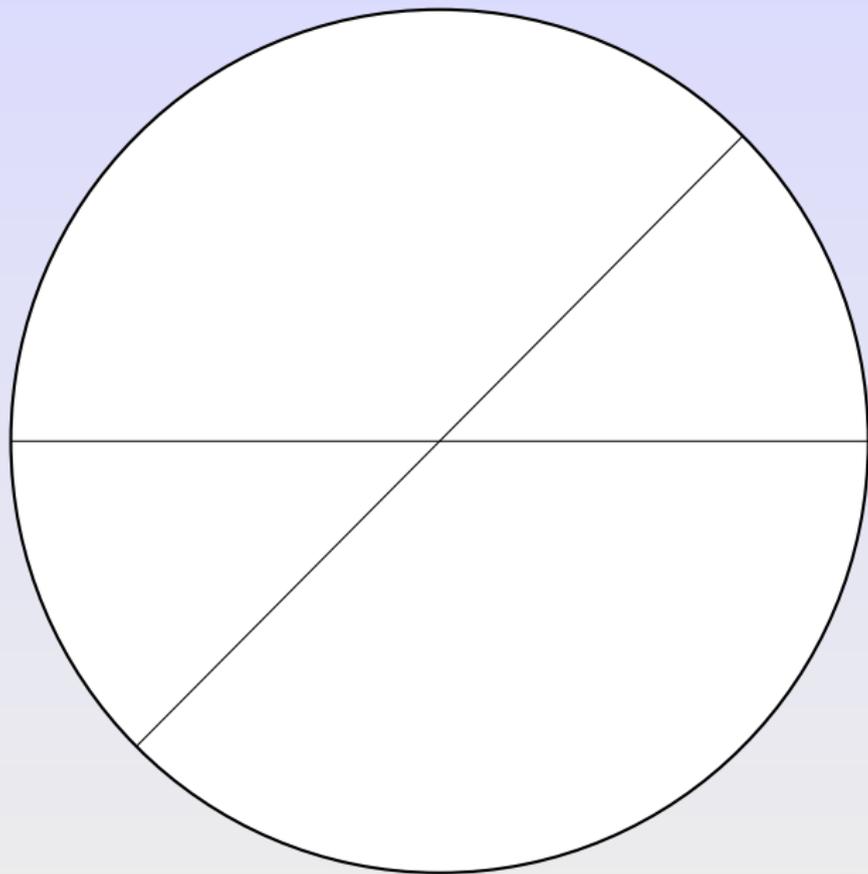


Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$

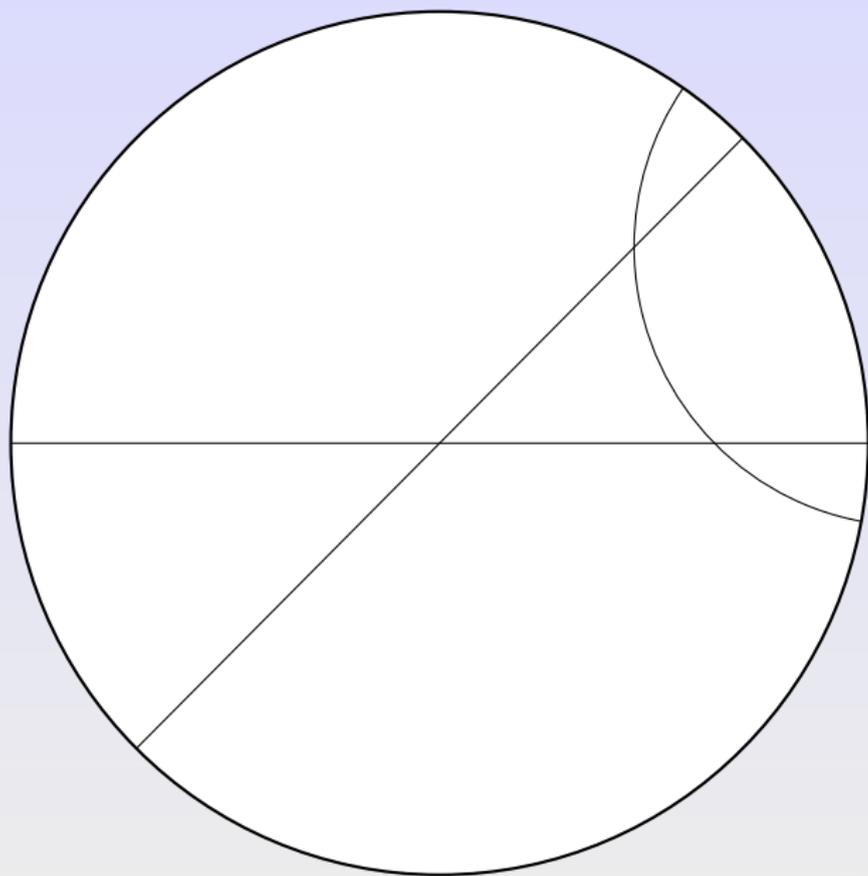
Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



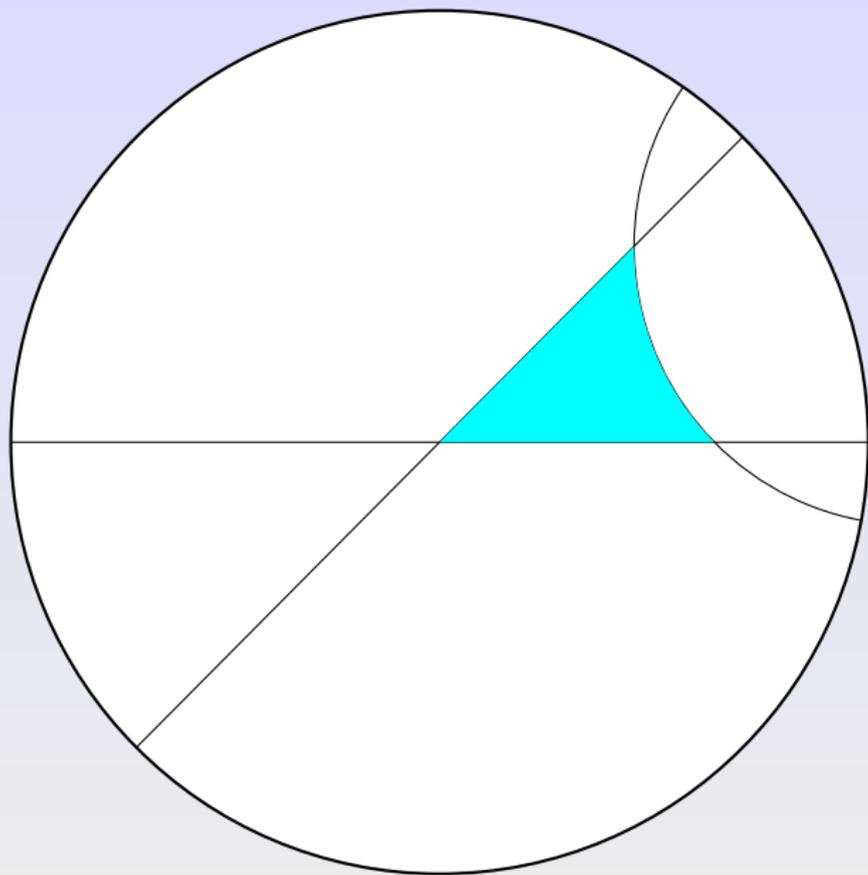
Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



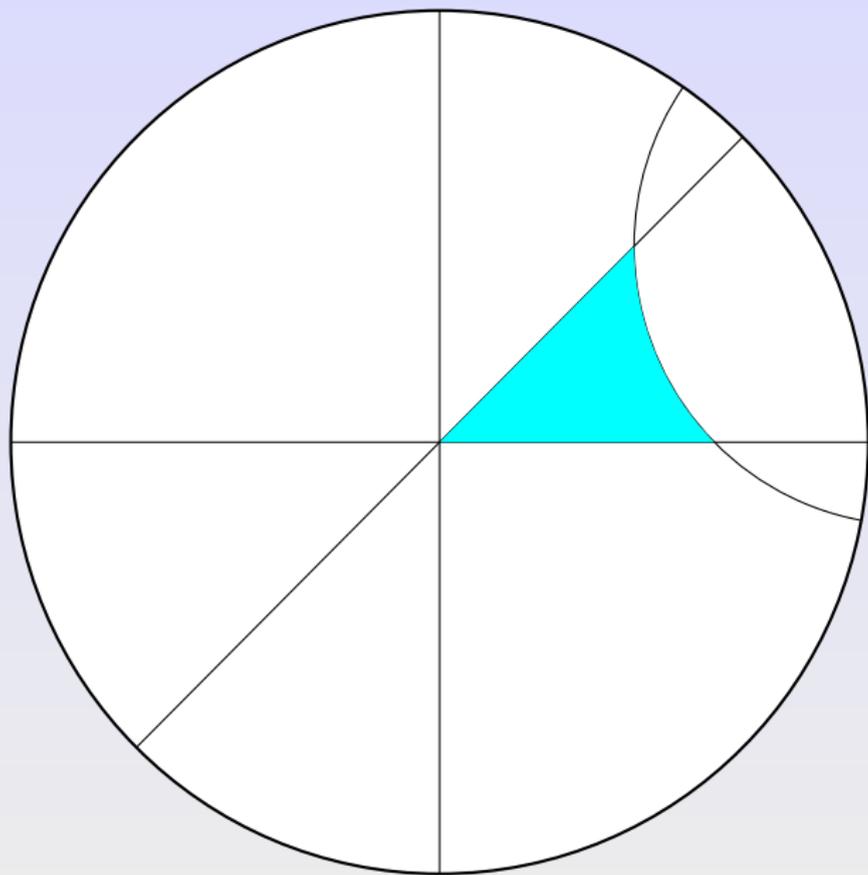
Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



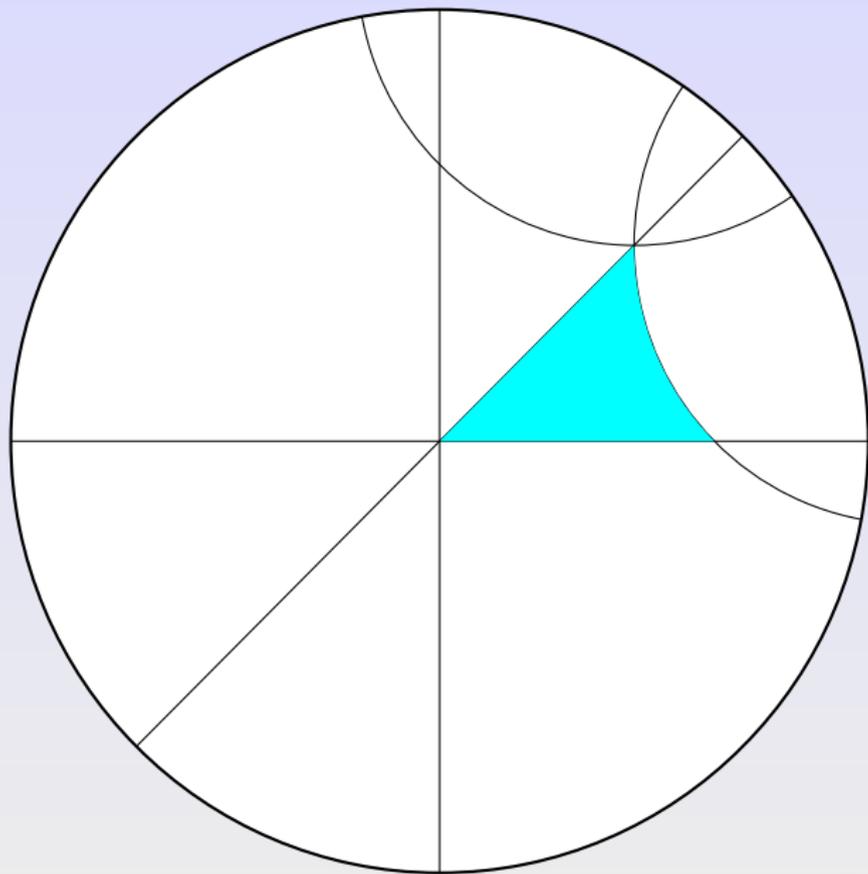
Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



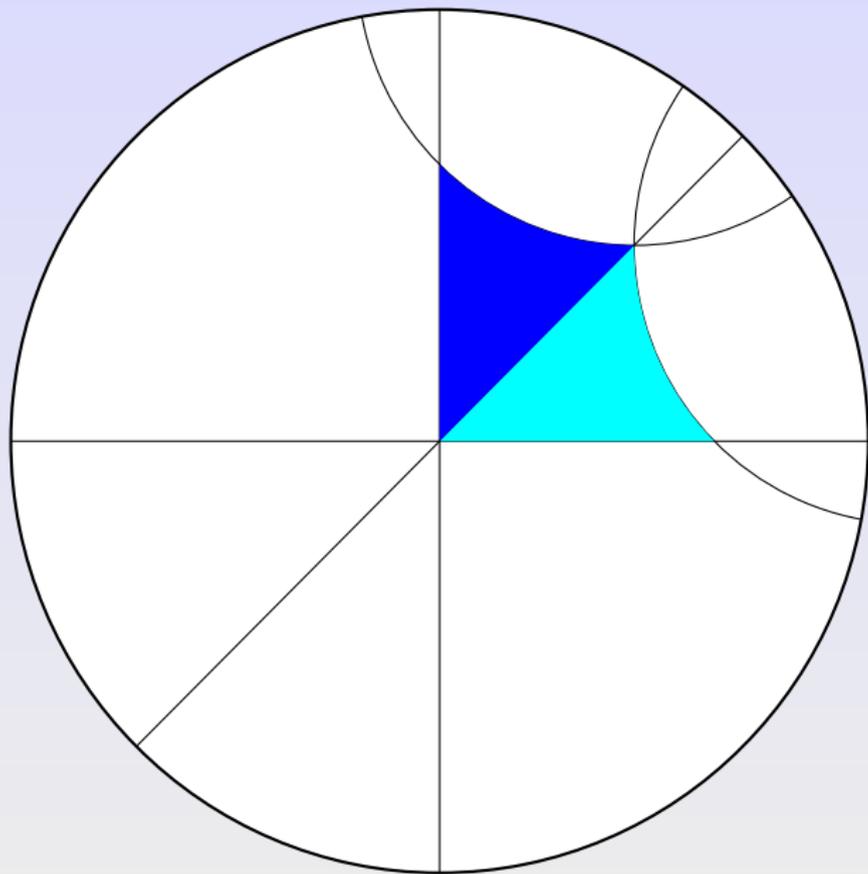
Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



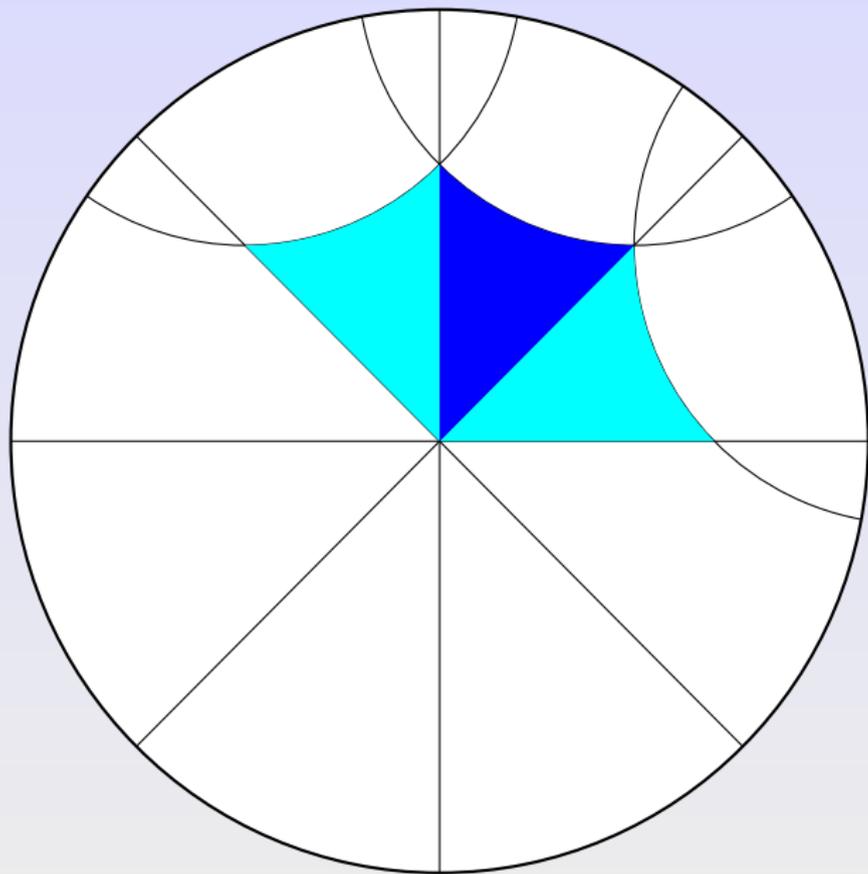
Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



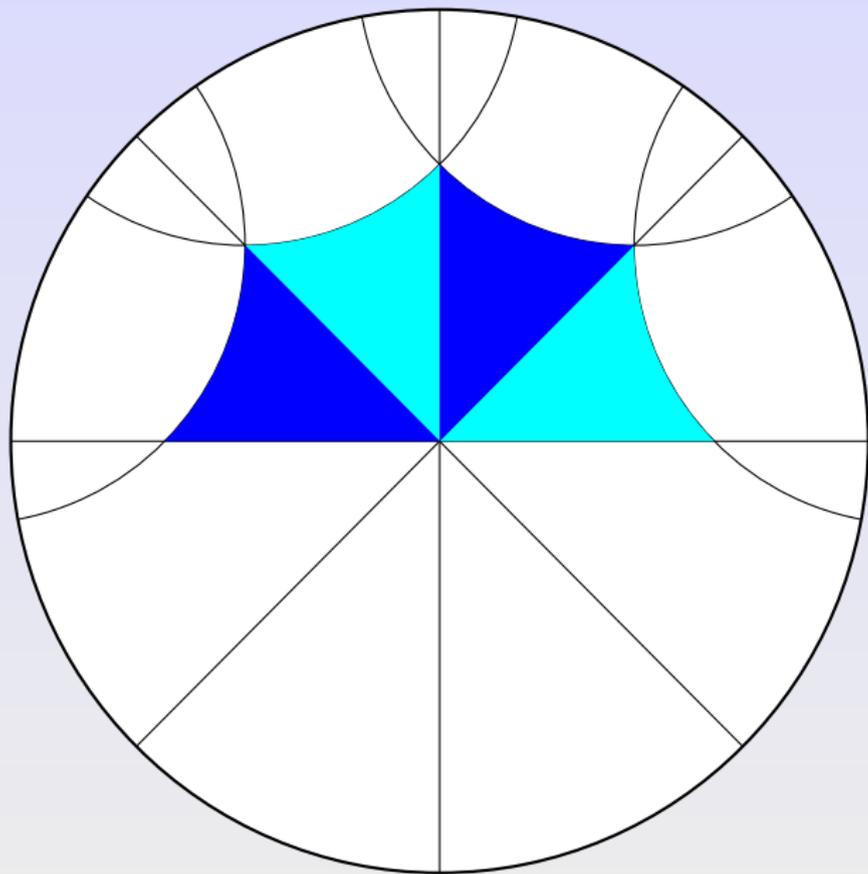
Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



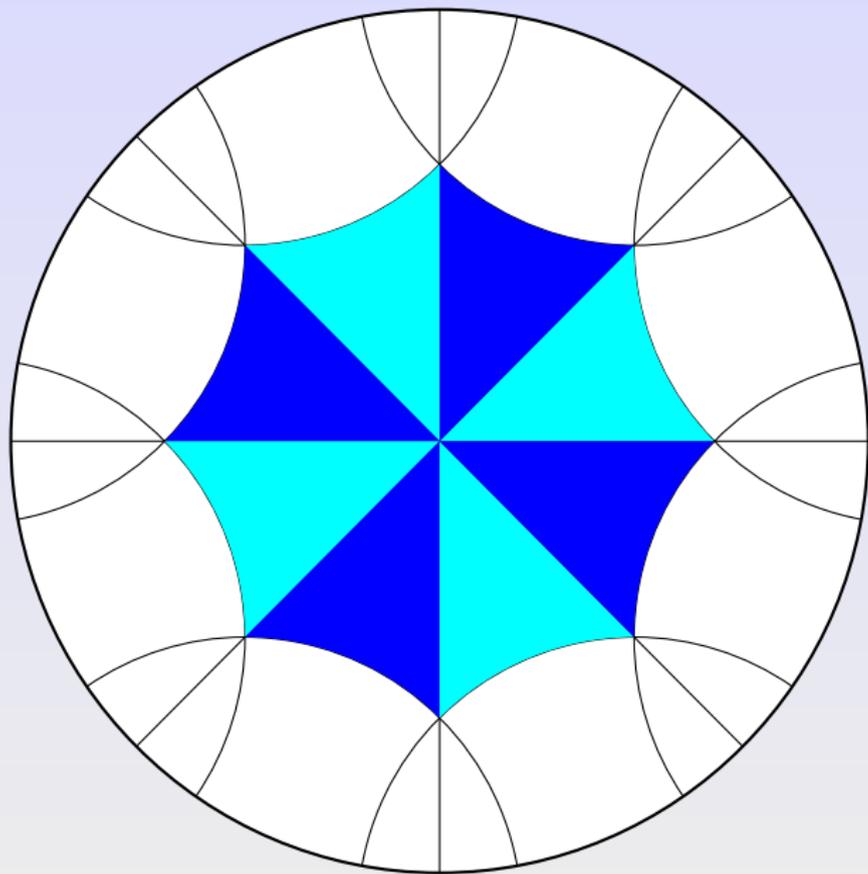
Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



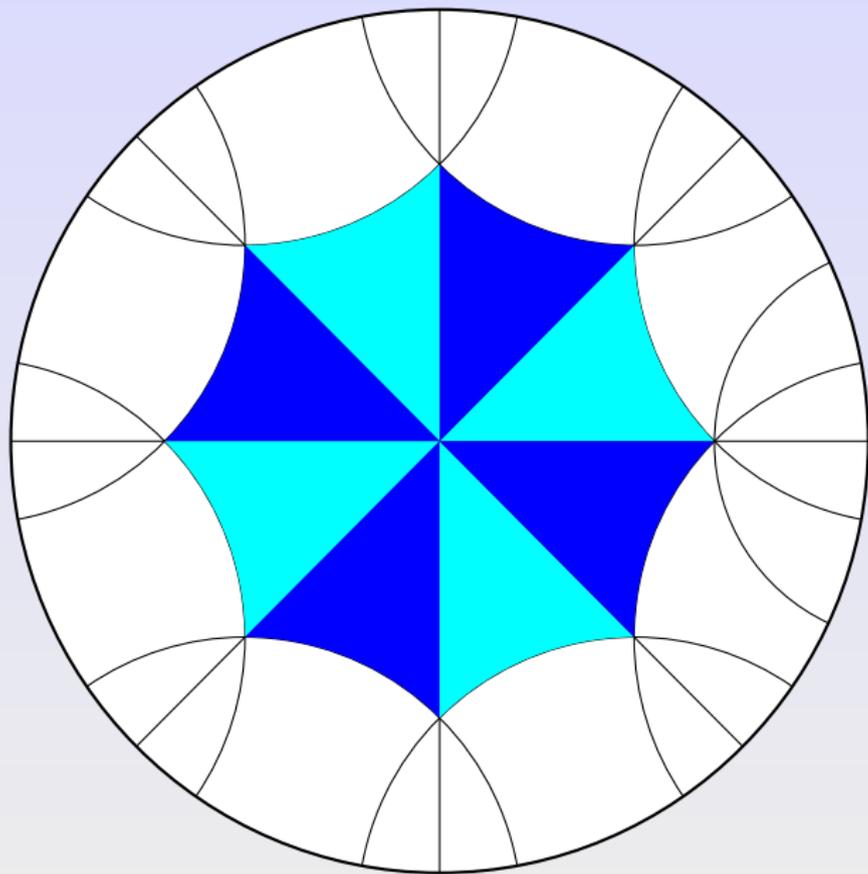
Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



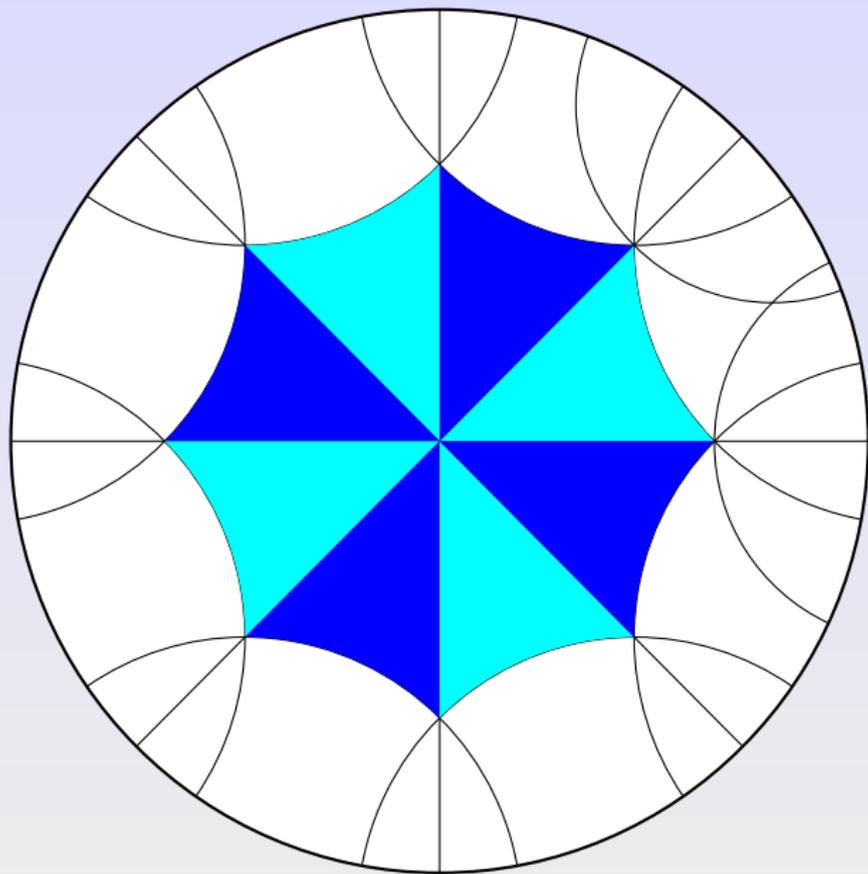
Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



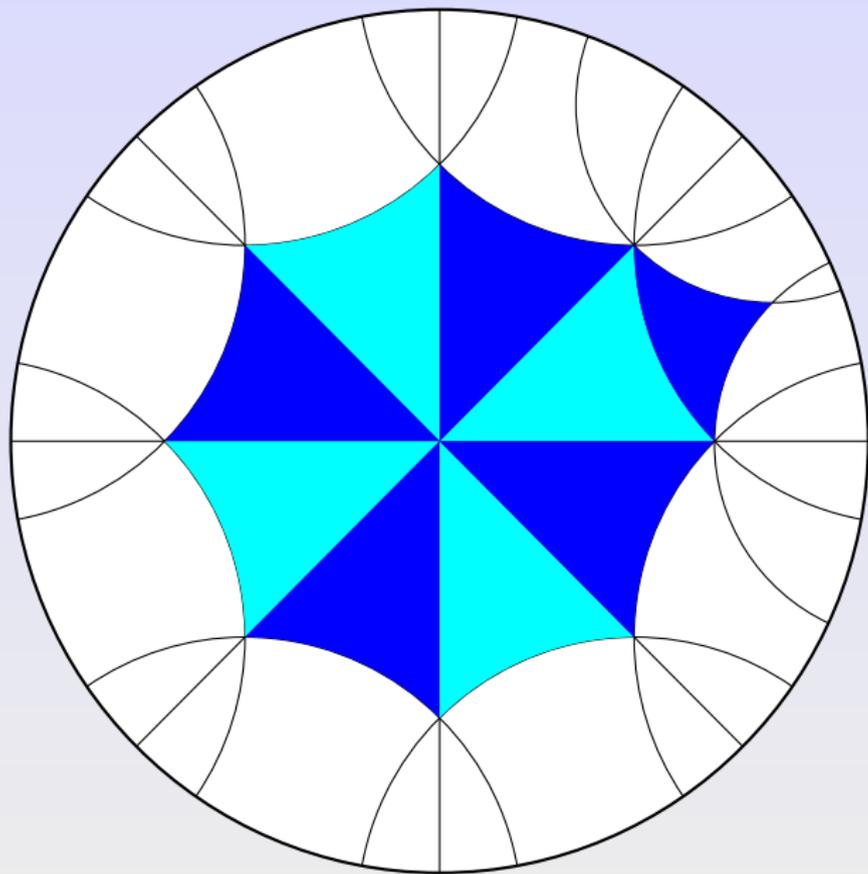
Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



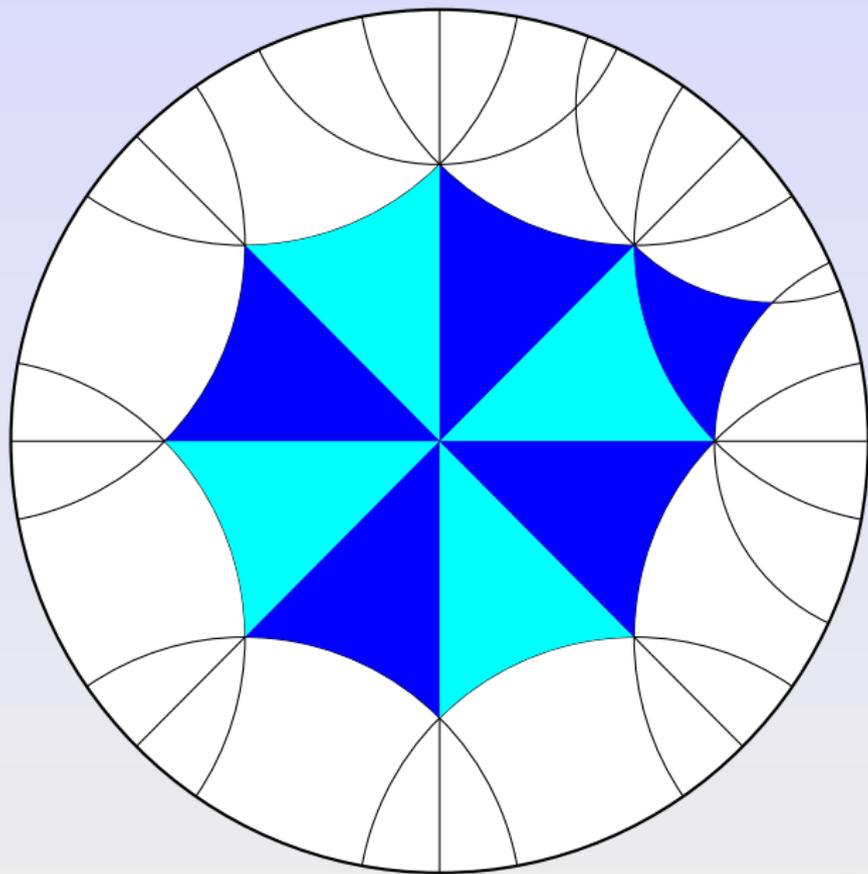
Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



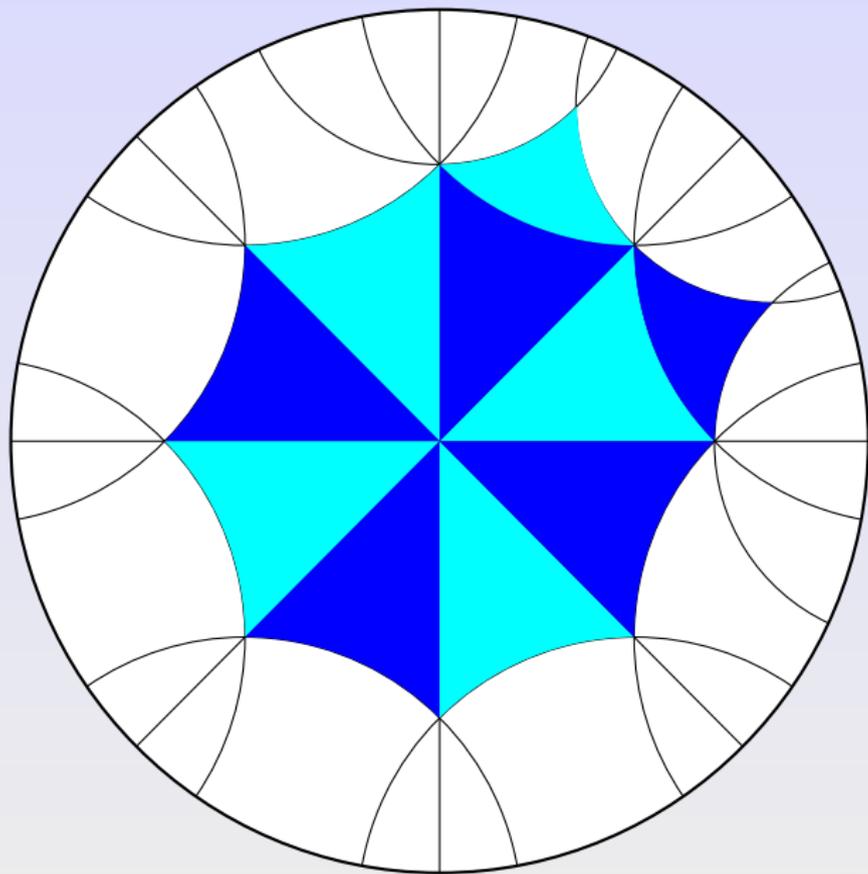
Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



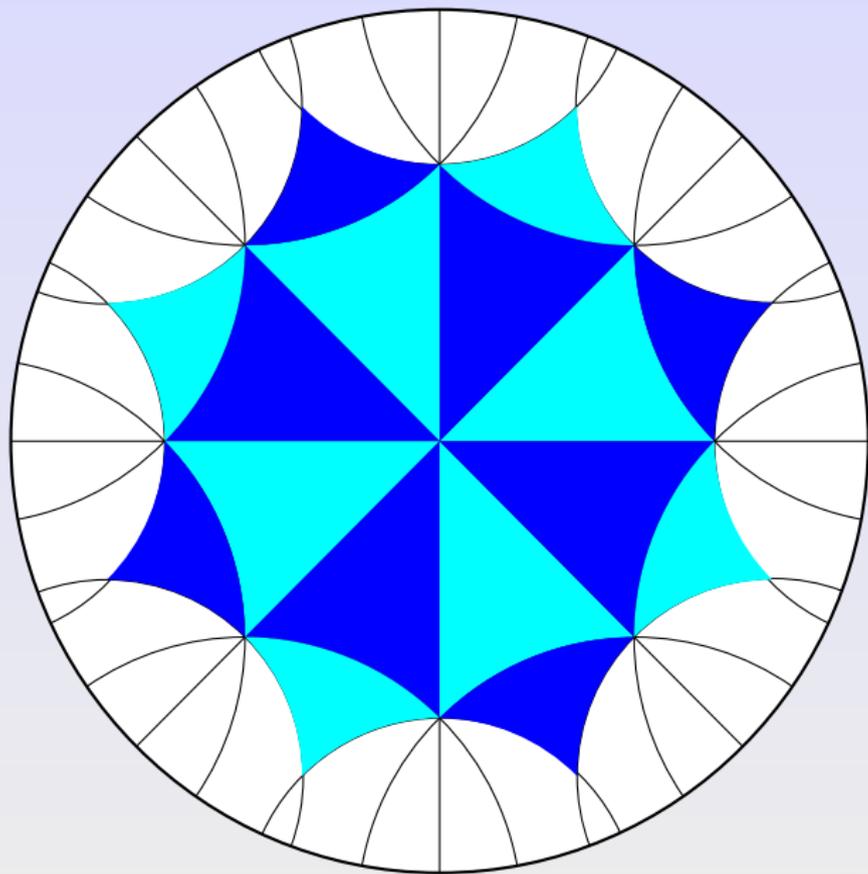
Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



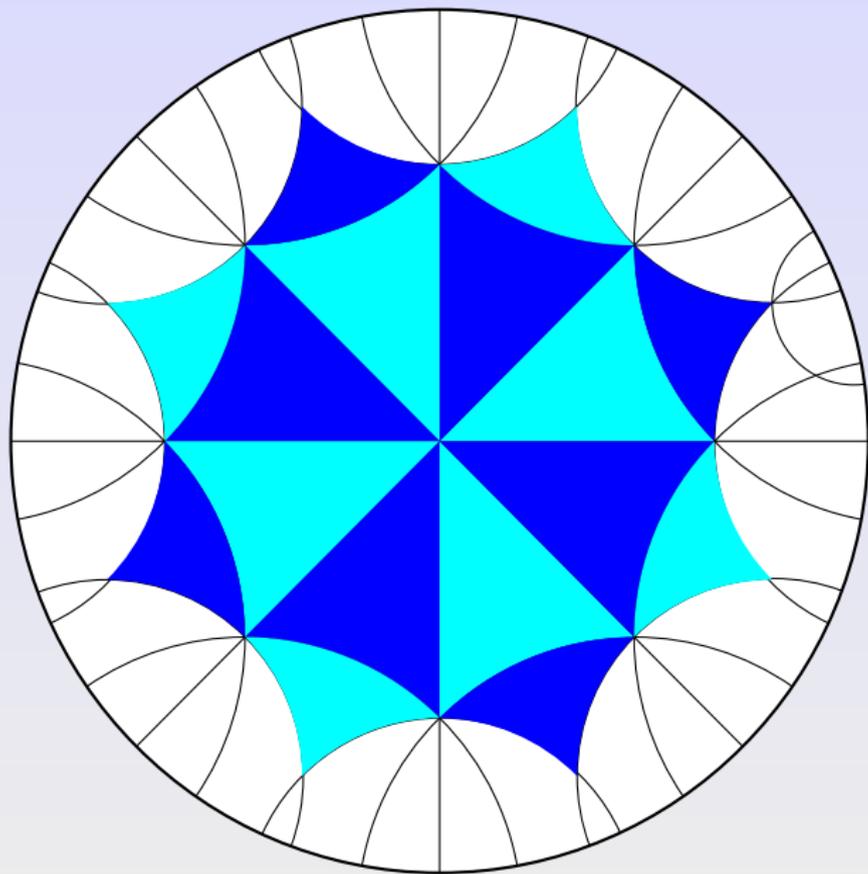
Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



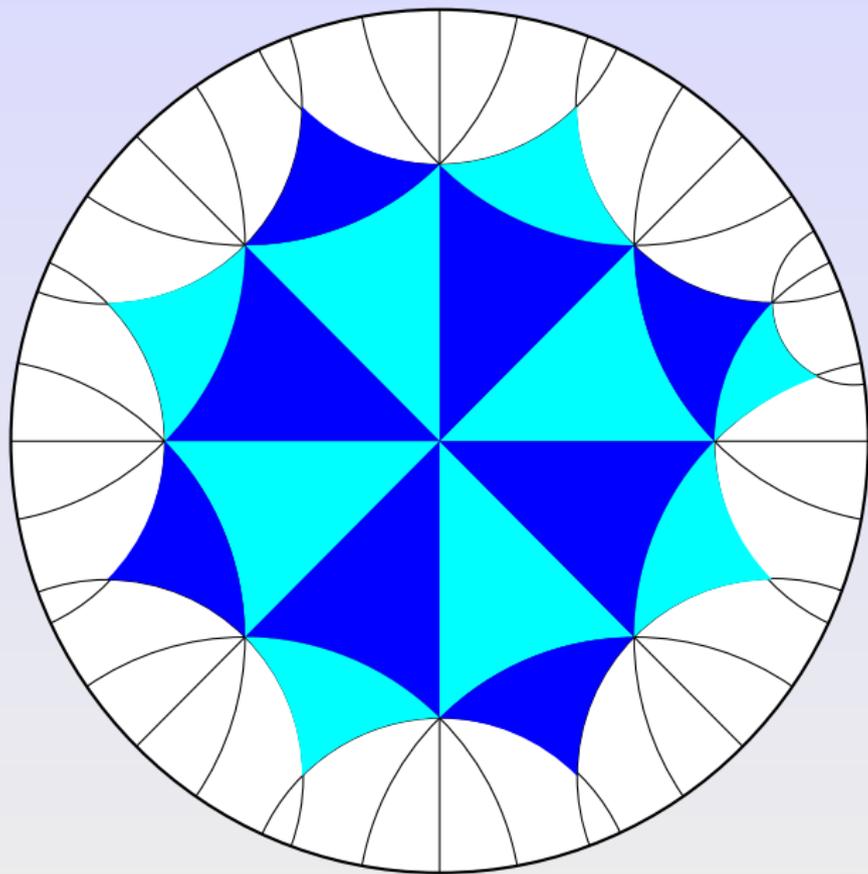
Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



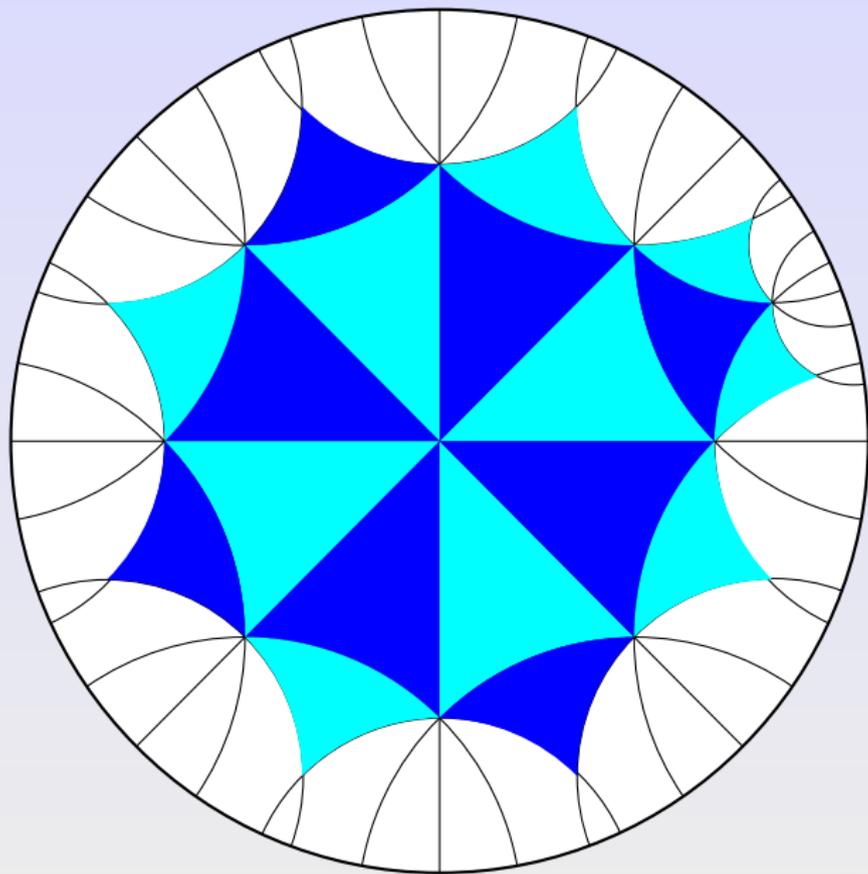
Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



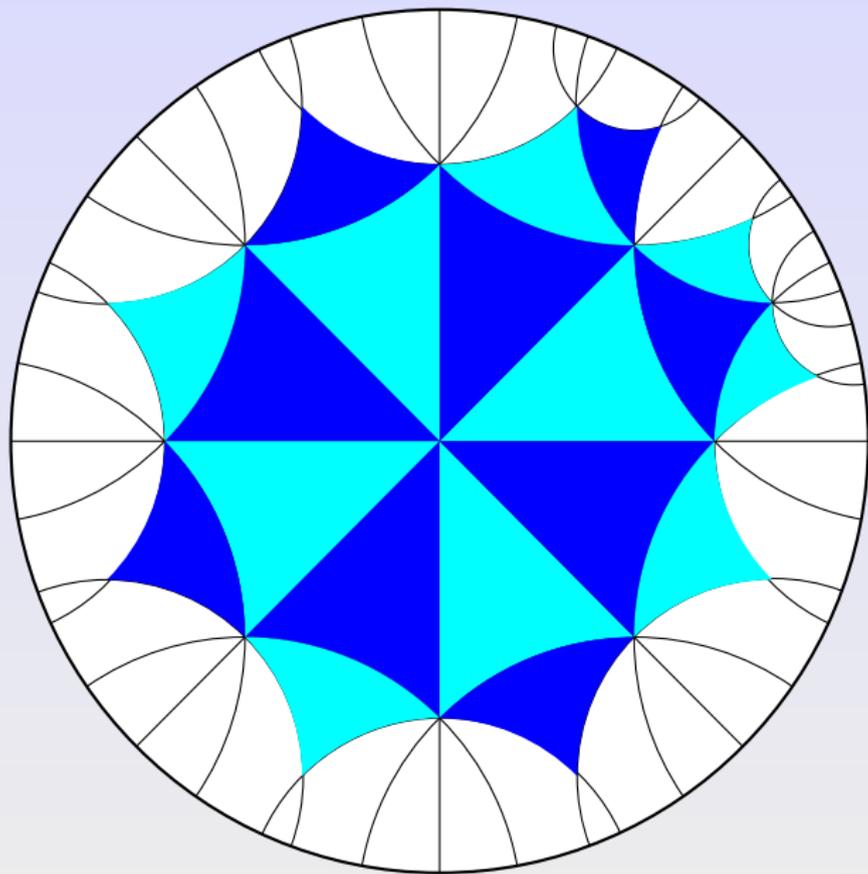
Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



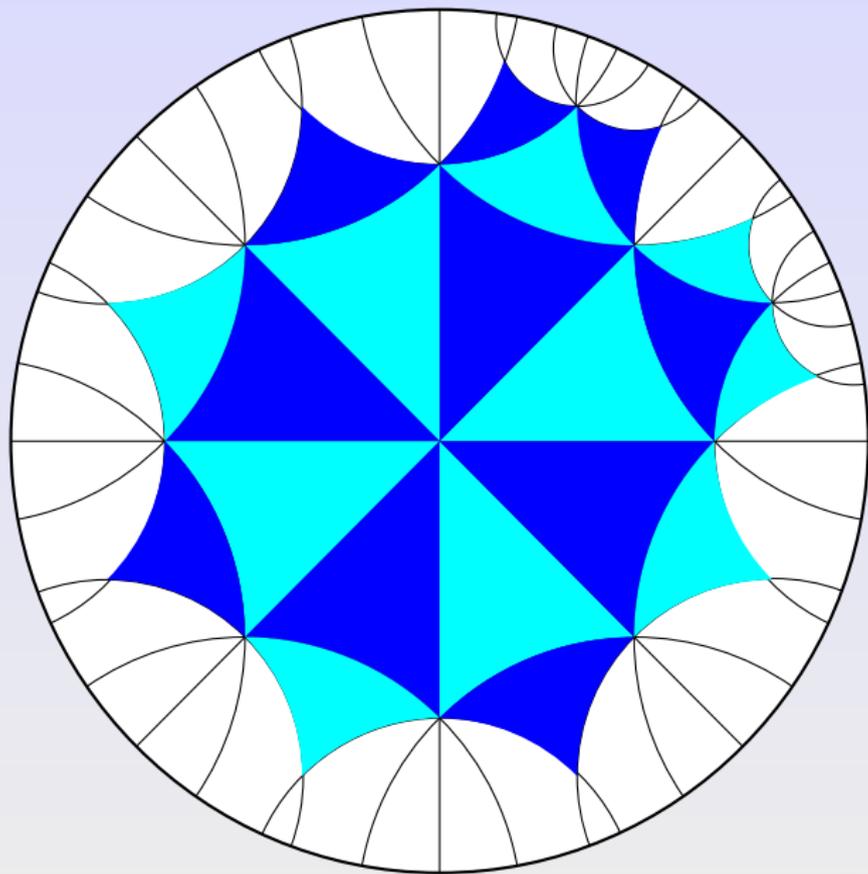
Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



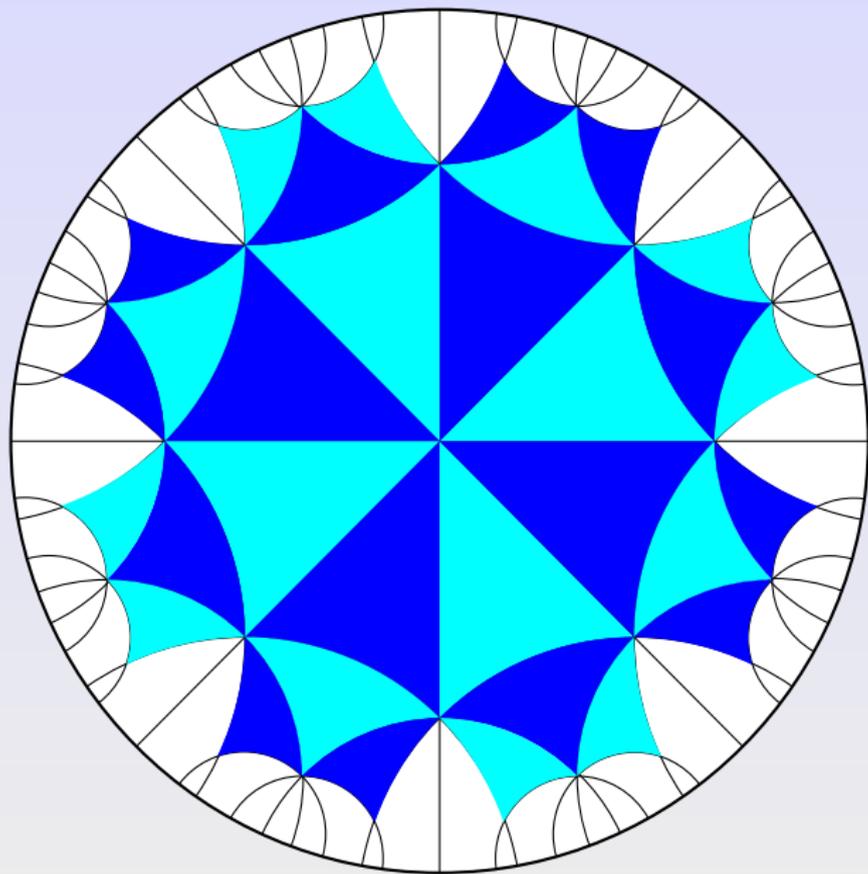
Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



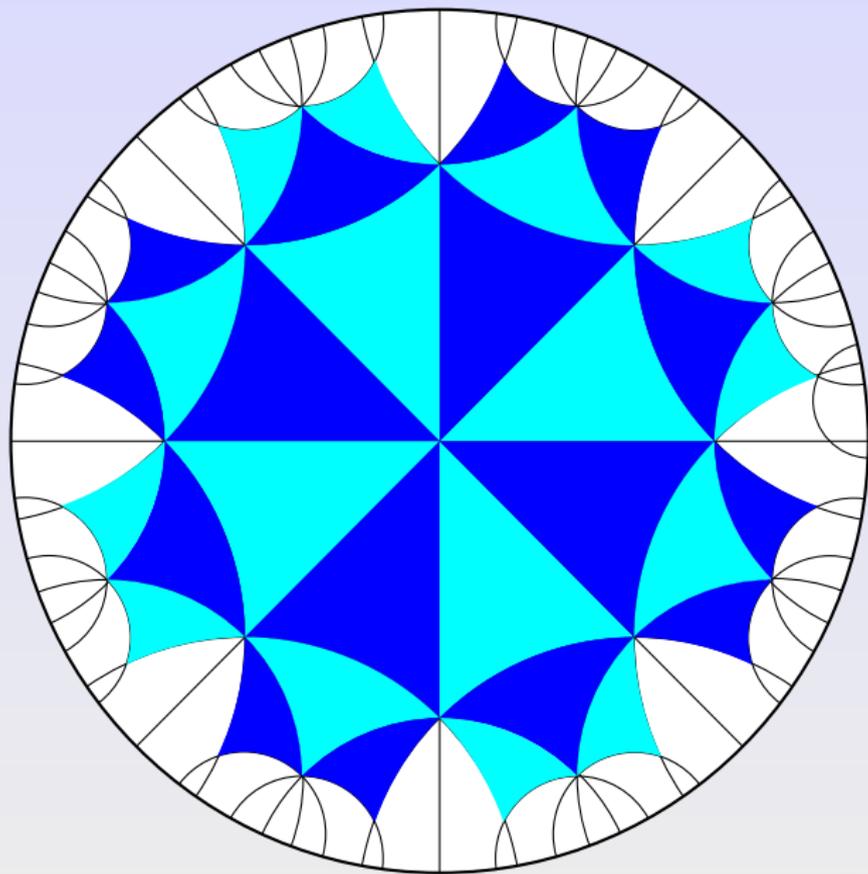
Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



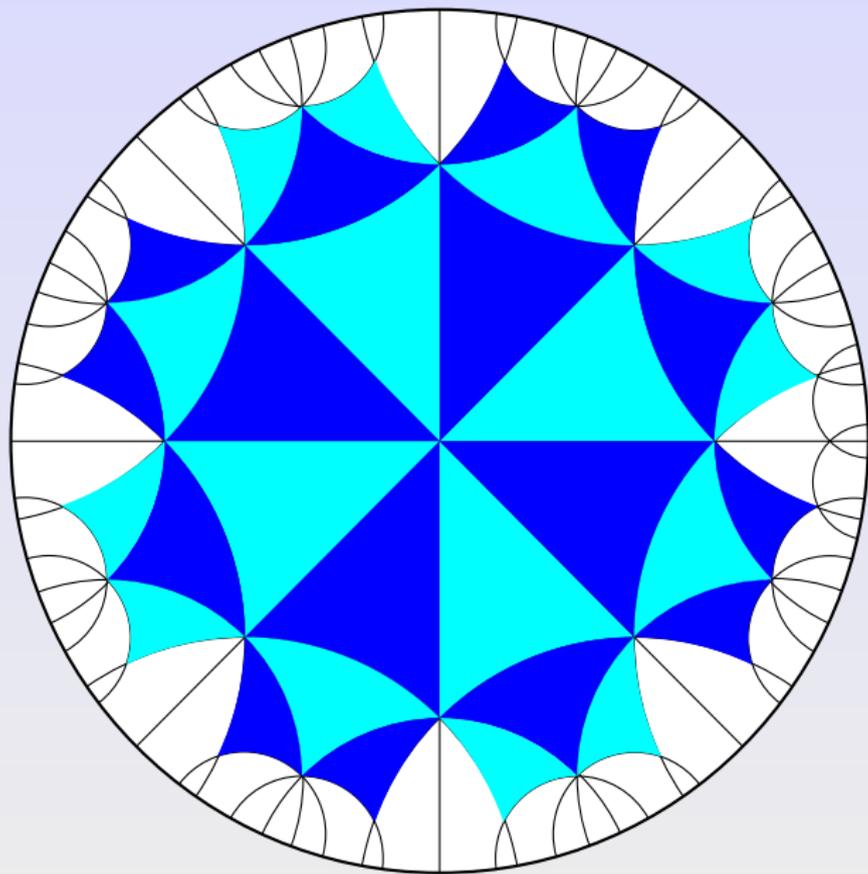
Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



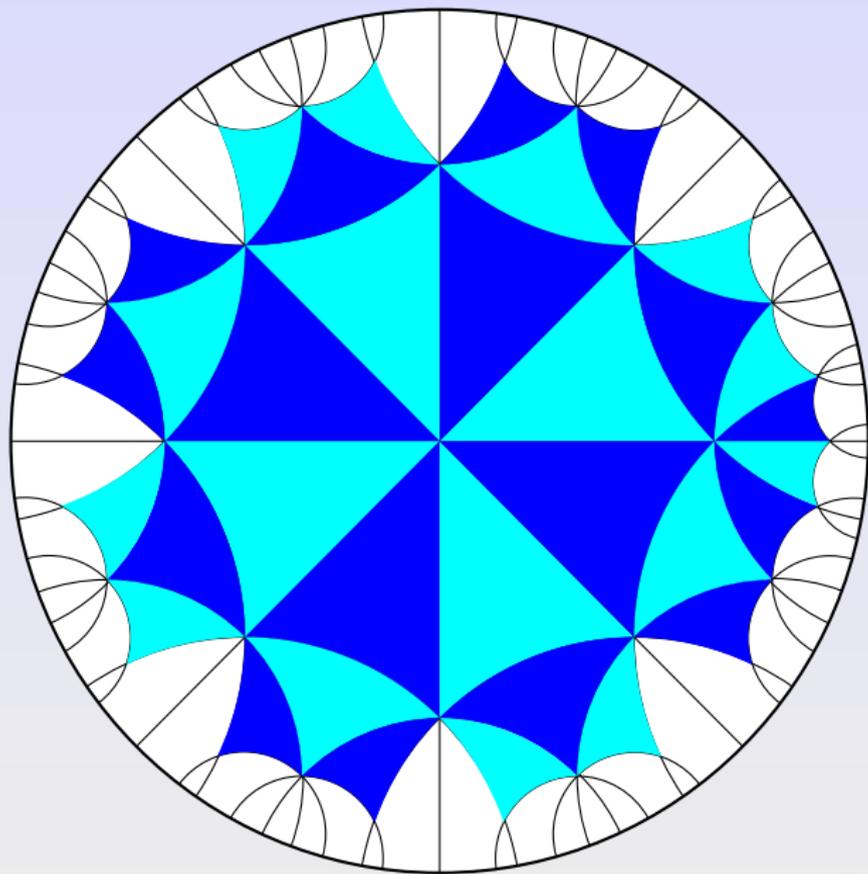
Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



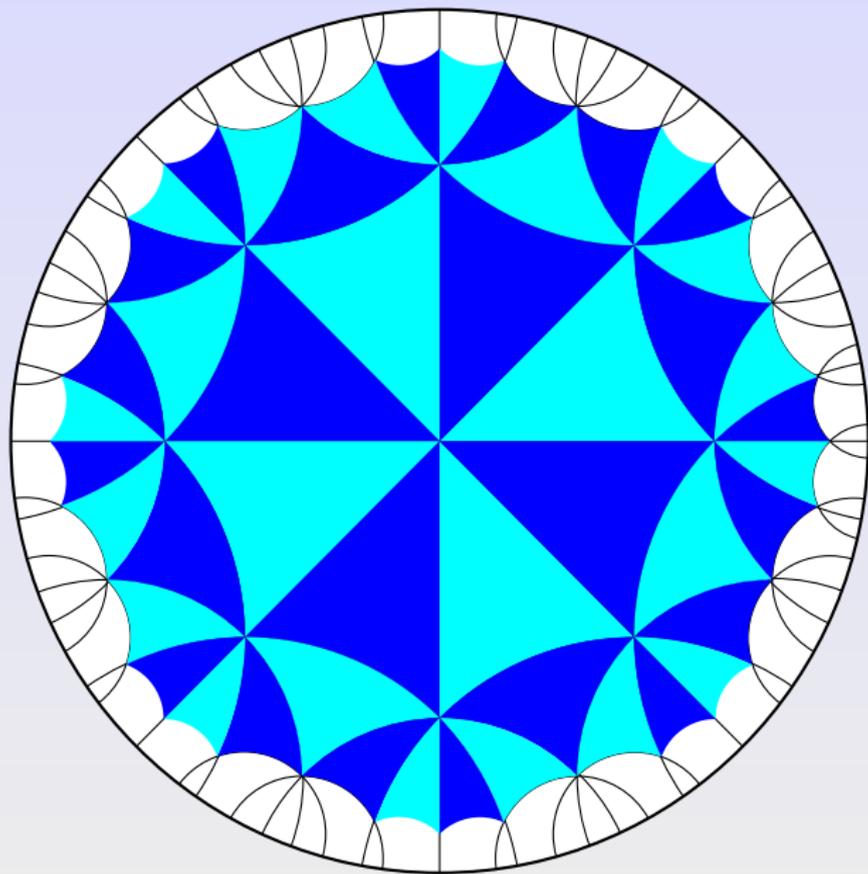
Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



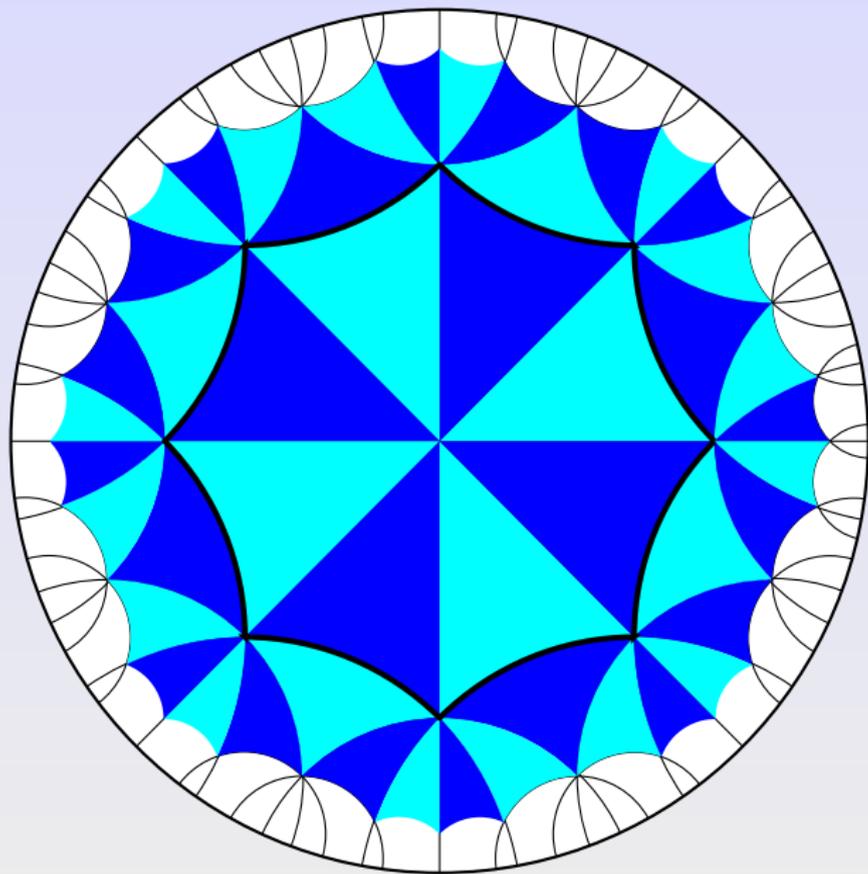
Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



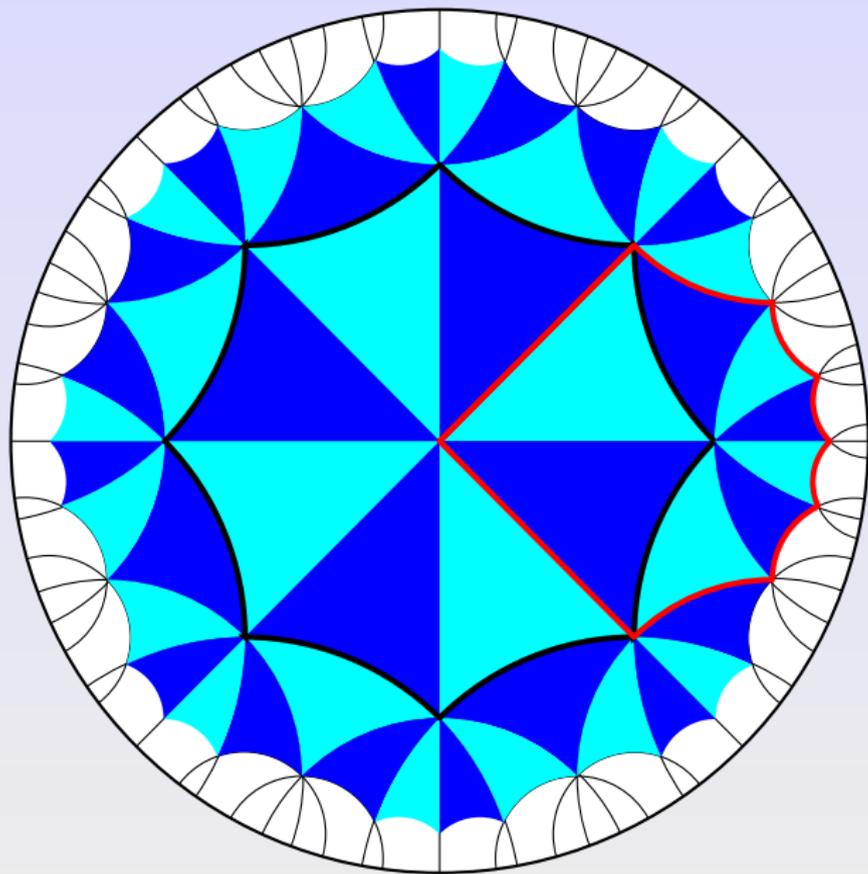
Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



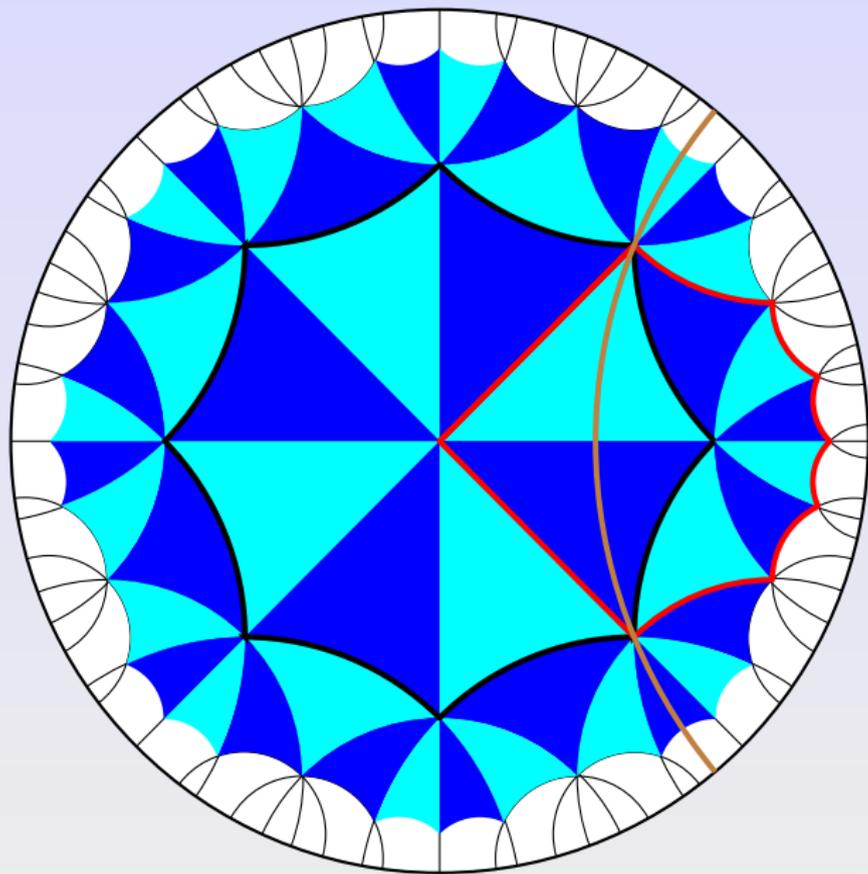
Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



Pavage hyperbolique de type $(4, 4, 4)$



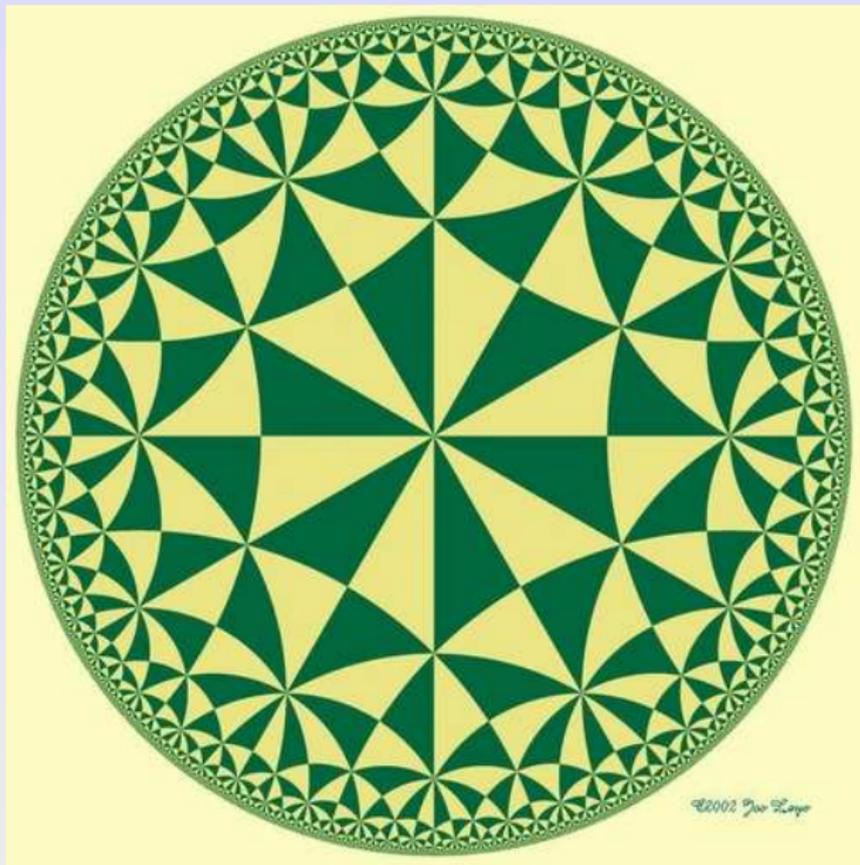
Pavages hyperboliques

Pavages hyperboliques

Théorème (Poincaré)

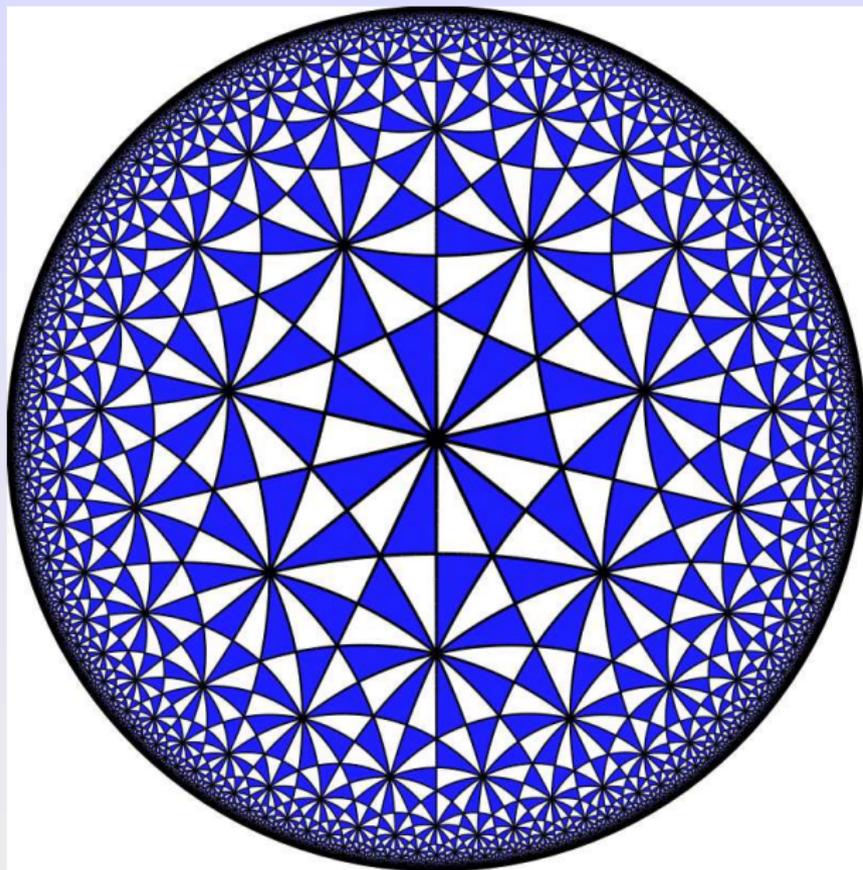
Soient p , q et r trois entiers tels que $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} + \frac{1}{r} < 1$. Alors le disque de Poincaré admet un pavage de type (p, q, r) .

Pavage hyperbolique de type $(2, 4, 6)$

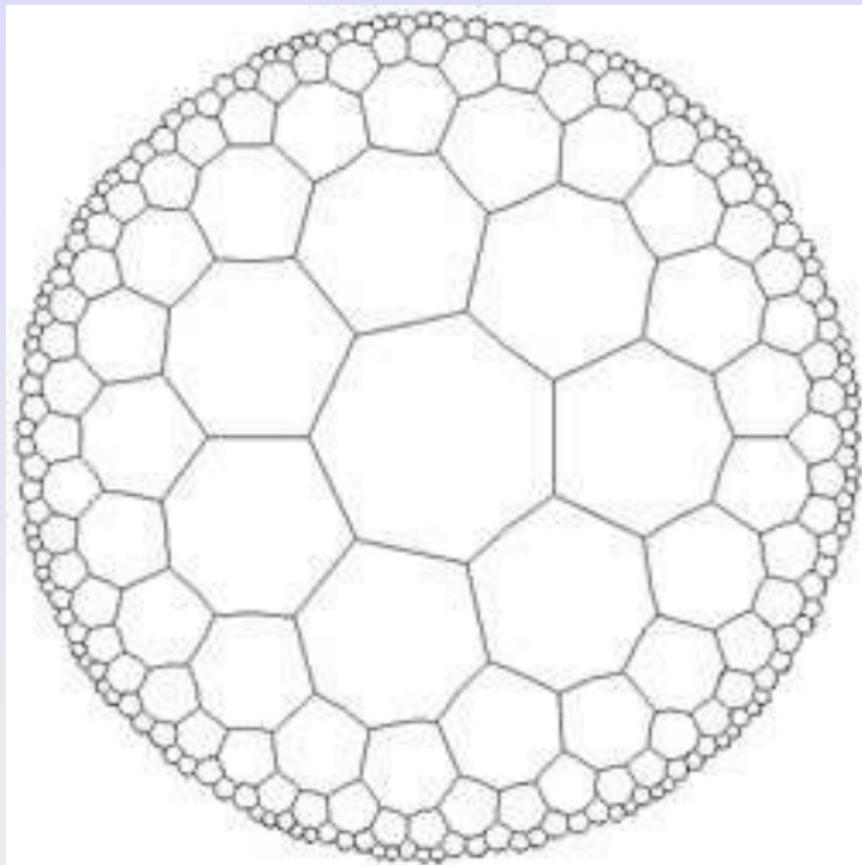


©2002 Jim Lagarias

Pavage hyperbolique de type $(2, 3, 7)$



Pavage hyperbolique heptagonal



Géométrie hyperbolique : pourquoi ?

Géométrie hyperbolique : pourquoi ?

- Arithmétique

Géométrie hyperbolique : pourquoi ?

- Arithmétique
- Théorie de la relativité (non-additivité des vitesses, déformation de l'espace par la gravitation)

Géométrie hyperbolique : pourquoi ?

- Arithmétique
- Théorie de la relativité (non-additivité des vitesses, déformation de l'espace par la gravitation)
- Théorème de Poncelet (billards elliptiques)

Géométrie hyperbolique : pourquoi ?

- Arithmétique
- Théorie de la relativité (non-additivité des vitesses, déformation de l'espace par la gravitation)
- Théorème de Poncelet (billards elliptiques)
- Physique mathématique

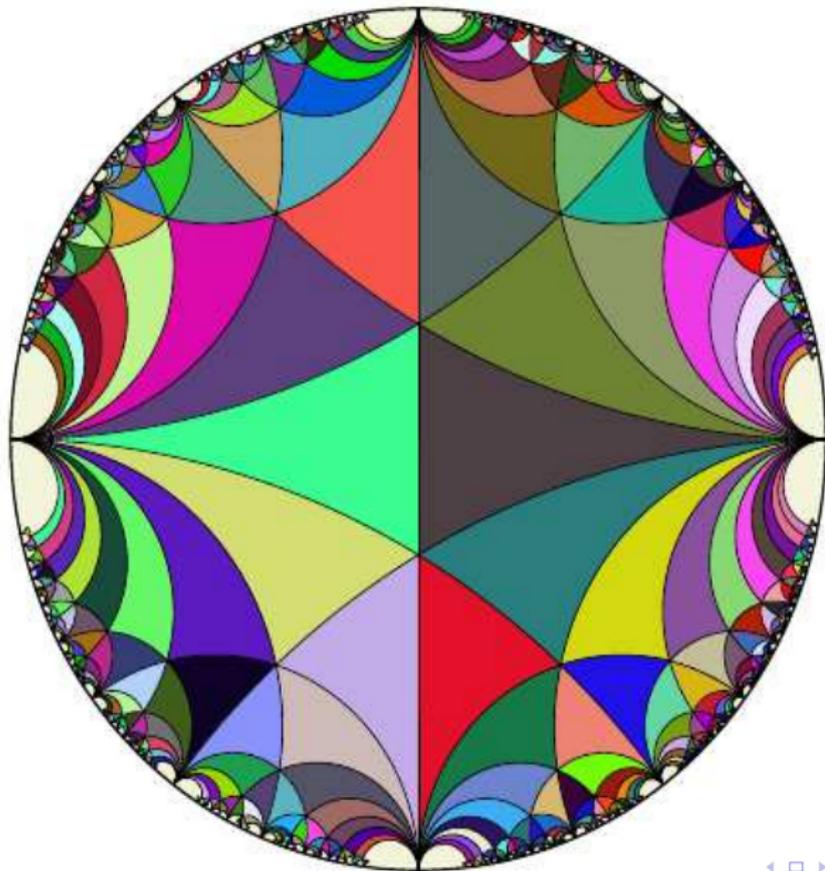
Géométrie hyperbolique : pourquoi ?

- Arithmétique
- Théorie de la relativité (non-additivité des vitesses, déformation de l'espace par la gravitation)
- Théorème de Poncelet (billards elliptiques)
- Physique mathématique
- Théorie des groupes

Géométrie hyperbolique : pourquoi ?

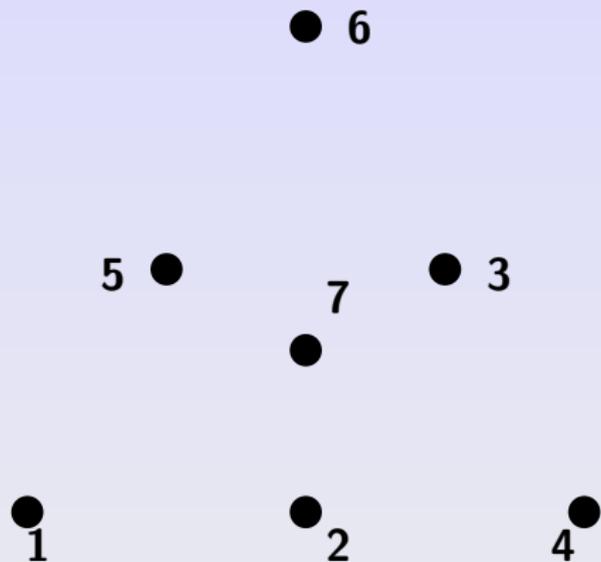
- Arithmétique
- Théorie de la relativité (non-additivité des vitesses, déformation de l'espace par la gravitation)
- Théorème de Poncelet (billards elliptiques)
- Physique mathématique
- Théorie des groupes
- ...

Pavage hyperbolique de type $(3, 3, \infty)$

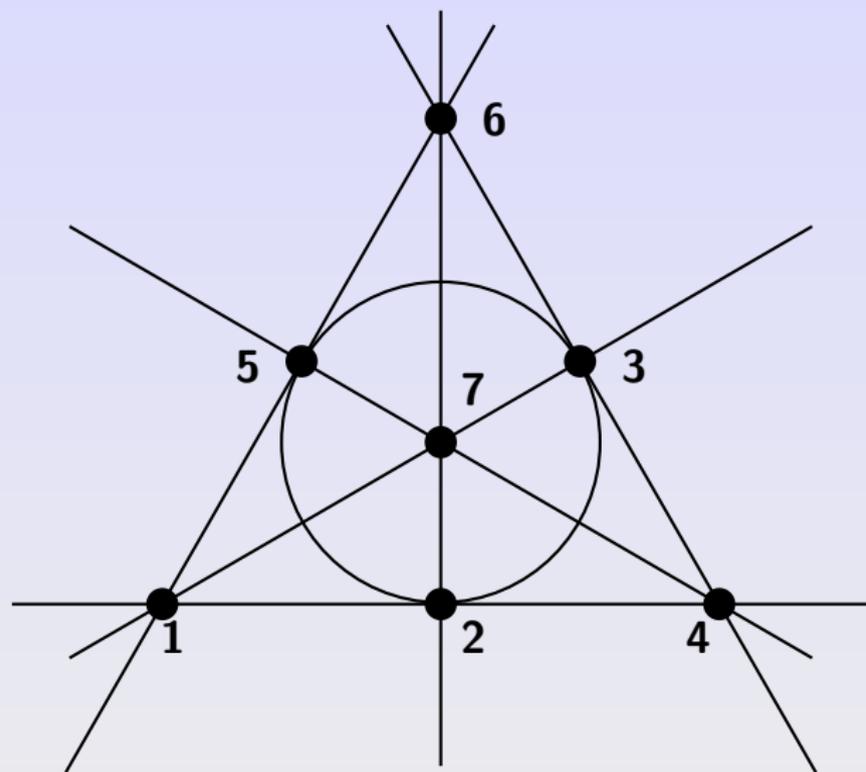


Une géométrie discrète

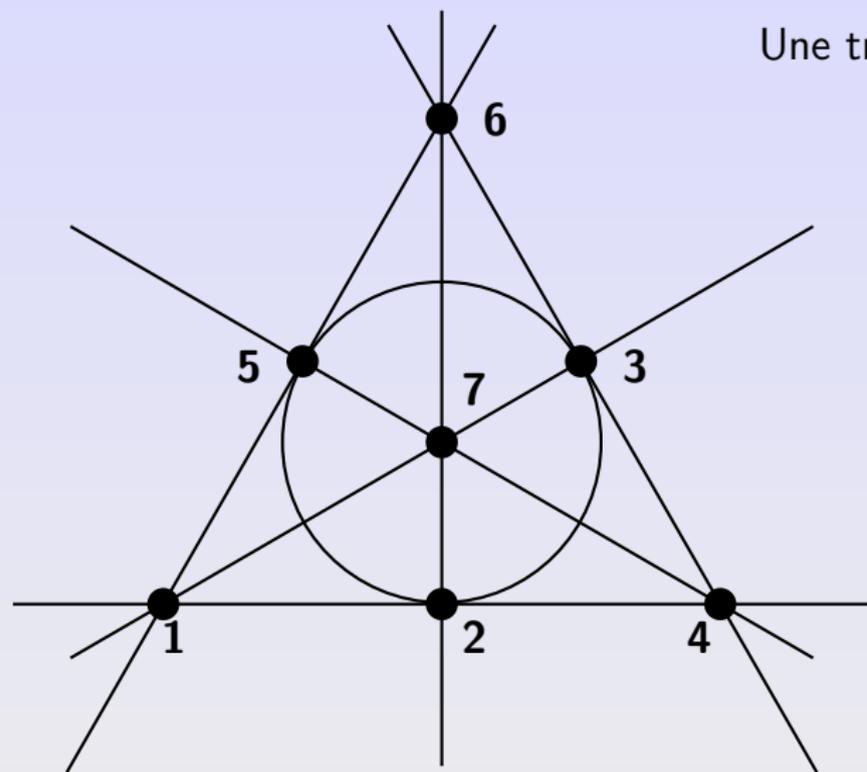
Une géométrie discrète



Une géométrie discrète



Une géométrie discrète



Une transformation amusante

1 \rightarrow 2

2 \rightarrow 3

3 \rightarrow 4

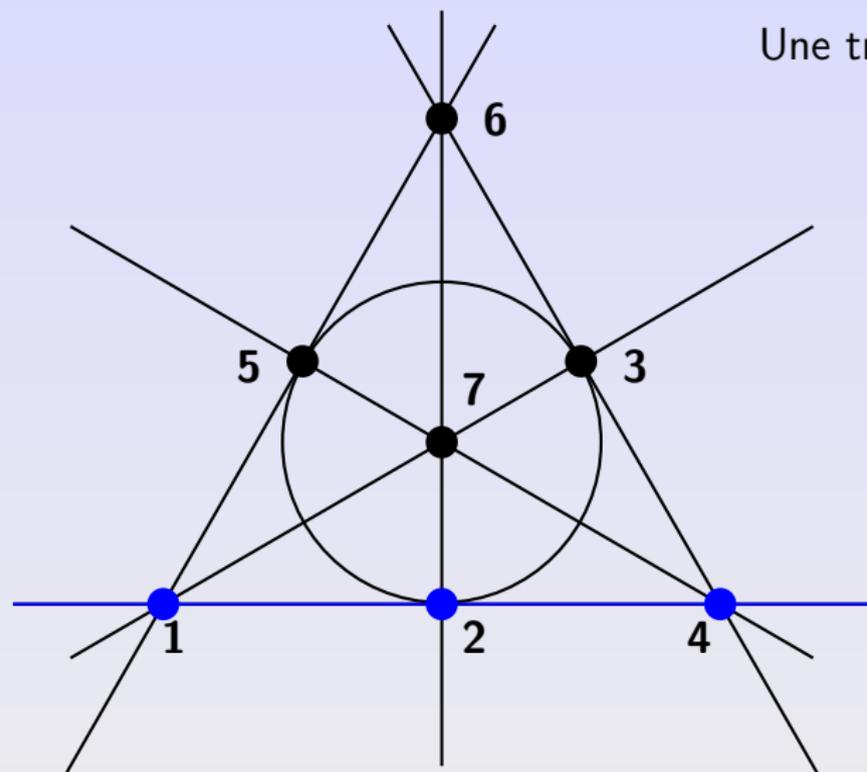
4 \rightarrow 5

5 \rightarrow 6

6 \rightarrow 7

7 \rightarrow 1

Une géométrie discrète



Une transformation amusante

1 \rightarrow 2

2 \rightarrow 3

3 \rightarrow 4

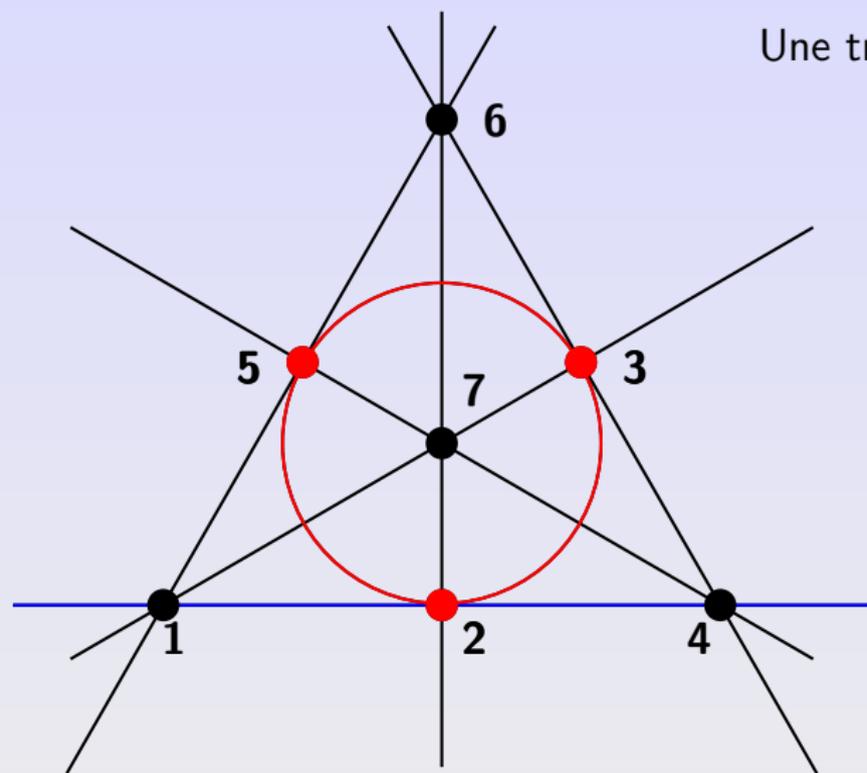
4 \rightarrow 5

5 \rightarrow 6

6 \rightarrow 7

7 \rightarrow 1

Une géométrie discrète



Une transformation amusante

1 \rightarrow 2

2 \rightarrow 3

3 \rightarrow 4

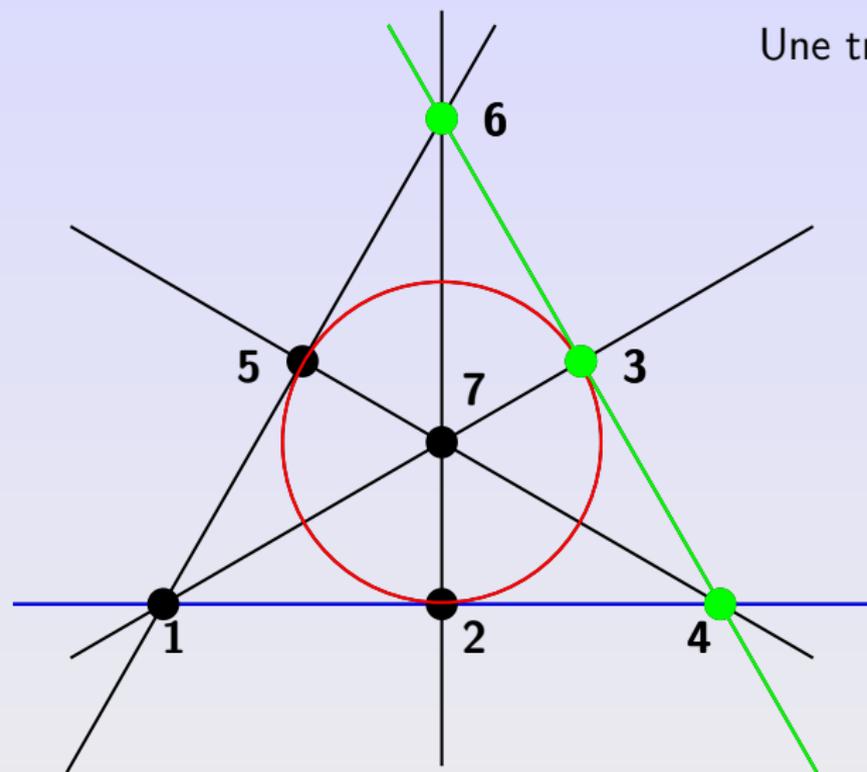
4 \rightarrow 5

5 \rightarrow 6

6 \rightarrow 7

7 \rightarrow 1

Une géométrie discrète



Une transformation amusante

1 \mapsto 2

2 \mapsto 3

3 \mapsto 4

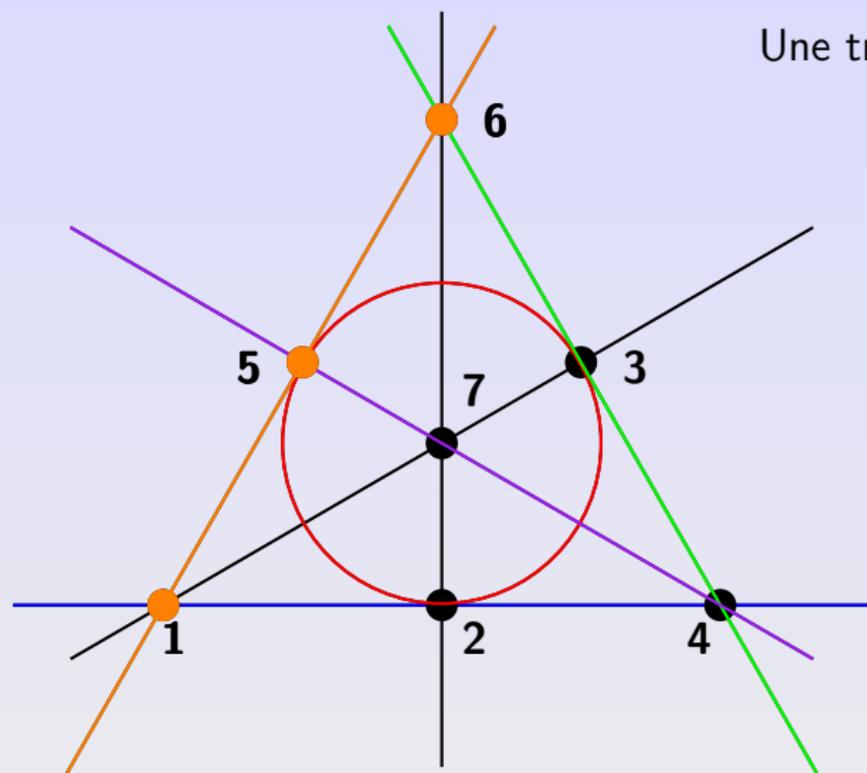
4 \mapsto 5

5 \mapsto 6

6 \mapsto 7

7 \mapsto 1

Une géométrie discrète



Une transformation amusante

1 \mapsto 2

2 \mapsto 3

3 \mapsto 4

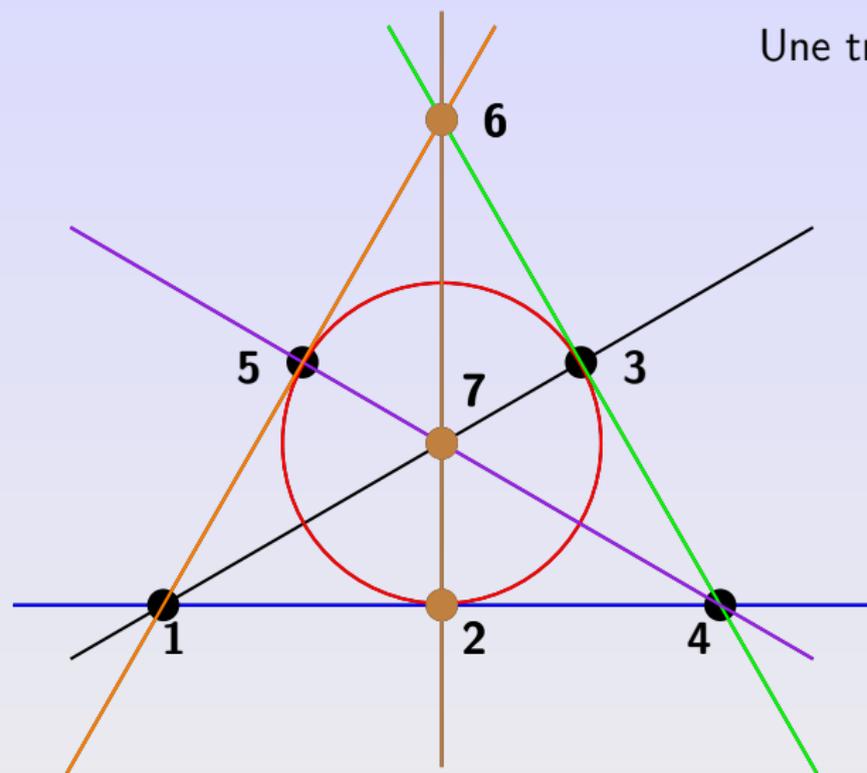
4 \mapsto 5

5 \mapsto 6

6 \mapsto 7

7 \mapsto 1

Une géométrie discrète



Une transformation amusante

1 \mapsto 2

2 \mapsto 3

3 \mapsto 4

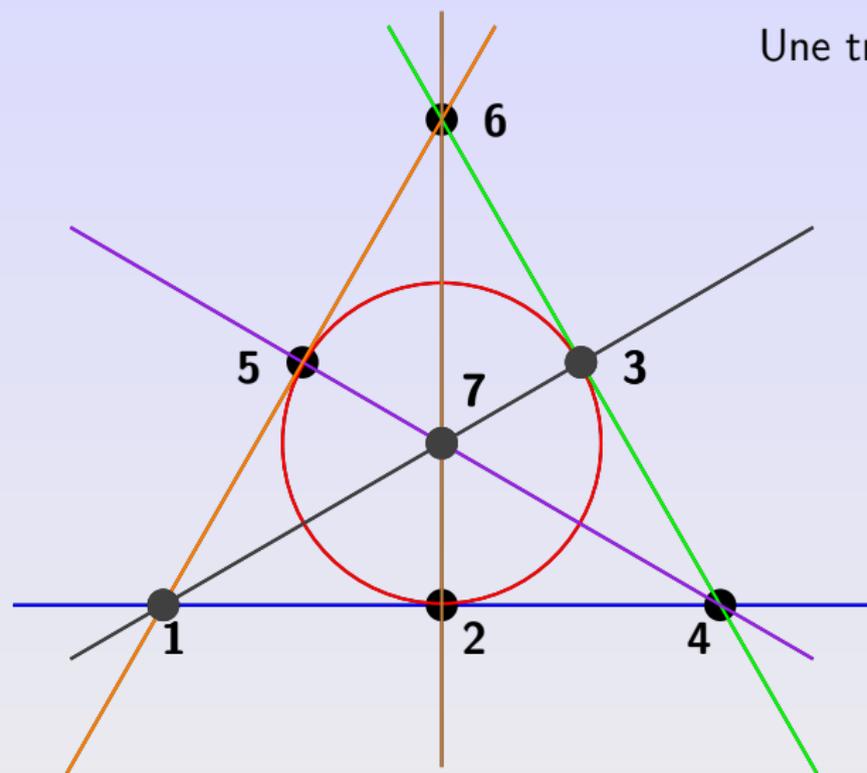
4 \mapsto 5

5 \mapsto 6

6 \mapsto 7

7 \mapsto 1

Une géométrie discrète



Une transformation amusante

1 \mapsto 2

2 \mapsto 3

3 \mapsto 4

4 \mapsto 5

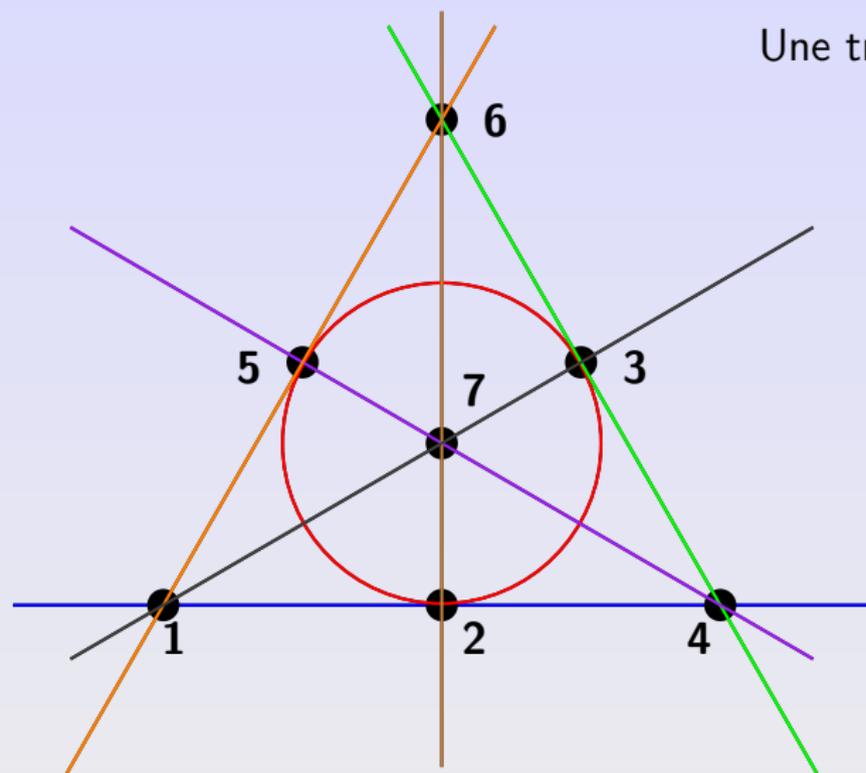
5 \mapsto 6

6 \mapsto 7

7 \mapsto 1

Une géométrie discrète

Une transformation amusante



1 \mapsto 2

2 \mapsto 3

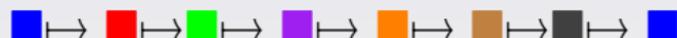
3 \mapsto 4

4 \mapsto 5

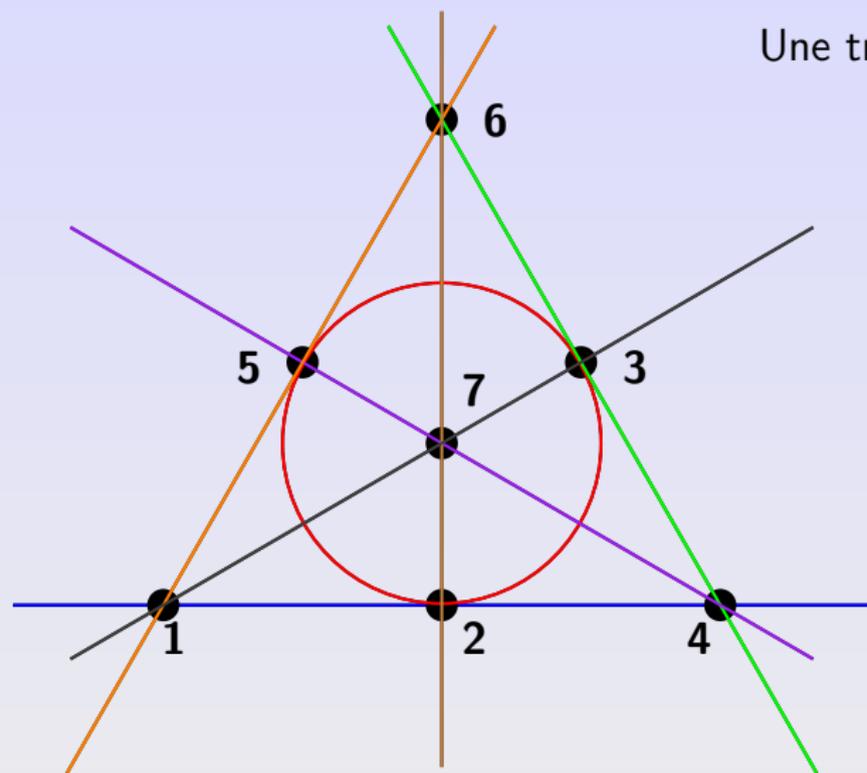
5 \mapsto 6

6 \mapsto 7

7 \mapsto 1



Une géométrie discrète



Une transformation amusante

$1 \mapsto 2$

$2 \mapsto 3$

$3 \mapsto 4$

$4 \mapsto 5$

$5 \mapsto 6$

$6 \mapsto 7$

$7 \mapsto 1$

Théorème. *Il y a 168 permutations de $\{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ qui préservent l'alignement.*

