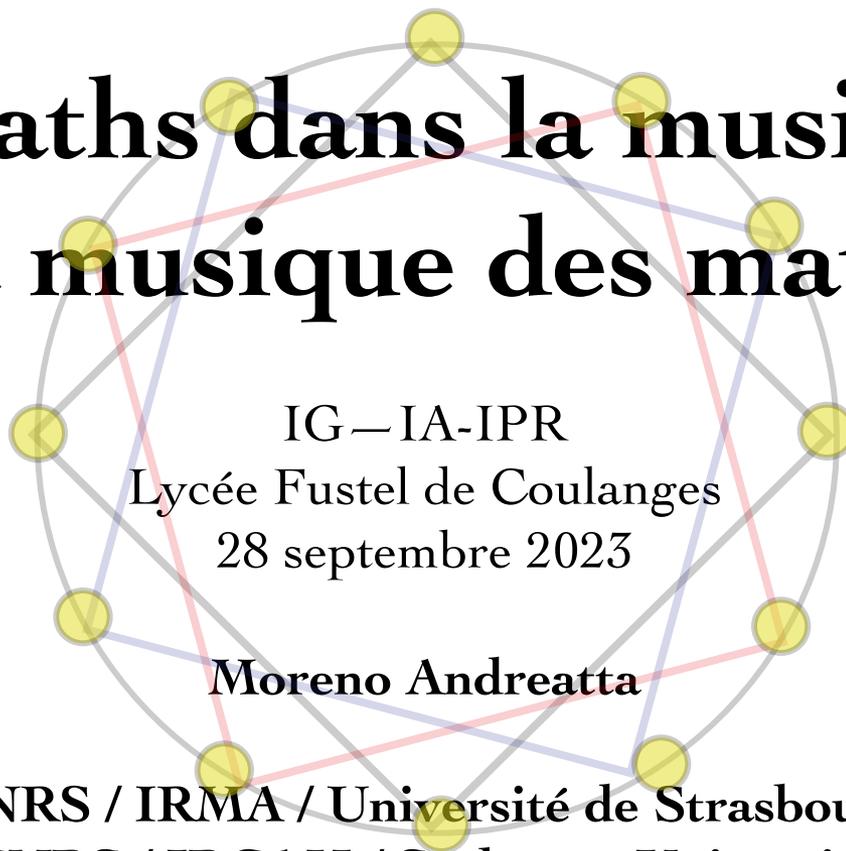


# Les maths dans la musique... ...la musique des maths !



IG—IA-IPR  
Lycée Fustel de Coulanges  
28 septembre 2023

Moreno Andreatta

CNRS / IRMA / Université de Strasbourg  
CNRS / IRCAM / Sorbonne Université

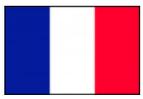
[www.morenoandreatta.com](http://www.morenoandreatta.com)

# Y a-t-il une musique dans $\pi$ ?

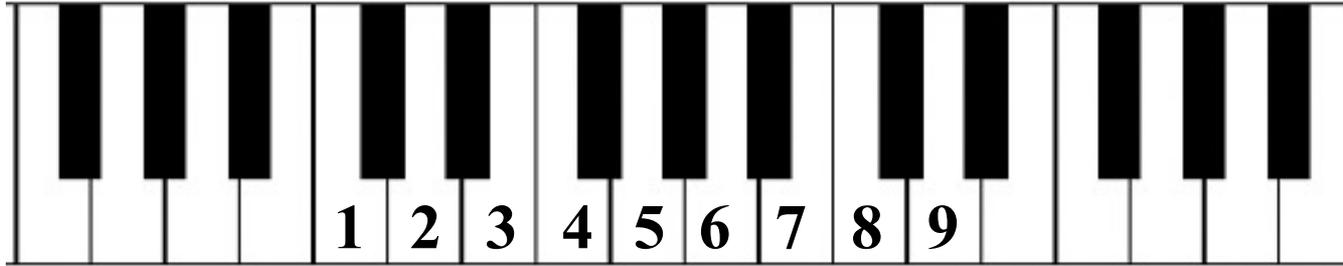
---

3,1415926535897932384626433832795028841971693993751...





# A Song for $\pi$



3,1415926535897932384626433832795028841971693993751... P.A.C.E.

*Song for  $\pi$  (M. Andreatto, 2021)*

trois un quatre un cinq neuf deux six cinq tre cinque otto  
 nove sette nove tre due tre eight four six two six four three three eight three  
 two seven nine five (null) zwei acht acht vier eins  
 neun sieben eins (sechs) shist devieteh tri devieteh devieteh tri sim piatch oolin



# La musique entre, maths, physique et info

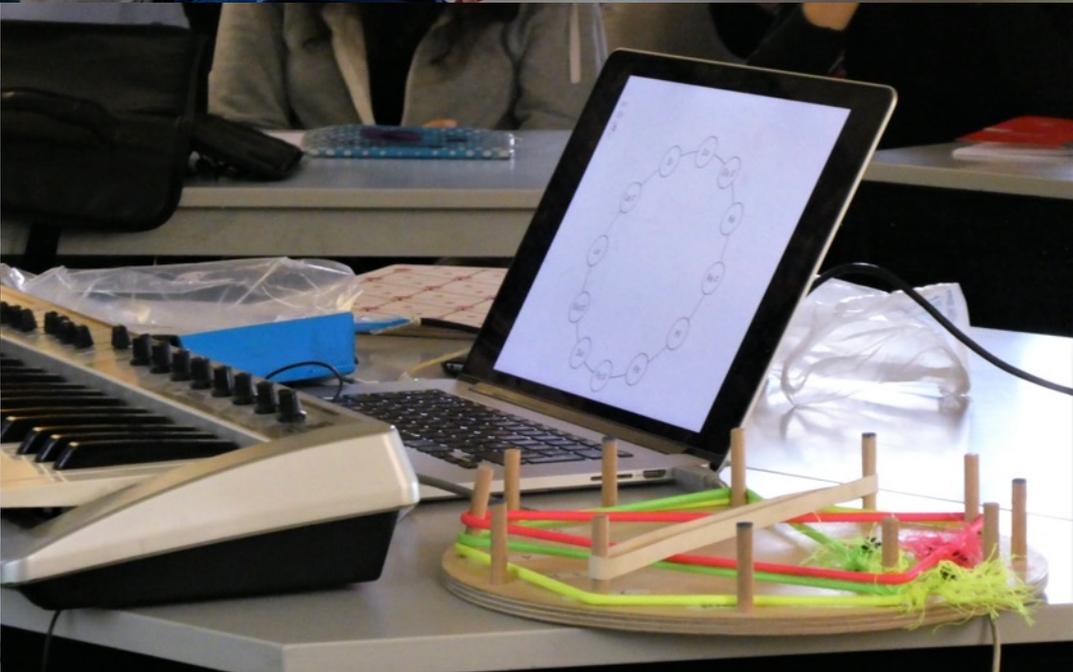
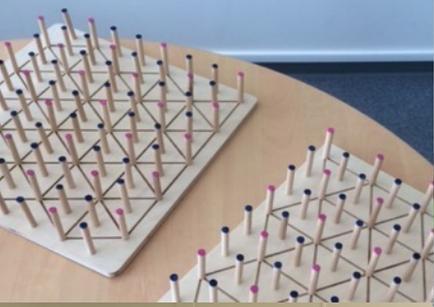


## « Mathémusique » dans le programme de l'Education Nationale

L'être humain perçoit le monde à l'aide de **signaux** dont certains sont de nature sonore. De l'Antiquité jusqu'à nos jours, il a combiné les sons de manière harmonieuse pour en faire un art, la musique, qui entretient des liens privilégiés avec **les mathématiques**. **L'informatique** permet aujourd'hui de numériser les sons et la musique. La compréhension des mécanismes auditifs s'inscrit dans une perspective d'éducation à la santé.

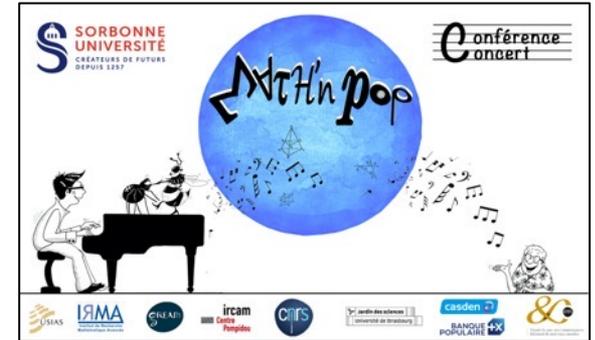
MATHÉMATIQUES,  
DESSINEZ-MOI  
LA MUSIQUE





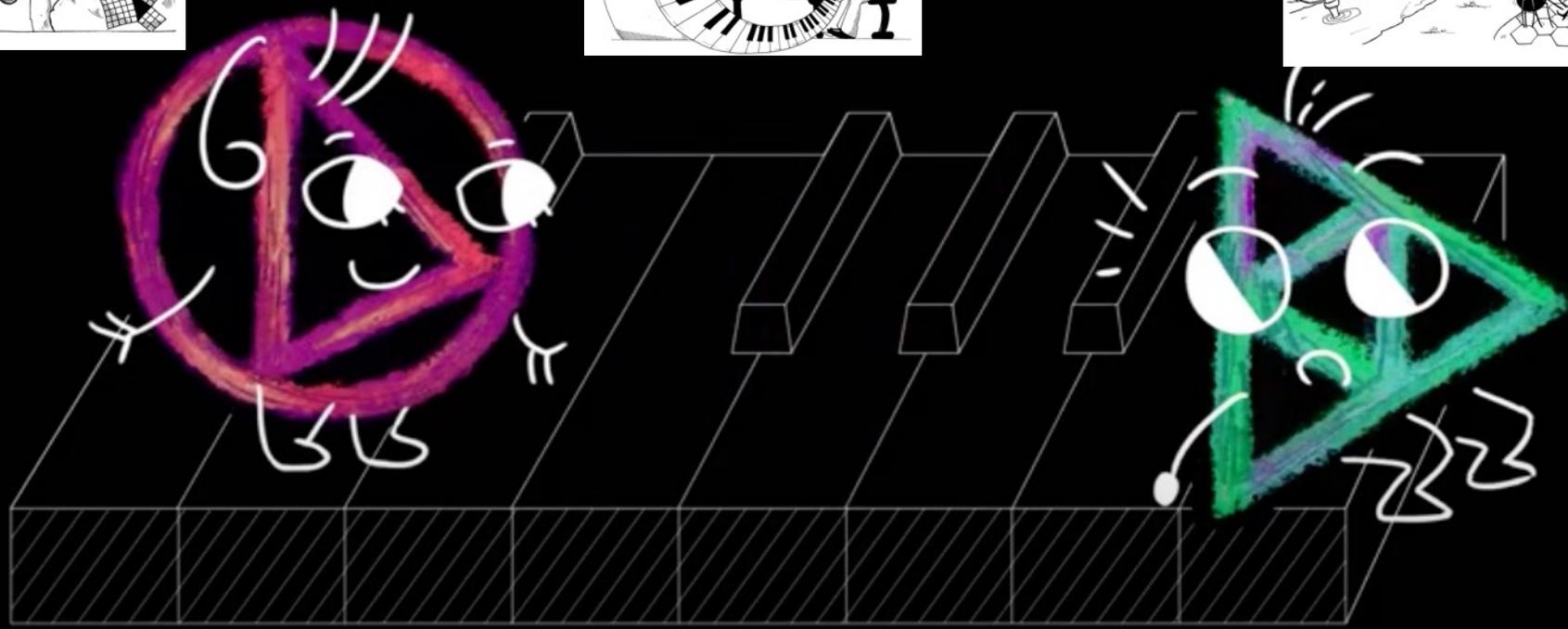
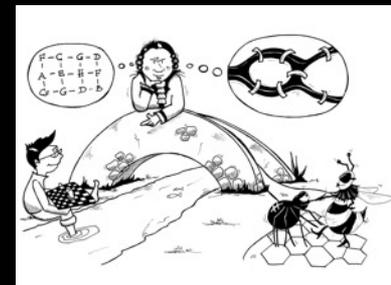
# Ateliers, conférences-concert et spectacle « Math'n Pop »

- Math'n Pop @ Bischwiller (Festival Alsasciences, 12 mai 2019)
- Math'n Pop @ Sorbonne (Ouverture de l'année des maths, 3 octobre 2019)
- Math'n Pop @ ISC (Festival ARTEX, 11 octobre 2019)
- Ateliers & Math'n Pop @ Amiens (6 mars 2020)
- Ateliers @ Mulhouse (Lycée Schweitzer, 6 octobre 2020)
- Ateliers @ Illkirch (Lycée Le Corbusier, 9 octobre 2020)
- Ateliers @ Paris (Lycée Arago, 7-8 octobre 2021)
- Ateliers @ Thann (Lycée Kestner, 9 novembre 2021)
- Ateliers & Math'n Pop @ Saint Briec (18 novembre 2021)
- Ateliers @ Colmar (22 novembre 2021)
- Atelier (PAF) & Math'n Pop @ Lyon (19 mai 2022)
- Ateliers & conférence-concert « collective » @ Haguenau (10 mars 2023)





# La rencontre entre Mme le Cercle et M le Triangle



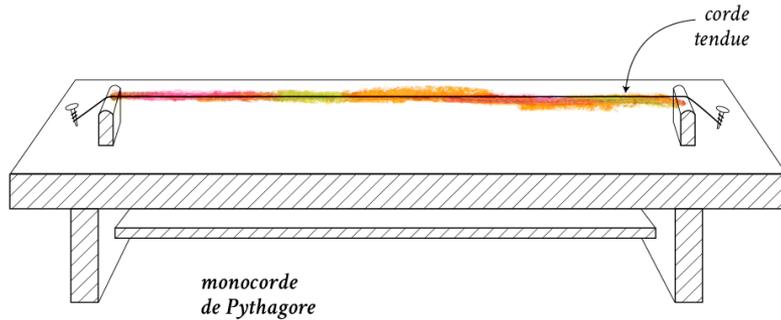
Musique et mathématiques - Histoire d'une rencontre

→ <https://video.math.cnrs.fr/musique-et-mathematiques/>

# Pythagore et le monocorde



# Les intervalles selon le monocorde



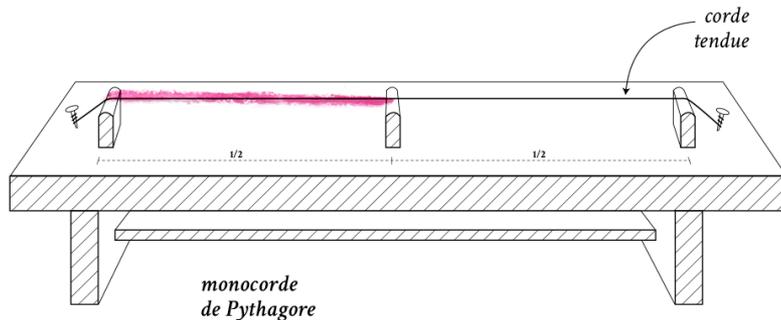
VOICI UNE NOTE

Le monocorde est un instrument contenant une unique corde tendue et une caisse de résonance.

Plus cette corde est courte, plus le son obtenu en la pinçant est aigu, car la **fréquence du son est inversement proportionnelle à la longueur de la corde.**

Ainsi, si le rapport de longueur de la corde est égal à 1 (comme ici), son rapport de fréquence sera égal à  $1/1$  donc 1 !

# Les intervalles selon le monocorde



Longueur  
de la corde

Rapport  
de fréquence

Intervalle  
correspondant

**1/2**

**2**

**OCTAVE**

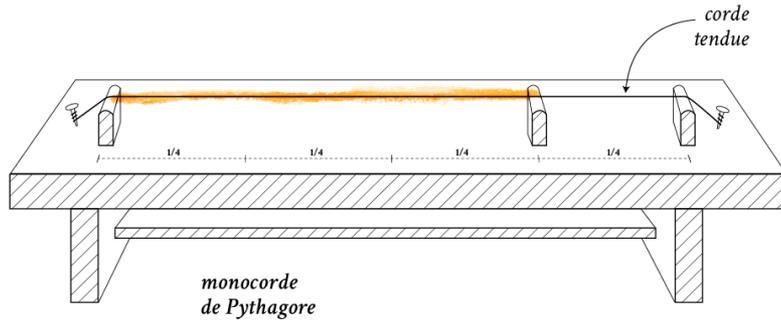
Le monocorde est un instrument contenant une unique corde tendue et une caisse de résonance.

Plus cette corde est courte, plus le son obtenu en la pinçant est aigu, car la **fréquence du son est inversement proportionnelle à la longueur de la corde.**

Ainsi, si le rapport de longueur de la corde est égal à 1 (comme ici), son rapport de fréquence sera égal à  $1/1$  donc 1 !

Si le rapport de longueur de la corde est égal à  $1/2$ , son rapport de fréquence sera égal à  $1/(1/2)$  donc 2, ce qu'on appelle l'intervalle d'**octave**

# Les intervalles selon le monocorde



Longueur  
de la corde

Rapport  
de fréquence

Intervalle  
correspondant

$3/4$

$4/3$

QUARTE

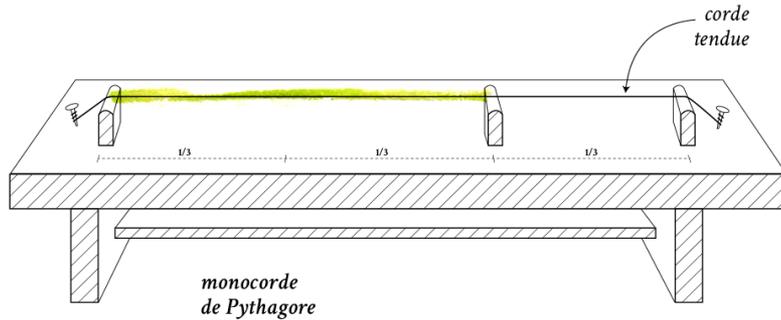
Le monocorde est un instrument contenant une unique corde tendue et une caisse de résonance.

Plus cette corde est courte, plus le son obtenu en la pinçant est aigu, car la **fréquence du son est inversement proportionnelle à la longueur de la corde.**

Ainsi, si le rapport de longueur de la corde est égal à 1 (comme ici), son rapport de fréquence sera égal à  $1/1$  donc 1 !

Si le rapport de longueur de la corde est égal à  $3/4$ , son rapport de fréquence sera égal à  $1/(3/4)$  donc  $4/3$ , ce qu'on appelle l'intervalle de **quarte.**

# Les intervalles selon le monocorde



Longueur  
de la corde

2/3

Rapport  
de fréquence

3/2

Intervalle  
correspondant

QUINTE

Le monocorde est un instrument contenant une unique corde tendue et une caisse de résonance.

Plus cette corde est courte, plus le son obtenu en la pinçant est aigu, car la **fréquence du son est inversement proportionnelle à la longueur de la corde.**

Ainsi, si le rapport de longueur de la corde est égal à 1 (comme ici), son rapport de fréquence sera égal à  $1/1$  donc 1 !

Si le rapport de longueur de la corde est égal à  $2/3$ , son rapport de fréquence sera égal à  $1/(2/3)$  donc  $3/2$ , ce qu'on appelle l'intervalle de **quinte.**

# Travaux pratiques sur les intervalles

Flyer disponible à l'adresse :

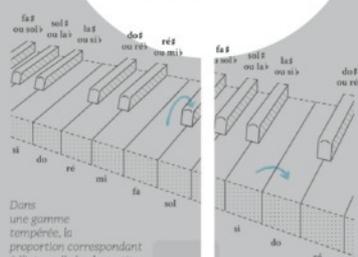
[http://repmus.ircam.fr/media/moreno/depliant\\_atelier\\_impression.pdf](http://repmus.ircam.fr/media/moreno/depliant_atelier_impression.pdf)

**QUELQUES NOTIONS**

La rapport de fréquence correspondant à cette longueur de corde et l'intervalle qui y est associé sont :

2 octave

Dans une gamme tempérée, la proportion correspondant à l'intervalle le plus petit (un demi-ton) est égale à :



**LE SYSTÈME CIRCULAIRE**

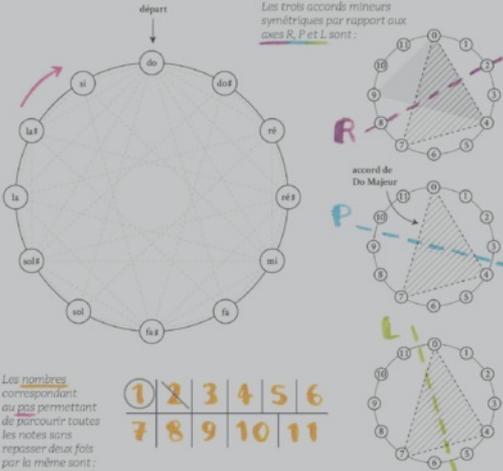
D'après les intervalles de Pythagore, les rapports de fréquence correspondant à ces notes sont égaux à :

DO (grave)	1
RÉ	
MI	
FA	
SOL	3/2
LA	
SI	
DO (aigu)	2

Les nombres correspondant au pas permettant de parcourir toutes les notes sans repasser deux fois par la même sont :

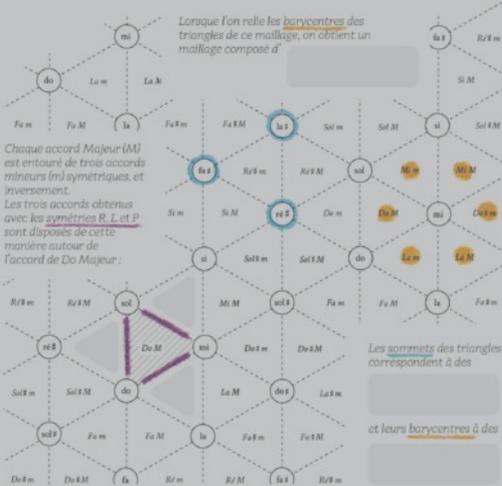
1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	

Les trois accords mineurs symétriques par rapport aux axes R, P et L sont :



**LE SYSTÈME TONNETZ**

Lorsque l'on relie les barycentres des triangles de ce maillage, on obtient un maillage composé d' :



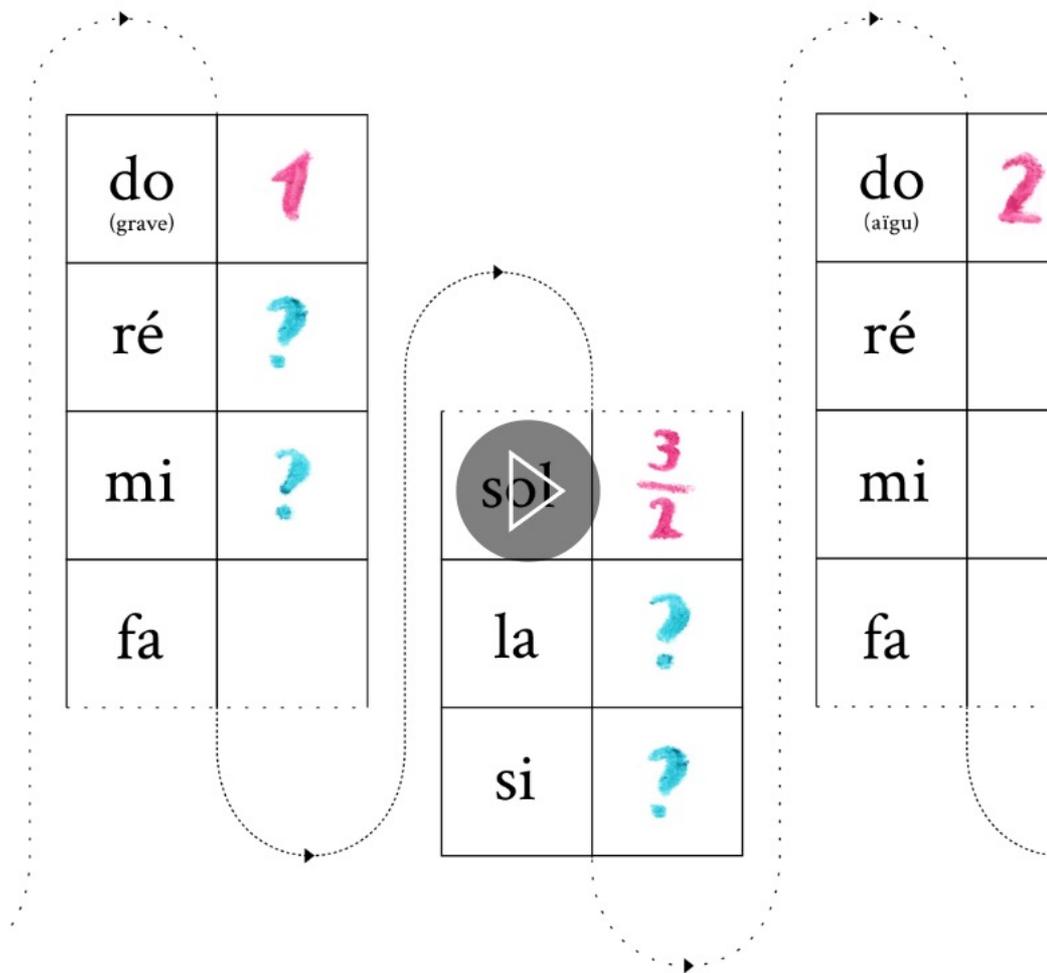
Chaque accord Majeur (M) est entouré de trois accords mineurs (m) symétriques, et inversement. Les trois accords obtenus avec les symétries R, L et P sont disposés de cette manière autour de l'accord de Do Majeur :

Les sommets des triangles correspondent à des :  
et leurs barycentres à des :

Après avoir mesuré la longueur des segments de corde colorés par rapport à la longueur totale de la corde, en déduire le rapport de fréquence qui y correspond

**Comment construire une gamme à partir de la  
quinte (juste) ?**

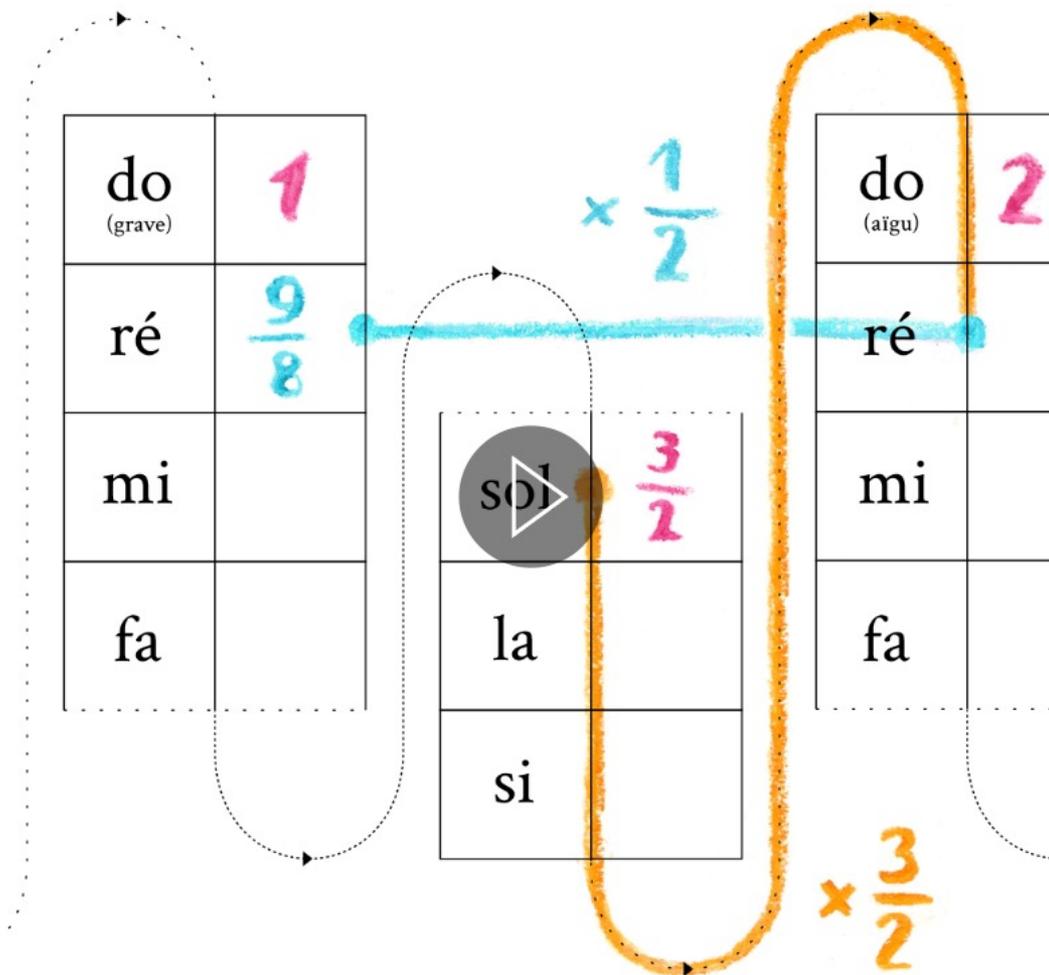
# De quinte en quinte...



Calculer des puissances et des quotients en lien avec le **cycle des quintes**.

Mettre en place un raisonnement mathématique pour prouver que le cycle des quintes est infini.

# De quinte en quinte...



Calculer des puissances et des quotients en lien avec le **cycle des quintes**.

Mettre en place un raisonnement mathématique pour prouver que le cycle des quintes est infini.

# Travaux pratiques sur la gamme pythagoricienne

Flyer disponible à l'adresse :

[http://repmus.ircam.fr/media/moreno/depliant\\_atelier\\_impression.pdf](http://repmus.ircam.fr/media/moreno/depliant_atelier_impression.pdf)

**QUELQUES NOTIONS**

Le rapport de fréquence correspondant à cette longueur de corde et l'intervalle qui y est associé sont :

2 octave

D'après les intervalles de Pythagore, les rapports de fréquence correspondant à ces notes sont égaux à :

DO (grave)	1
RÉ	
MI	
FA	
SOL	3/2
LA	
SI	
DO (aigu)	2

Dans une gamme tempérée, la proportion correspondant à l'intervalle le plus petit (un demi-ton) est égale à :

**LE SYSTÈME CIRCULAIRE**

Les trois accords mineurs symétriques par rapport aux axes R, P et L sont :

accord de Do Majeur

Les nombres correspondant au pas permettant de parcourir toutes les notes sans repasser deux fois par la même sont :

1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	

**LE SYSTÈME TONNETZ**

Lorsque l'on relie les barycentres des triangles de ce maillage, on obtient un maillage composé d' :

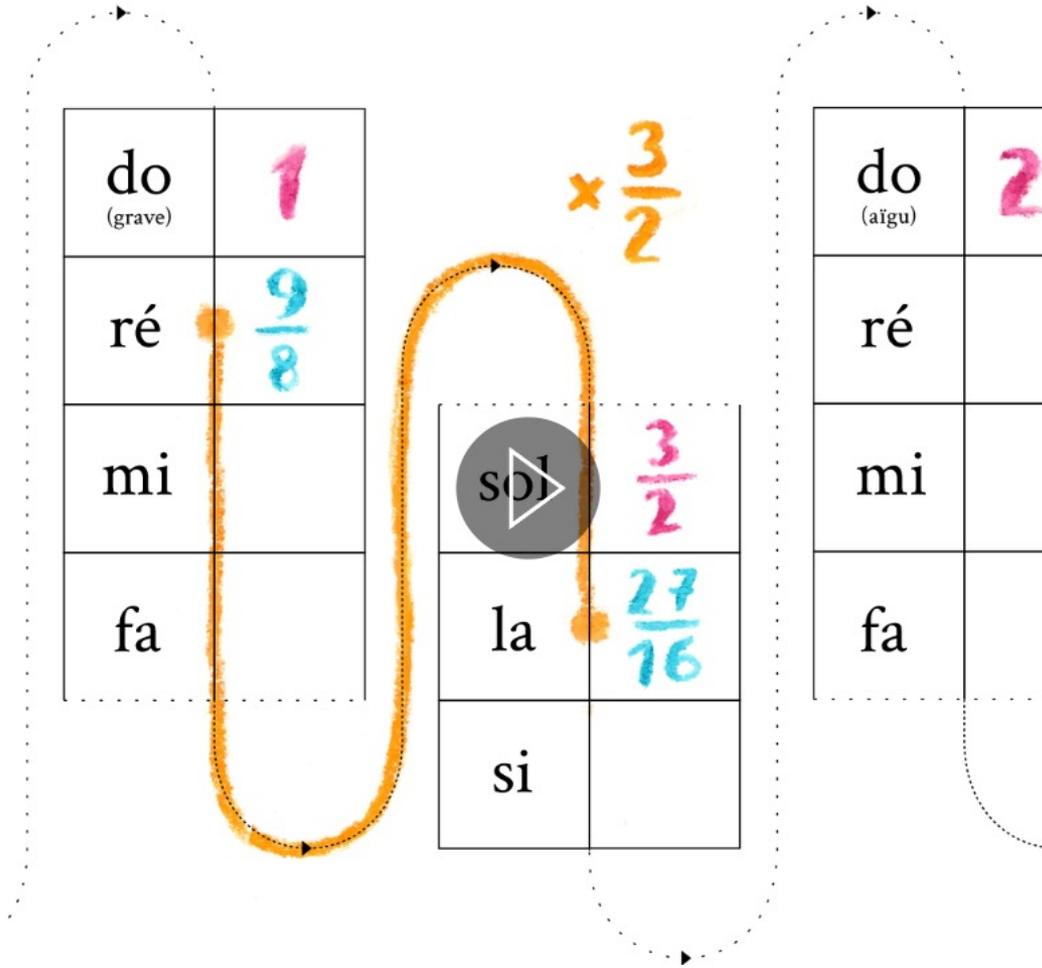
Chaque accord Majeur (M) est entouré de trois accords mineurs (m) symétriques, et inversement. Les trois accords obtenus avec les symétries R, L et P sont disposés de cette manière autour de l'accord de Do Majeur :

Les sommets des triangles correspondent à des :

et leurs barycentres à des :

D'après l'intervalle de quinte de Pythagore, calculer les rapports de fréquence des différentes notes de la gamme

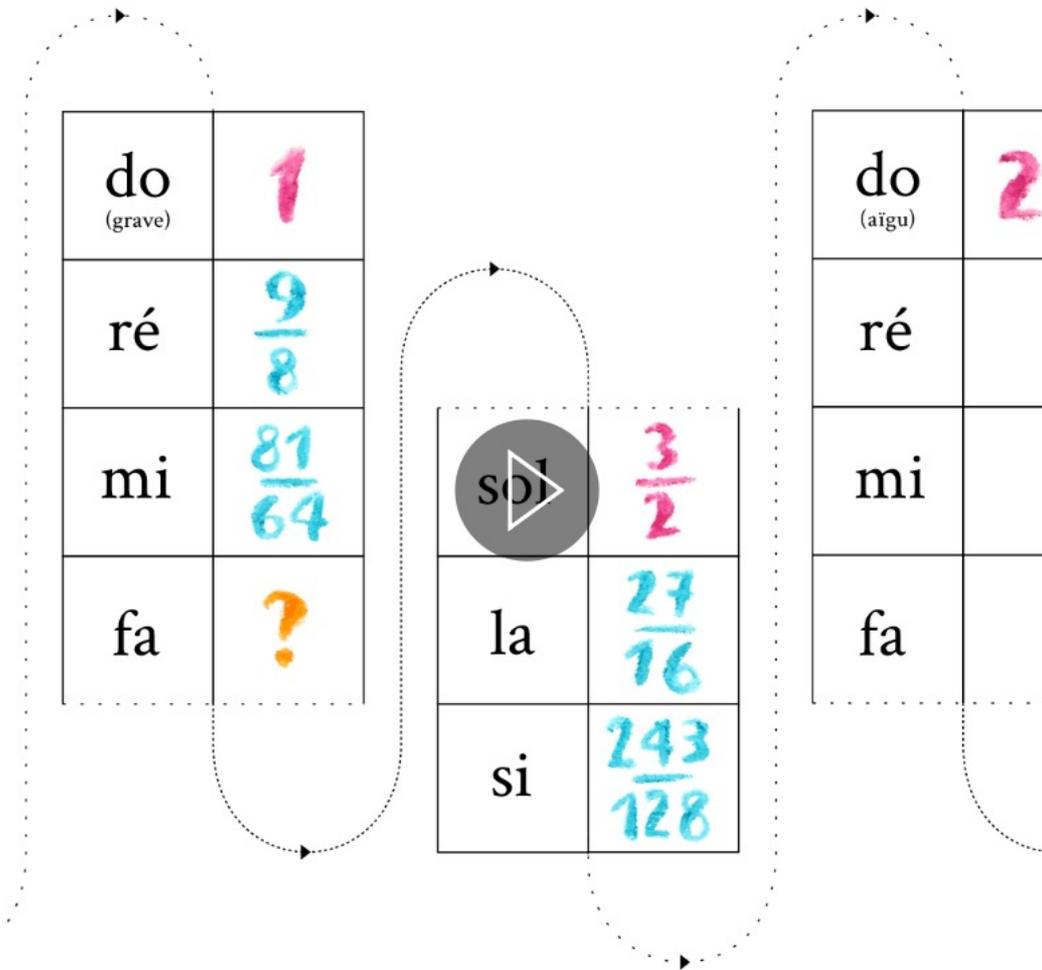
# Le cycle des quintes et la gamme pythagoricienne



Calculer des puissances et des quotients en lien avec le cycle des quintes.

Mettre en place un raisonnement mathématique pour prouver que le cycle des quintes est infini.

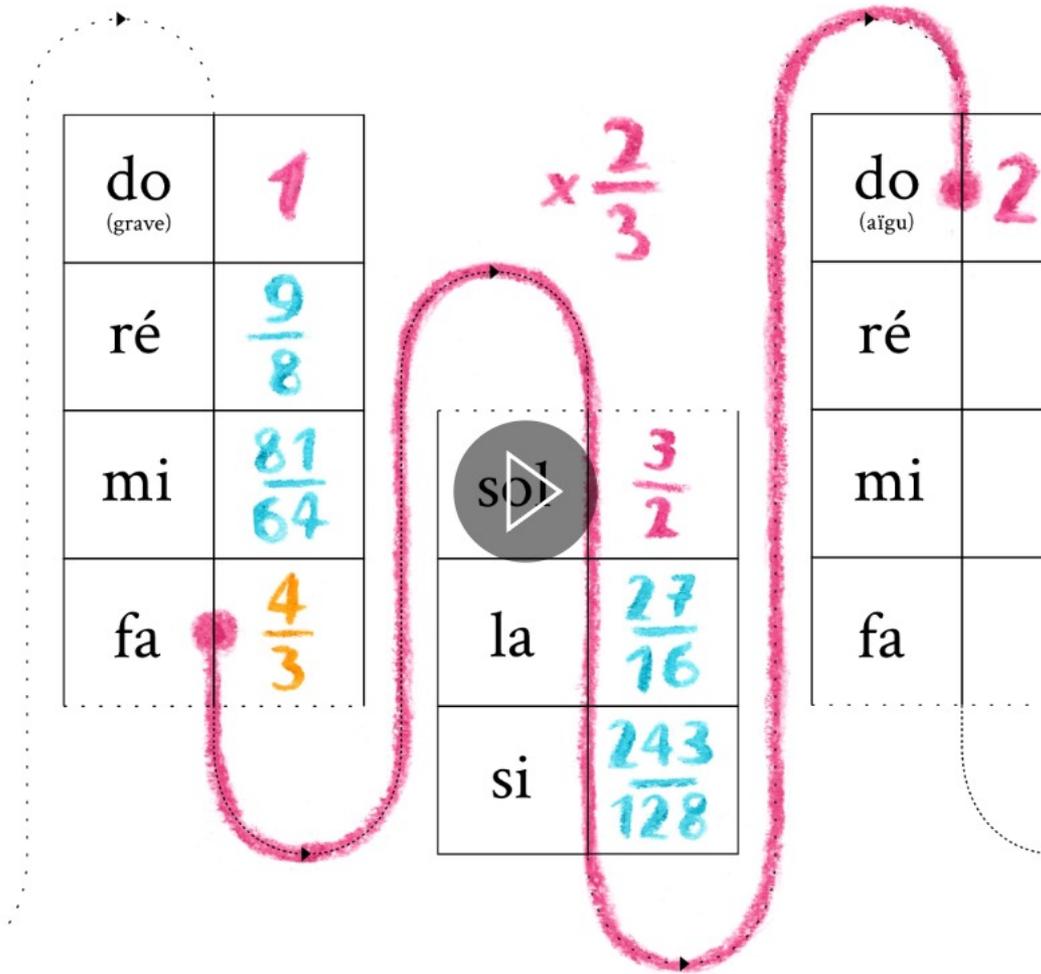
# Le cycle des quintes et la gamme pythagoricienne



Calculer des puissances et des quotients en lien avec le cycle des quintes.

Mettre en place un raisonnement mathématique pour prouver que le cycle des quintes est infini.

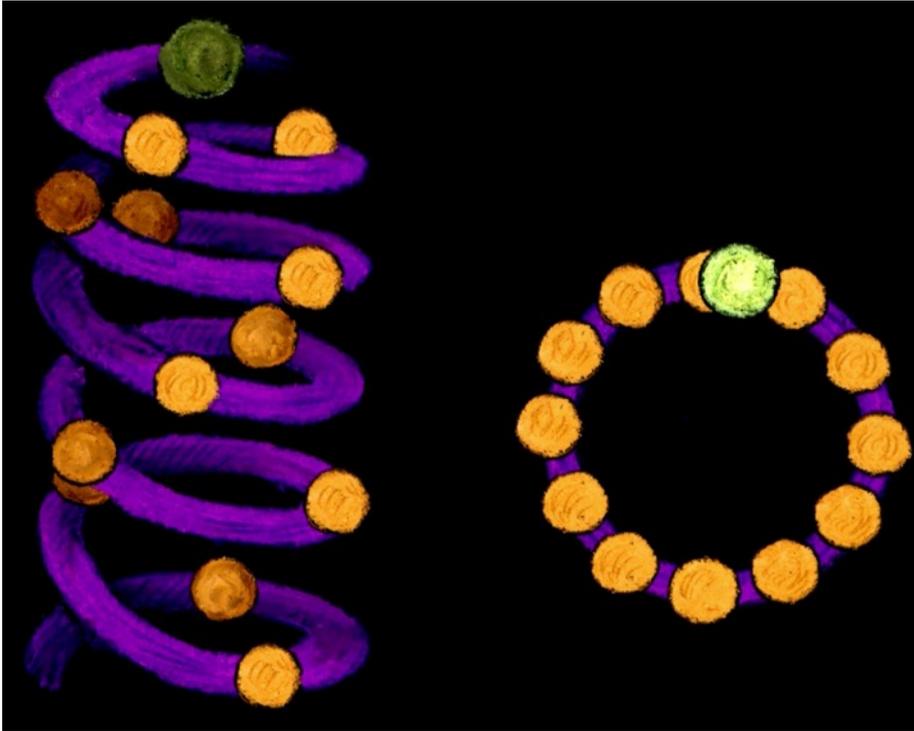
# Le cycle des quintes et la gamme pythagoricienne



Calculer des puissances et des quotients en lien avec le cycle des quintes.

Mettre en place un raisonnement mathématique pour prouver que le cycle des quintes est infini.

# De quinte en quinte... à l'infini !



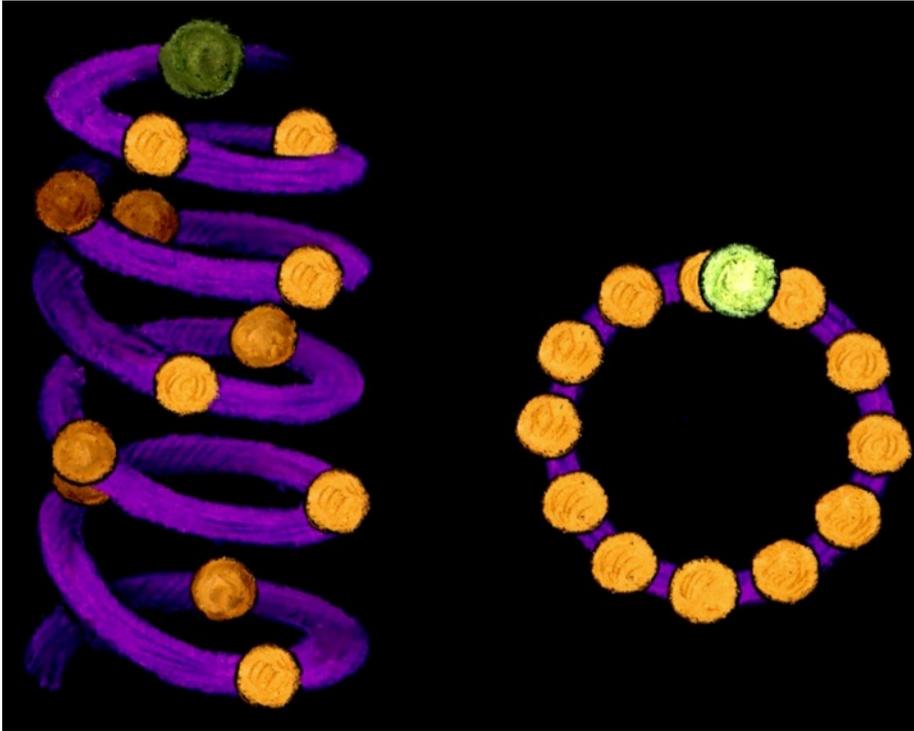
Calculer des puissances et des quotients en lien avec le **cycle des quintes**.

Mettre en place un raisonnement

mathématique pour

**prouver que le cycle des quintes est infini.**

# De quinte en quinte... à l'infini !

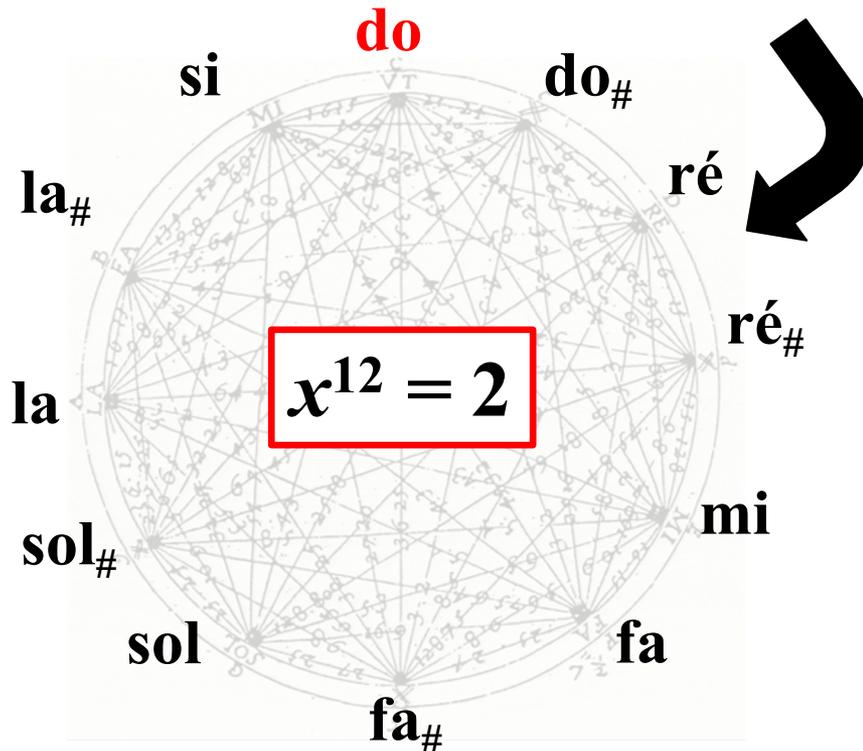
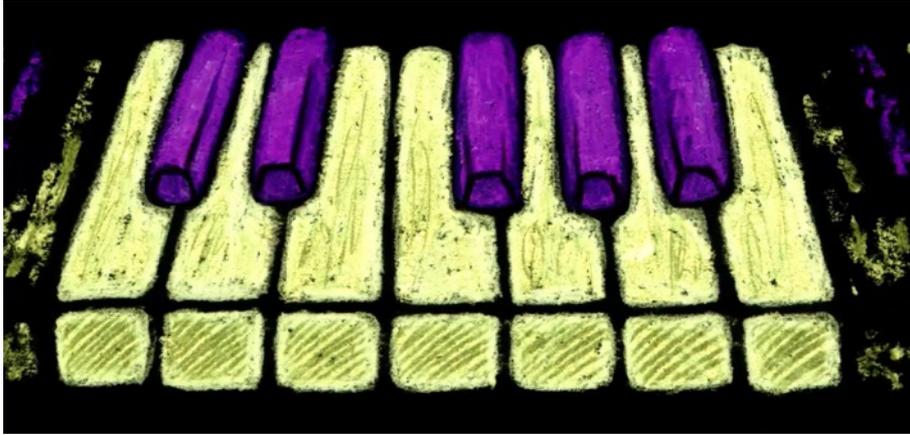


La preuve par l'absurde : supposons qu'un multiple de la quinte est égal à un multiple de l'octave et montrons que cela conduit à une contradiction.

Calculer des puissances et des quotients en lien avec le cycle des quintes.  
Mettre en place un raisonnement mathématique pour prouver que le cycle des quintes est infini.

De la spirale au cercle chromatique

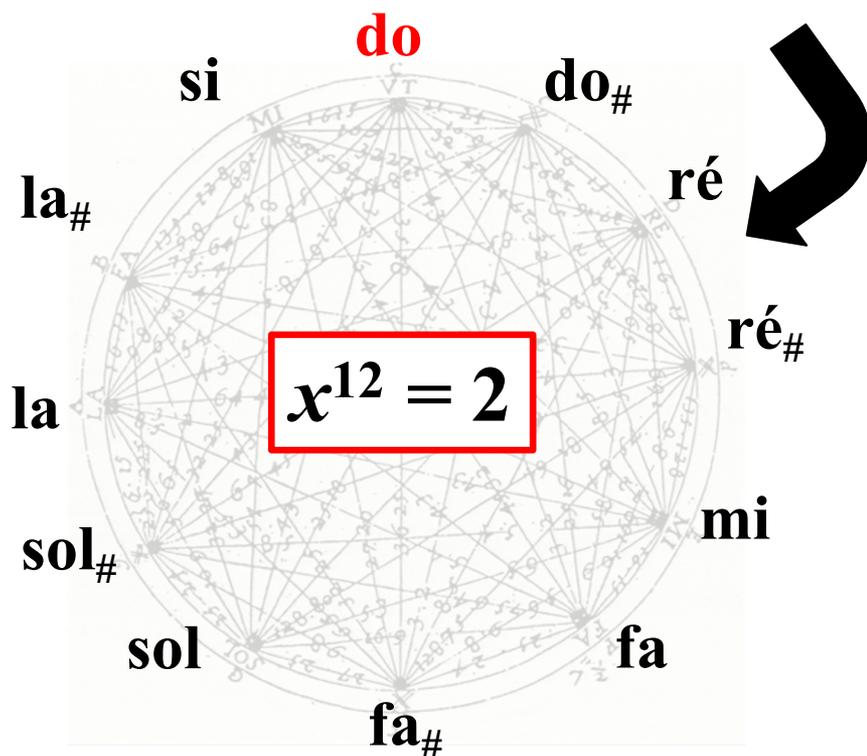
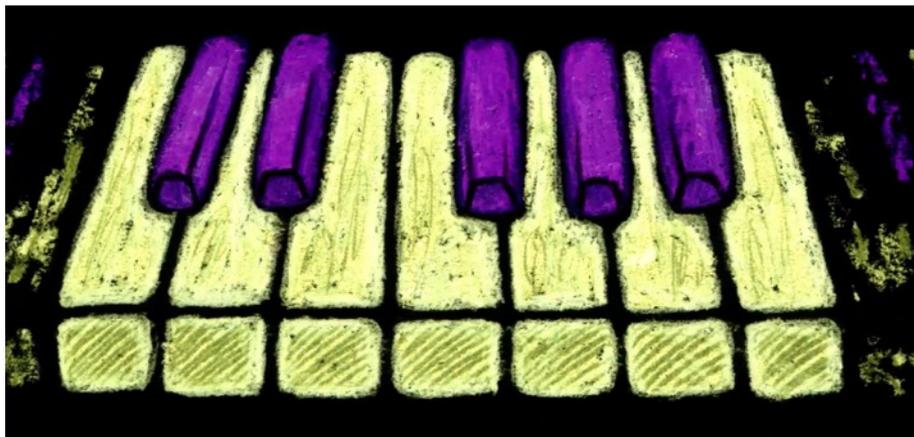
# Le tempérament égal : un compromis « combinatoire »



La connaissance des nombres irrationnels a permis, au XVII<sup>e</sup> siècle, de construire des gammes à intervalles égaux.

L'introduction des gammes « au tempérament égal » permet de comprendre en quoi la découverte des nombres irrationnels a des applications en dehors du champ mathématique.

# Le tempérament égal : un compromis « combinatoire »

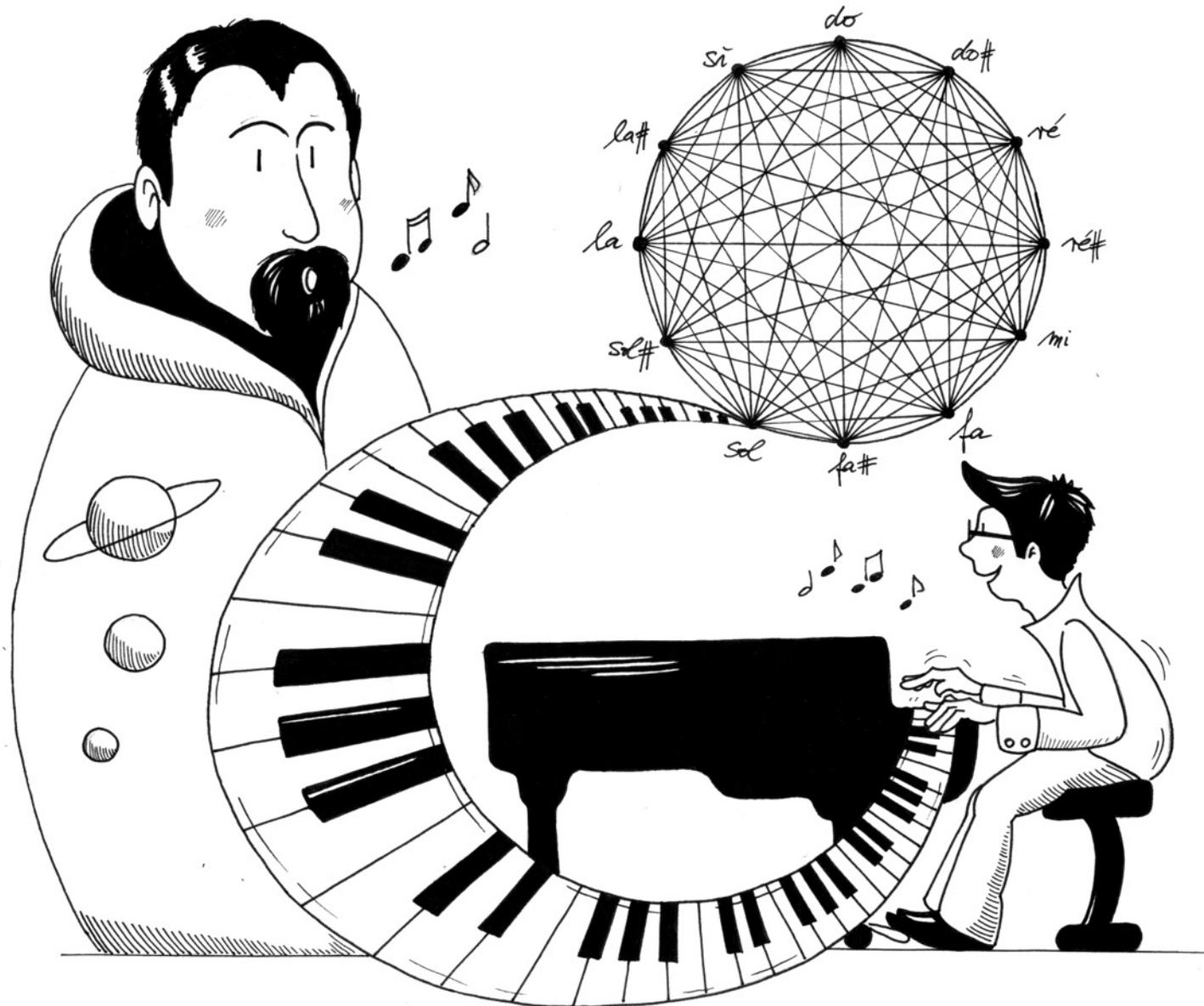


La connaissance des nombres irrationnels a permis, au XVII<sup>e</sup> siècle, de construire des gammes à intervalles égaux.

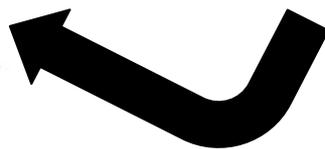
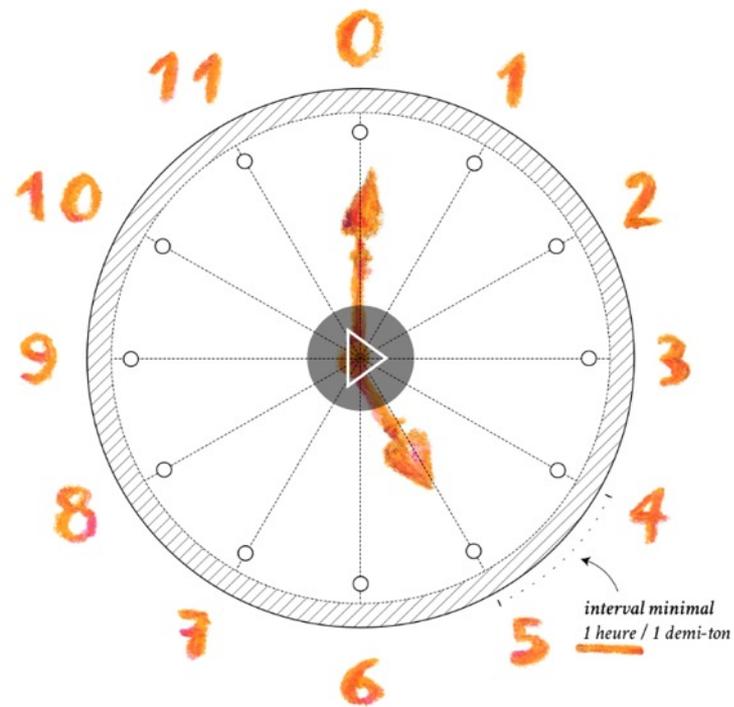
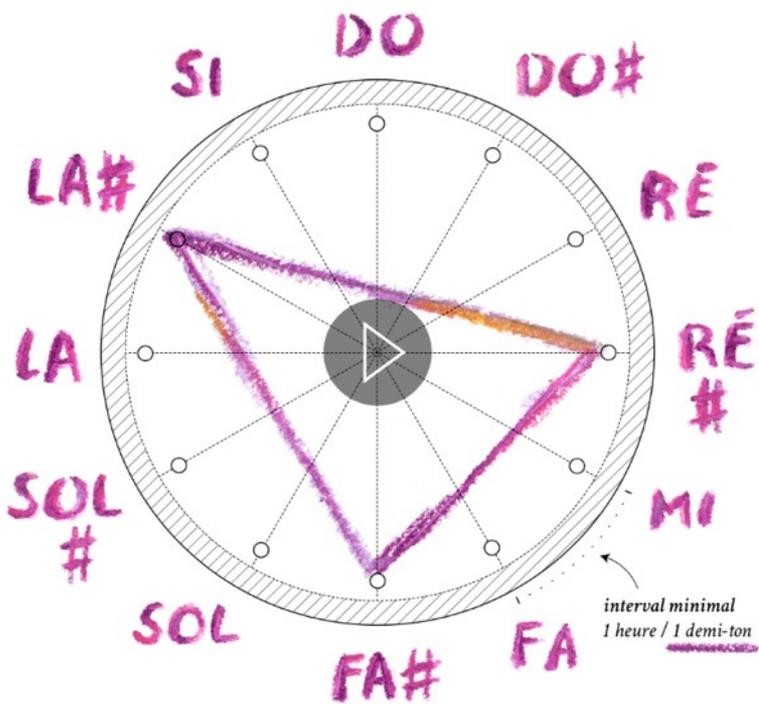
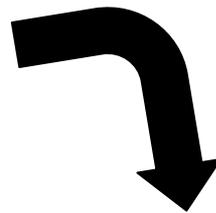
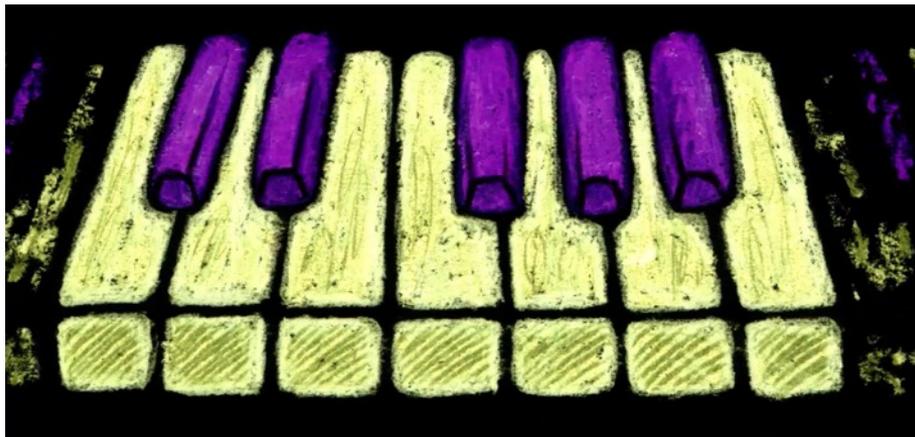
L'introduction des gammes « au tempérament égal » permet de comprendre en quoi la découverte des nombres irrationnels a des applications en dehors du champ mathématique.

Utiliser la racine douzième de 2 pour partager l'octave en douze intervalles égaux.

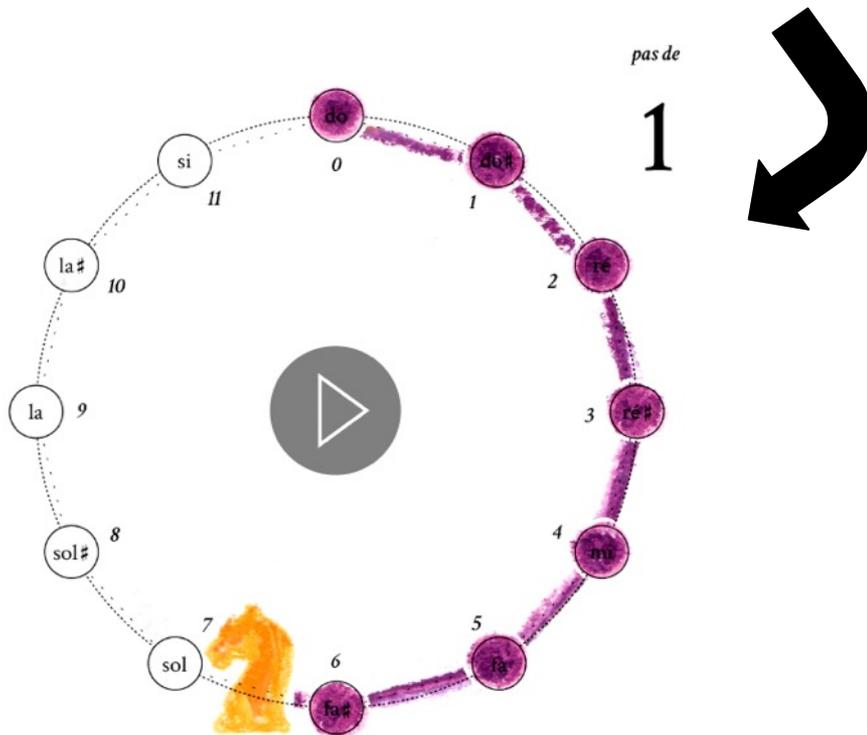
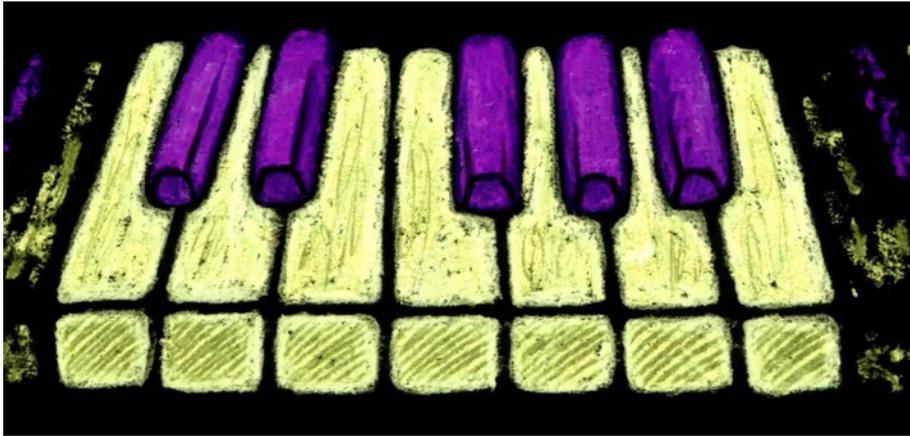
# Mersenne et l'invention de la combinatoire



# Le cadran d'horloge musical et les accords



# Intervalles générateurs du tempérament égal

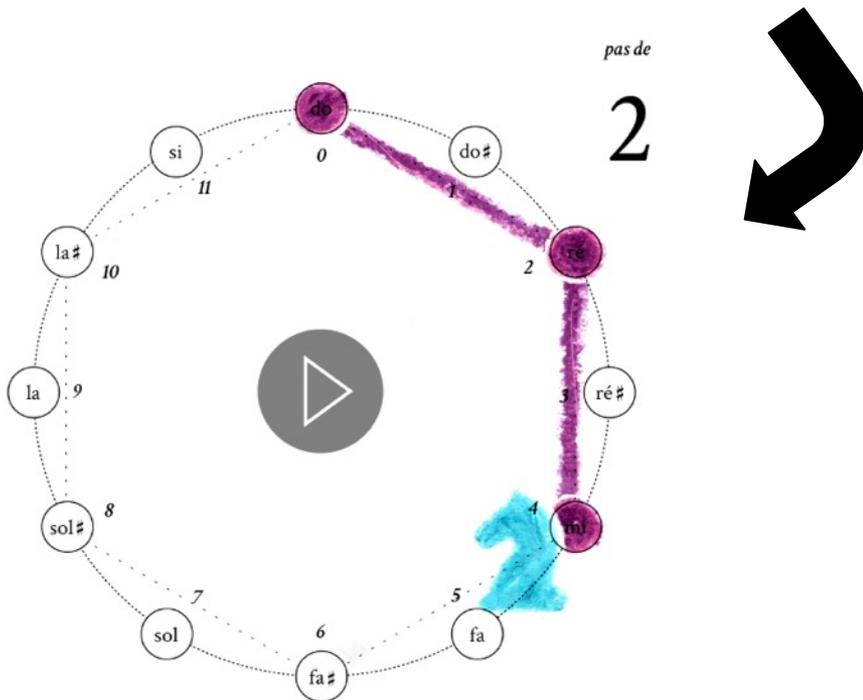
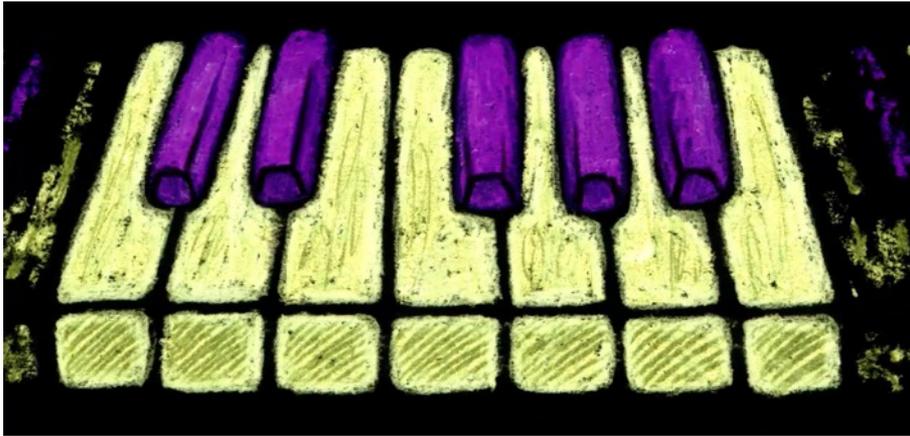


Avec quel pas peut-on engendrer toutes les notes de la gamme tempérée ?

Sans doute ça marche avec le demi-ton donc à pas de 1 car cet intervalle  $x$  correspond précisément à la racine douzième de 2 et :

$$x^{12} = 2$$

# Intervalles générateurs du tempérament égal



Avec quel pas peut-on engendrer toutes les notes de la gamme tempérée ?

Avec l'intervalle de **ton** ça ne marche pas car au bout de 6 répétitions on retombe sur l'octave et donc on boucle sans pouvoir engendrer les autres notes de la gamme.

# Intervalleurs générateurs du tempérament égal

Flyer disponible à l'adresse :

[http://repmus.ircam.fr/media/moreno/depliant\\_atelier\\_impression.pdf](http://repmus.ircam.fr/media/moreno/depliant_atelier_impression.pdf)

### QUELQUES NOTIONS

Le rapport de fréquence correspondant à cette longueur de corde et l'intervalle qui y est associé sont :

2 octave

Dans une gamme tempérée, la proportion correspondant à l'intervalle le plus petit (un demi-ton) est égale à :

### LE SYSTÈME CIRCULAIRE

D'après les intervalles de Pythagore, les rapports de fréquence correspondant à ces notes sont égaux à :

DO (grave)	1
RÉ	
MI	
FA	
SOL	3/2
LA	
SI	
DO (aigu)	2

Les nombres correspondant au pas permettant de parcourir toutes les notes sans repasser deux fois par la même sont :

1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	

Les trois accords mineurs symétriques par rapport aux axes R, P et L sont :

### LE SYSTÈME TONNETZ

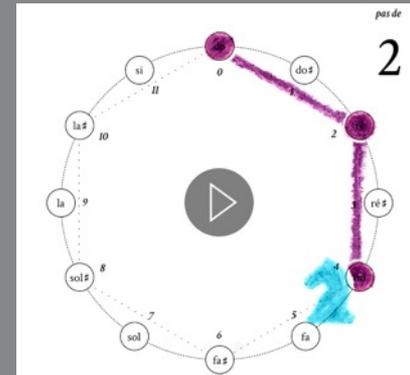
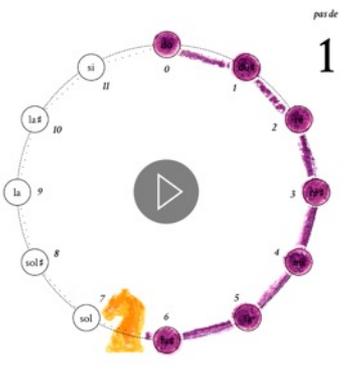
Lorsque l'on relie les barycentres des triangles de ce maillage, on obtient un maillage composé d' :

Chaque accord Majeur (M) est entouré de trois accords mineurs (m) symétriques, et inversement. Les trois accords obtenus avec les symétries R, L et P sont disposés de cette manière autour de l'accord de Do Majeur :

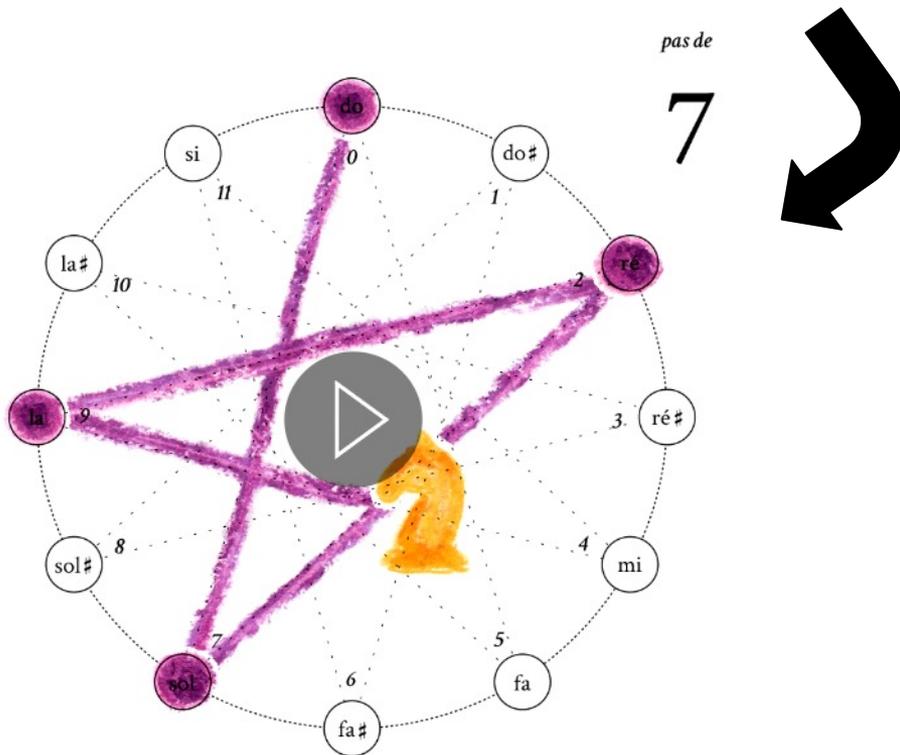
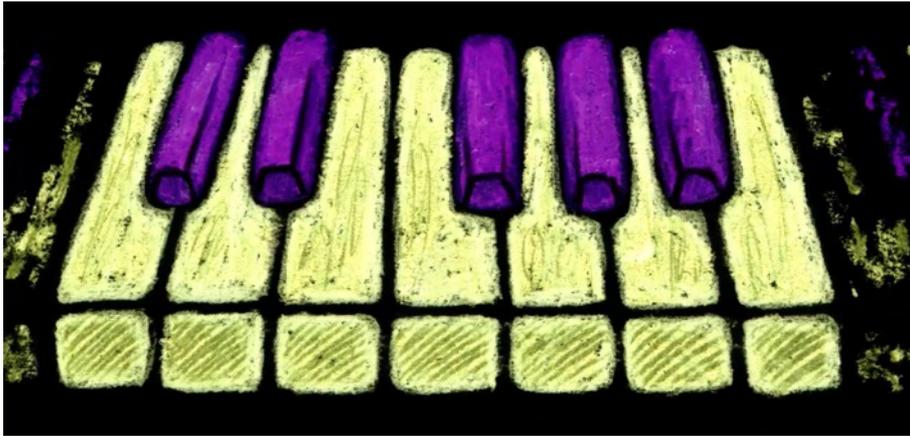
Les sommets des triangles correspondent à des :

et leurs barycentres à des :

En utilisant le cercle dessiné sur le dépliant, trouvez quels nombres permettent au cavalier de parcourir toutes les notes et revenir au point de départ



# Intervalles générateurs du tempérament égal

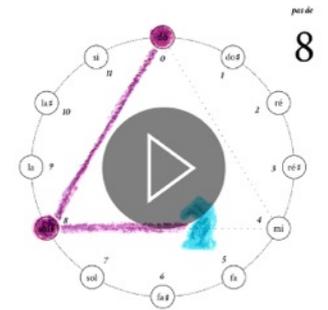
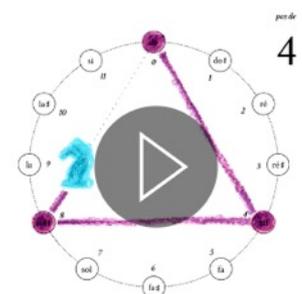
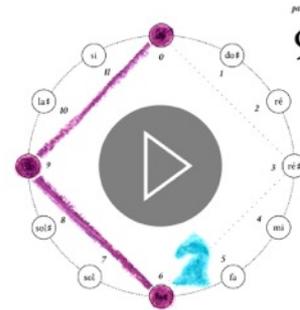
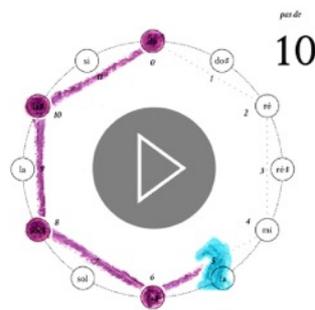
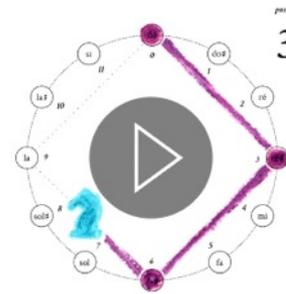
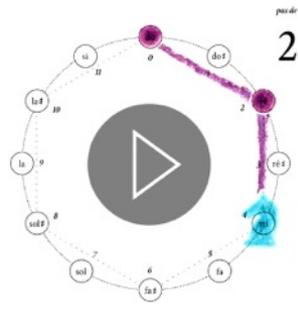
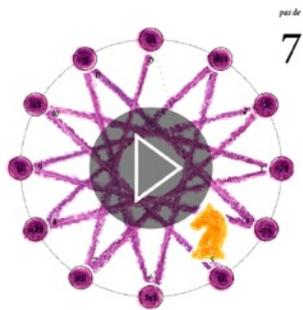
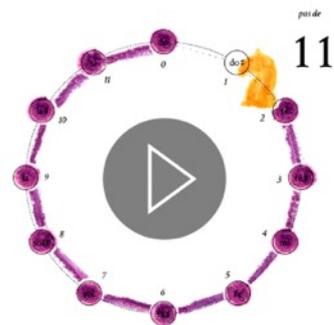
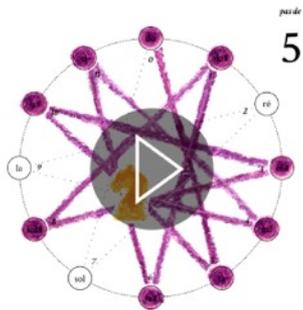
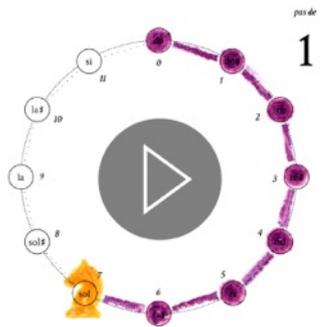


Avec quel pas peut-on engendrer toutes les notes de la gamme tempérée ?

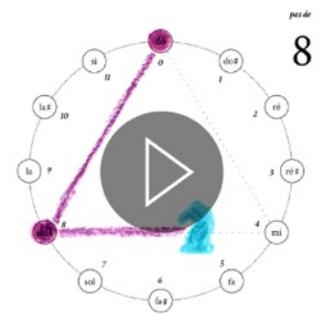
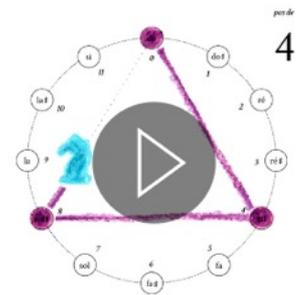
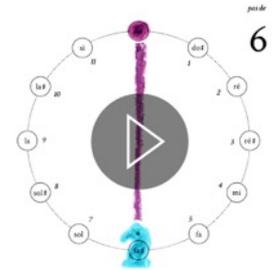
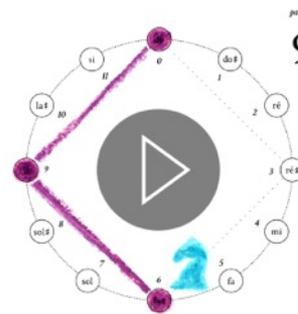
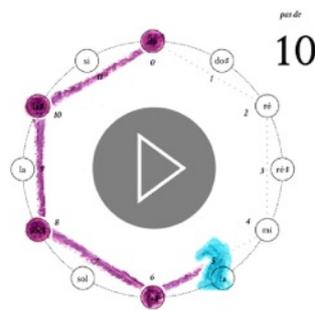
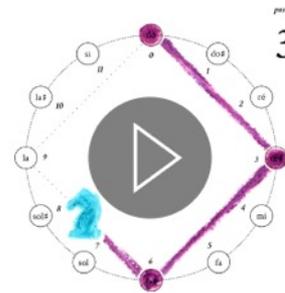
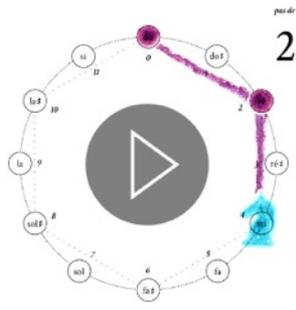
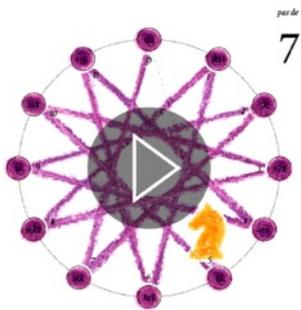
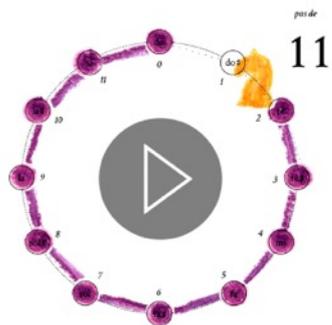
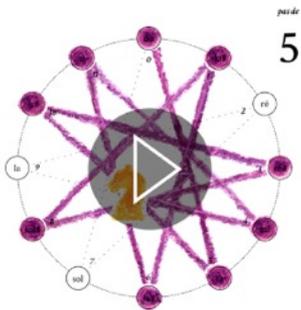
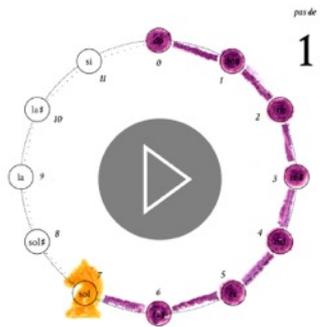
Ca marche avec l'intervalle de **quinte** car la spirale des quinte se renferme dans un cercle pour le tempérament égal.

Et les autres intervalles ?

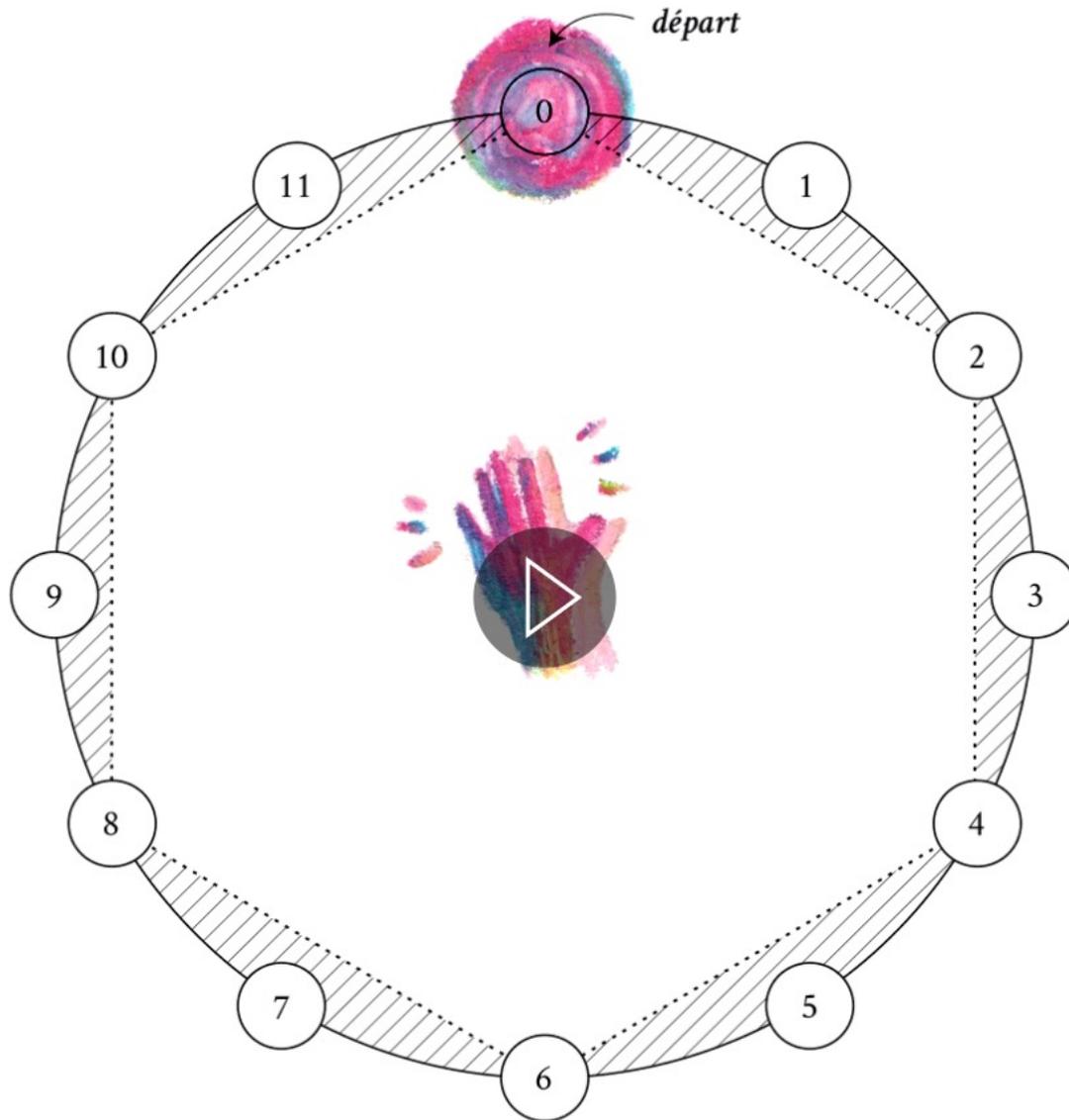
# Intervalles générateurs du tempérament égal



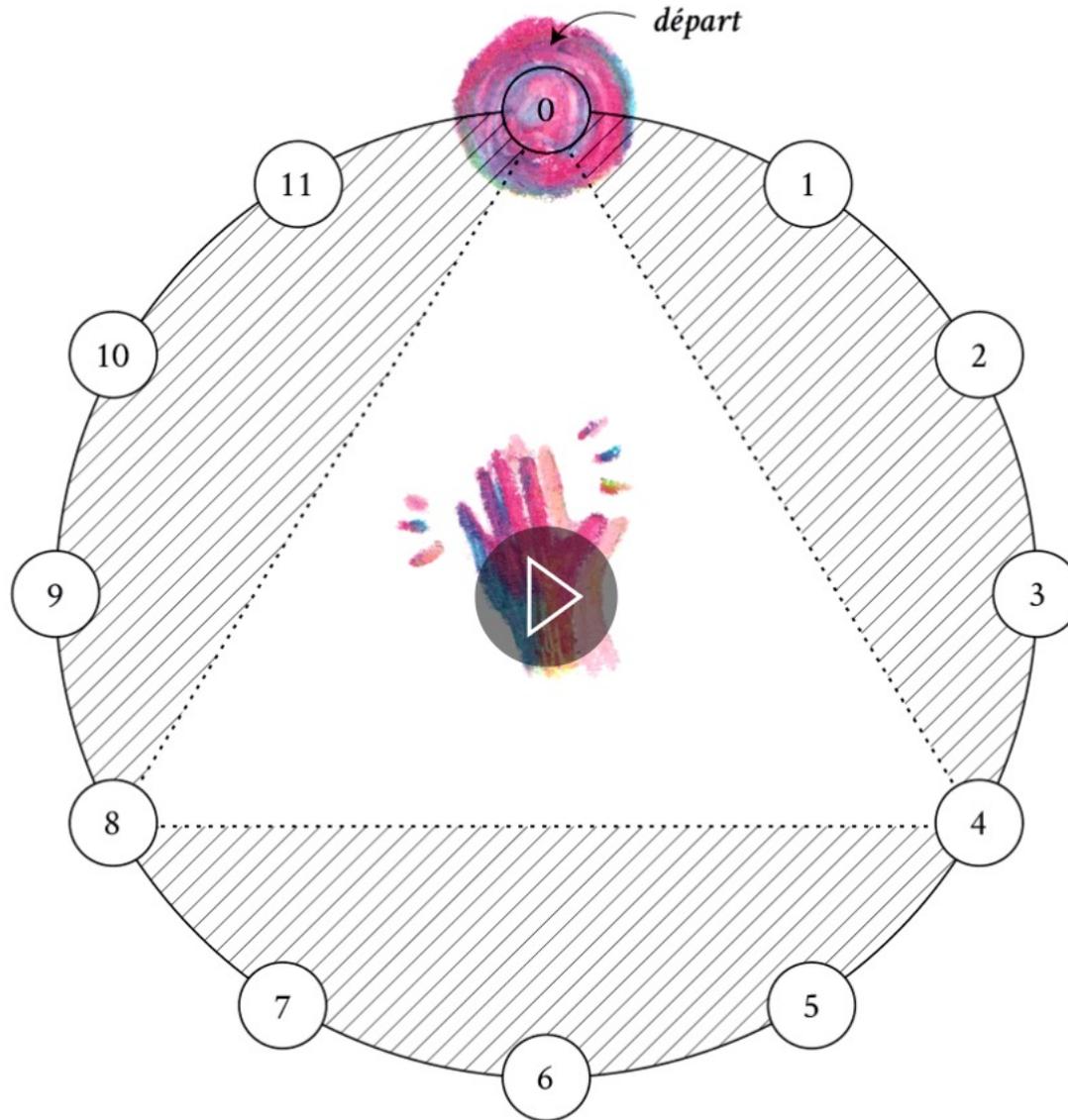
# Intervalles générateurs du tempérament égal



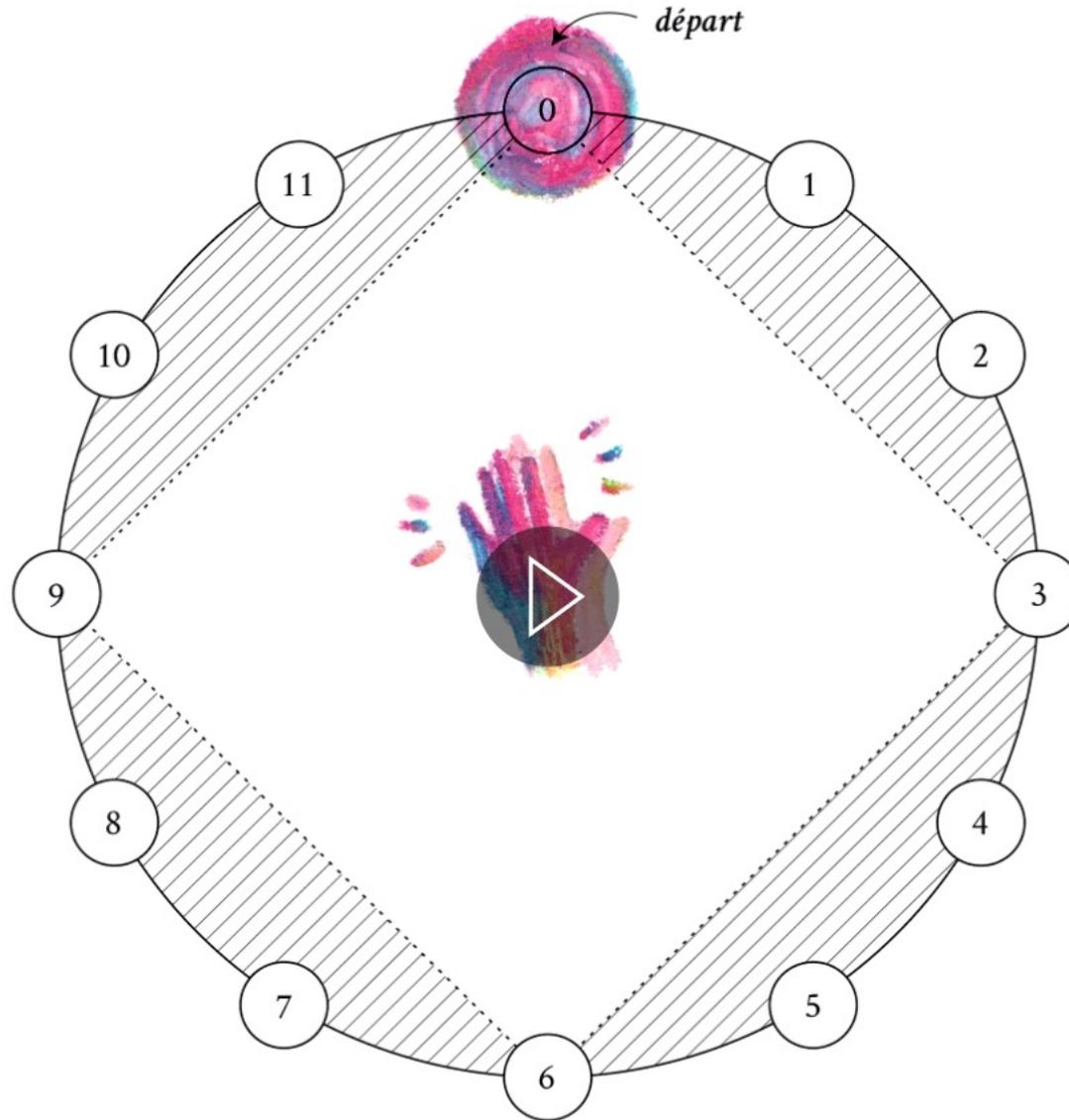
# La représentation circulaire du rythme



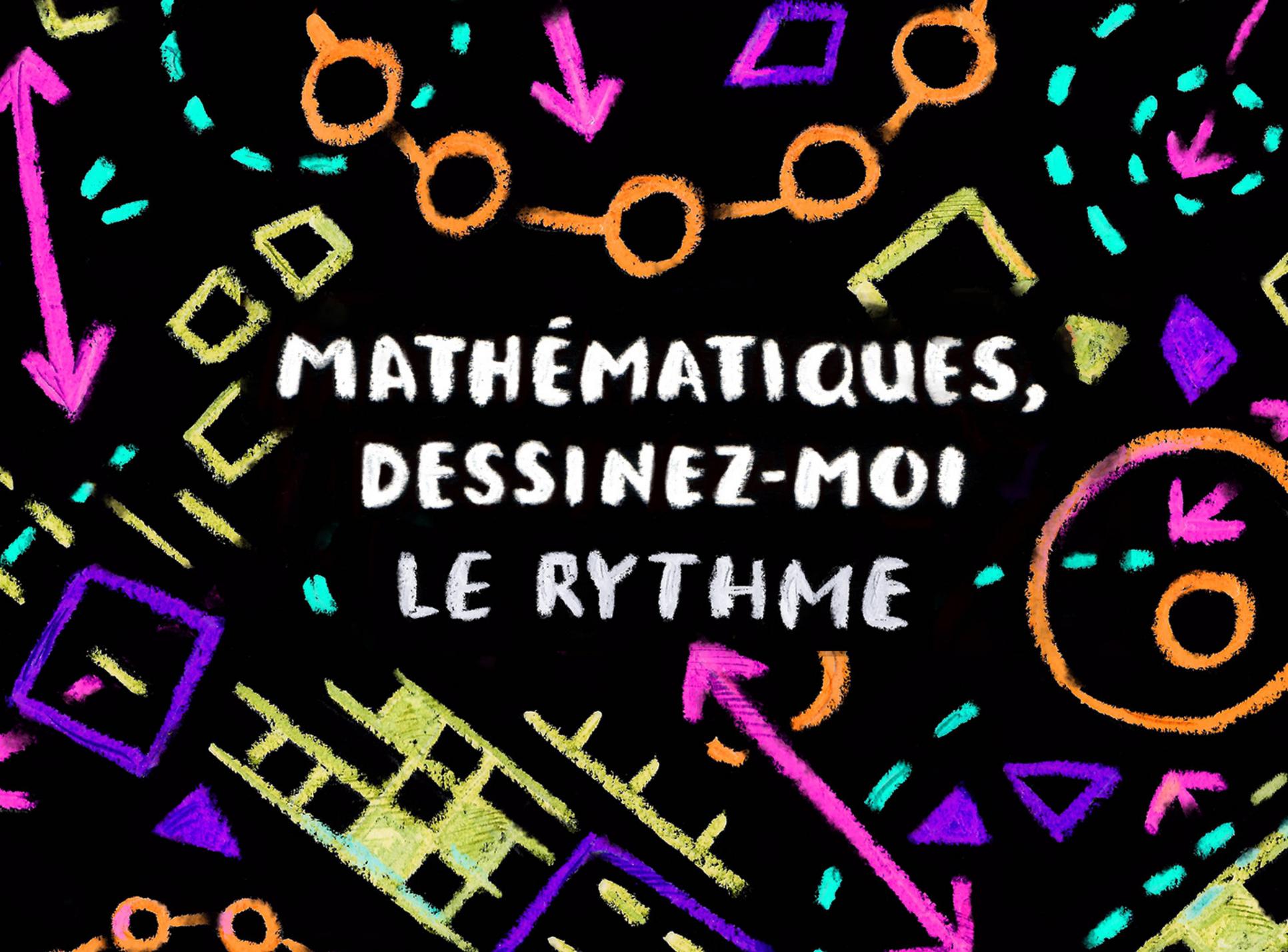
# La représentation circulaire du rythme



# La représentation circulaire du rythme







MATHÉMATIQUES,  
DESSINEZ-MOI  
LE RYTHME



# De la notation tubulaire à la représentation circulaire

Flyer disponible à l'adresse :

[http://repmus.ircam.fr/\\_media/moreno/depliant-rythme\\_impression.pdf](http://repmus.ircam.fr/_media/moreno/depliant-rythme_impression.pdf)

**LE TEMPS SUR UNE LIGNE**  
notation classique et tubulaire

Les rythmes peuvent être décrits et représentés de diverses façons.

La notation classique nomme et représente les valeurs des notes de cette manière : →

Dans la notation tubulaire, une case remplie  est un son, une case vide  est un silence.

On peut définir une période (ou longueur du pattern rythmique) dans laquelle on inscrit des rythmes :

ronde  
blanche  
blanche pointée  
noire  
croche  
double croche

On peut inscrire ces rythmes dans un cercle. Chacun des rythmes ci-dessous révèle des formes :

hexagone

**LE TEMPS DANS UN CERCLE**  
représentation circulaire

Les touches noires et les touches blanches du piano apparaissent respectivement comme un pentagone et un heptagone inscrits dans le cercle.

Les deux rythmes sont

touche blanche  
touche noire

Selon le même principe, le *Treccillo* (donné par les nombres 1, 4, 7) et le *Cinquillo* (donné par les nombres 0, 2, 3, 5, 6) sont deux rythmes complémentaires (car ils ne partagent aucun temps d'attaque)

**REmplir LE TEMPS**  
canons rythmiques mosaïques

Dans ce canon rythmique, trois voix identiques décalées dans le temps se superposent.

A : 0, 2, 3, 7  
B : 4, 6, 9, 11  
C :

Les trois voix entrent respectivement à l'instant 0, 4 et

Avec les canons rythmiques mosaïques on réalise un

Dessinez dans les trois cercles les rythmes correspondants à la représentation tubulaire



# Les pavages rythmiques ou l'art de remplir le temps

Flyer disponible à l'adresse :

[http://repmus.ircam.fr/\\_media/moreno/depliant-rythme\\_impression.pdf](http://repmus.ircam.fr/_media/moreno/depliant-rythme_impression.pdf)

### LE TEMPS SUR UNE LIGNE

notation classique et tubulaire

Les rythmes peuvent être décrits et représentés de diverses façons.

La notation classique nomme et représente les valeurs des notes de cette manière :

- ronde
- blanche
- blanche pointée
- noire
- croche
- double croche

Dans la notation tubulaire, une case remplie est un son, une case vide est un silence.

On peut définir une période (ou longueur du pattern rythmique) dans laquelle on inscrit des rythmes :

On peut inscrire ces rythmes dans un cercle. Chacun des rythmes ci-dessous révèle des formes :

- hexagone

### LE TEMPS DANS UN CERCLE

représentation circulaire

Les touches noires et les touches blanches du piano apparaissent respectivement comme un pentagone et un heptagone inscrits dans le cercle.

Les deux rythmes sont :

0, 2, 3, 7 (toche blanche)  
0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 (toche noire)

Selon le même principe, le *Trecillo* (donné par les nombres 1, 4, 7) et le *Cinquillo* (donné par les nombres 0, 2, 3, 5), et sont deux rythmes complémentaires (car ils ne partagent aucun temps d'attaque)

### REEMPLIR LE TEMPS

canons rythmiques mosaïques

Dans ce canon rythmique, trois voix identiques décalées dans le temps se superposent.

A : 0, 2, 3, 7  
B : 4, 6, 9, 11  
C :

Les trois voix entrent respectivement à l'instant 0, 4 et 8.

Avec les canons rythmiques mosaïques on réalise un

Calculer les valeurs du pattern en bleu

# Mise en pratique : *Clapping Music* de Steve Reich

Flyer disponible à l'adresse :

[http://repmus.ircam.fr/\\_media/moreno/depliant-rythme\\_impression.pdf](http://repmus.ircam.fr/_media/moreno/depliant-rythme_impression.pdf)

**MISE EN PRATIQUE**  
**Clapping Music de Steve Reich**

départ

On peut utiliser la représentation circulaire et tubulaire pour comprendre comment certains morceaux de musique ont été composés.

Dans l'œuvre *Clapping Music*, deux musiciens frappent des rythmes avec les mains. L'un des deux frappe le rythme de base, tandis que l'autre frappe les rythmes obtenus en faisant tourner le polygone d'un cran dans le sens contraire des aiguilles d'une montre. Après douze rotations les deux musiciens se retrouvent à jouer à nouveau le même rythme de base.

À vous de jouer. Bonne chance!

etc.

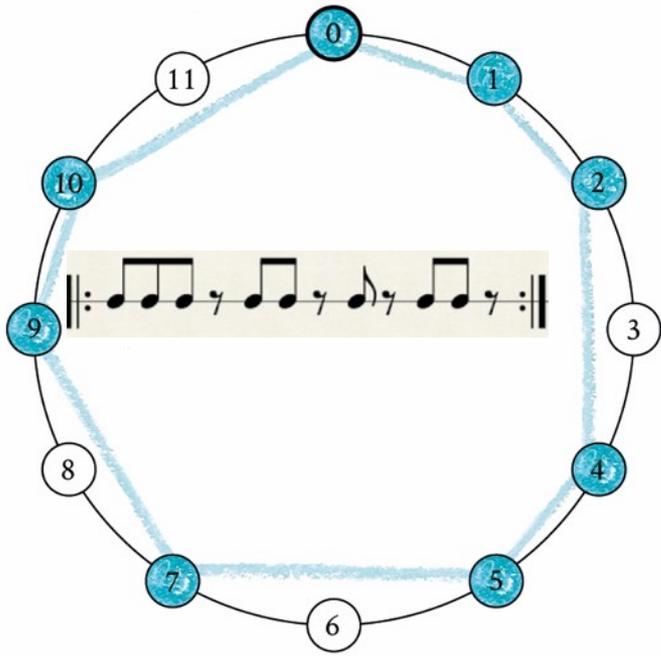
Support pédagogique réalisé dans le cadre du projet ProAppMaMu (Processus et techniques d'apprentissages des savoirs mathémusicaux) avec le soutien de la MITI (Mission pour les initiatives transverses et interdisciplinaires) du CNRS.

Réalisation graphique : Marie Marty  
Supervision : Moreno Andreatta

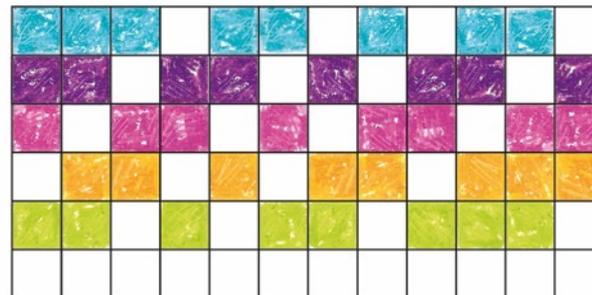
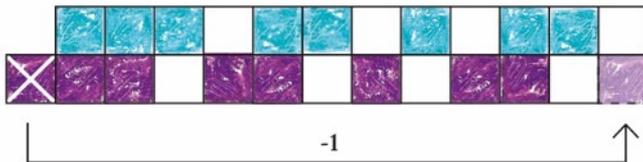
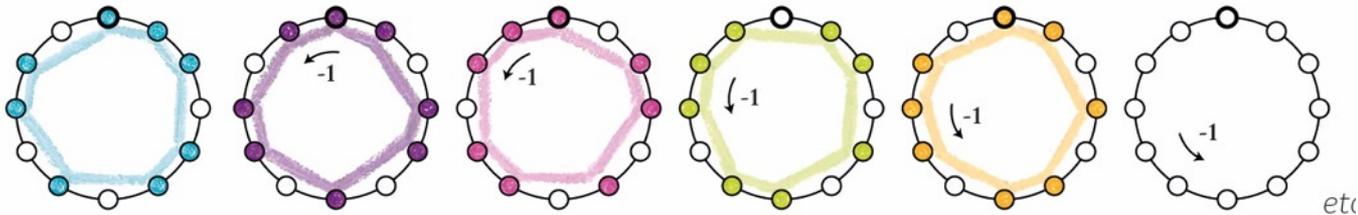
IRMA CITE Université de Strasbourg

**MATHÉMATIQUES,  
DESSINEZ-MOI  
LE RYTHME**

Dessiner le sixième pattern rythmique, et ainsi de suite...



Conférence-concert au Lycée Schuman d'Haguenau (10 mars 2023)



À vous de jouer. Bonne chance !

etc.

Conférence – Concert  
**Les maths dans la musique**  
 ... la musique des **maths**

par M Moreno ANDREATTA  
 directeur de recherche CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique)  
 à l'IRMA (Institut de Recherche Mathématique Avancée)  
 et responsable du projet SMIR (Structural Music Information Research)

avec la participation musicale des élèves  
 de Mme Charlotte COTTEAU  
 professeur de formation musicale à l'École Municipale de Musique et Danse de Haguenau,  
 chargée de cours à la faculté de musicologie de l'Université de Strasbourg

**Vendredi 10 mars 2023 à 19h**  
 au Lycée Robert Schuman de Haguenau  
 à l'Espace Simone Veil  
 (anciennement salle polyvalente)

**entrée libre**

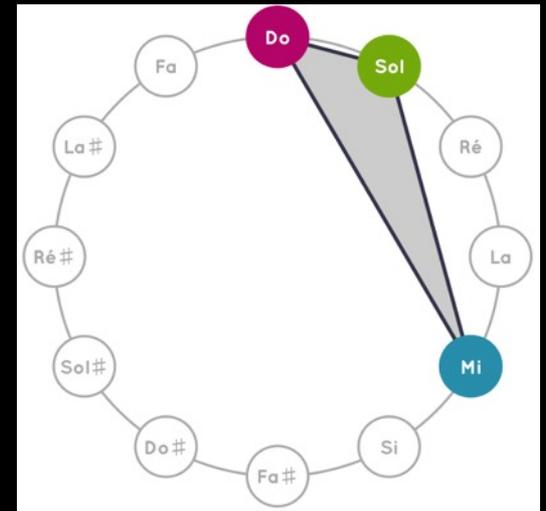
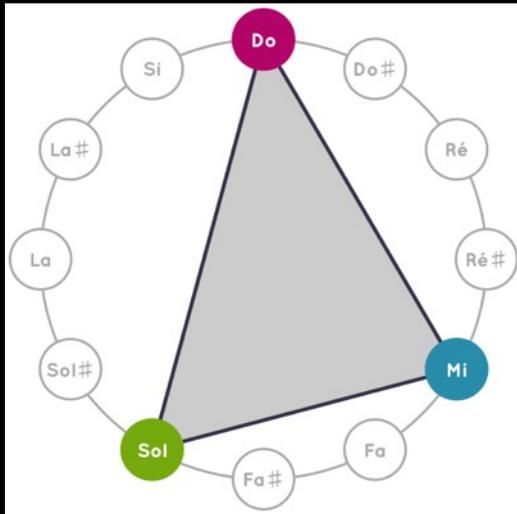
Informations et contacts : [dist@musique.schuman@mshbrunaustrumique.fr](mailto:dist@musique.schuman@mshbrunaustrumique.fr)

LA SEMAINE DES MATHS 2023

# Le cadran d'horloge et les accords

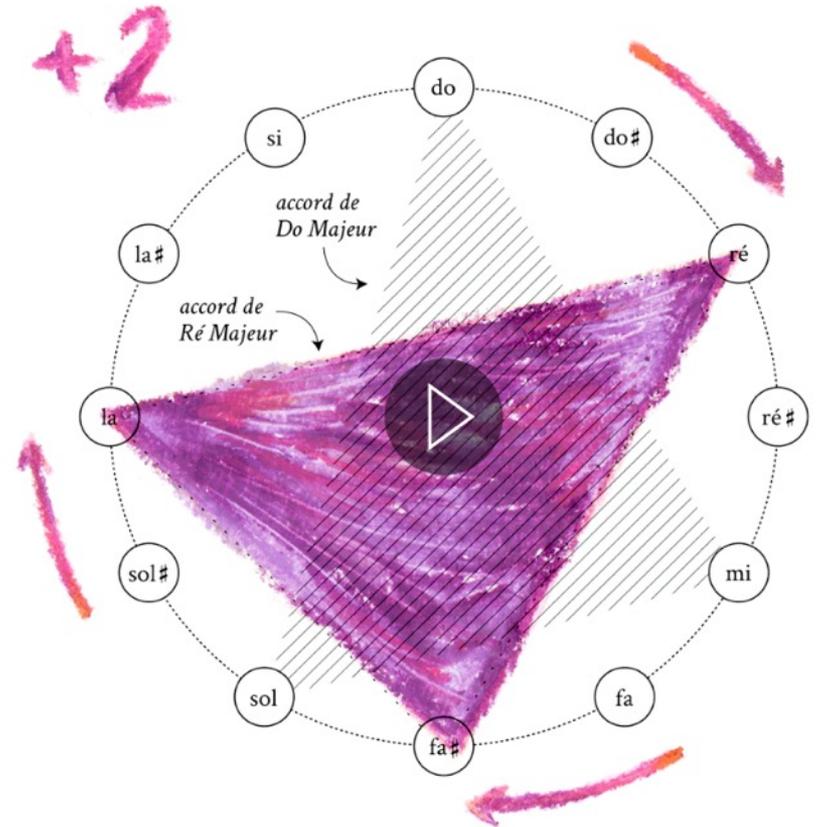
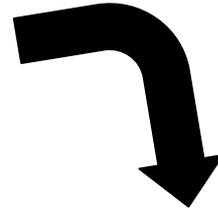
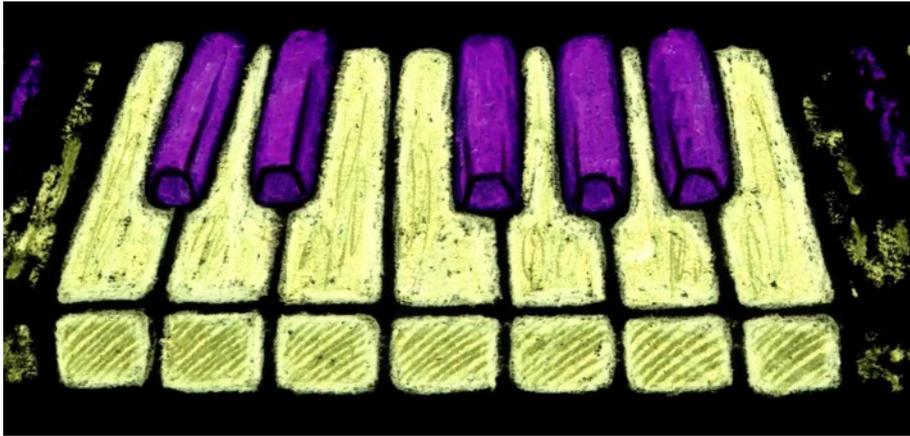
## DEMO

[www.morenoandreatta.com/software/](http://www.morenoandreatta.com/software/)

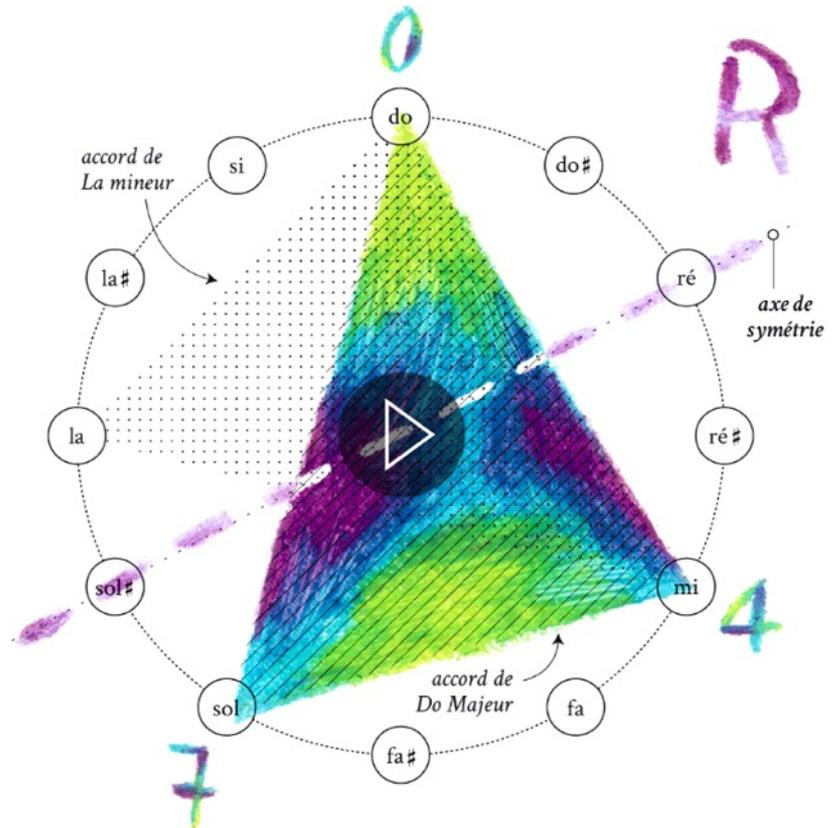
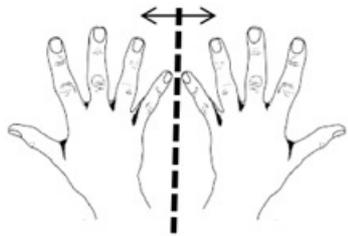
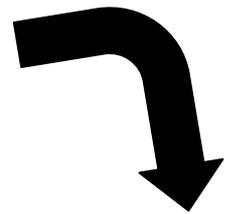
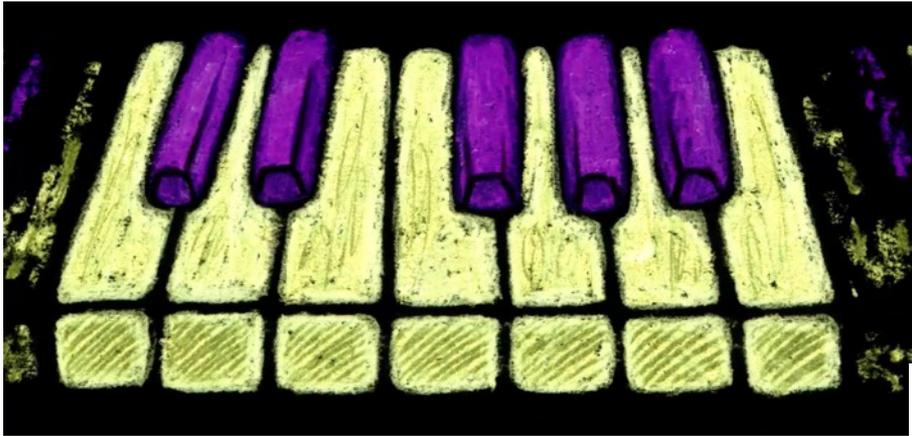


**Comment transformer les accords dans le  
cercle ?**

# Les transpositions musicales sont des rotations



# Quelle est la relation entre accords majeurs et mineurs ?

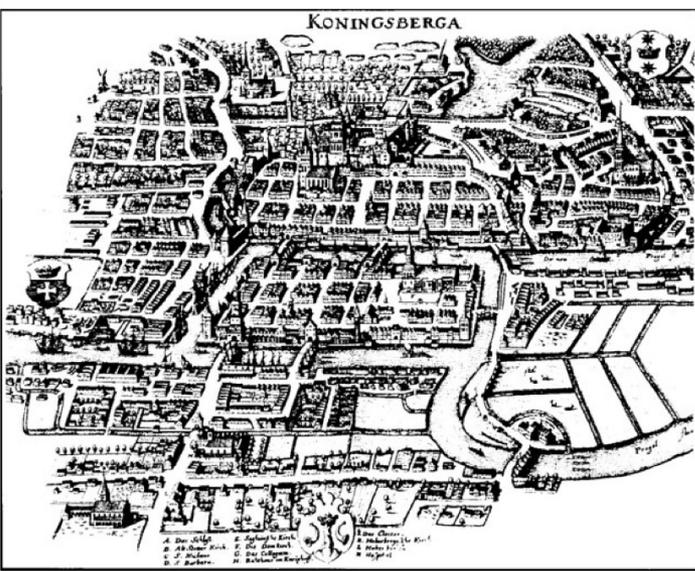
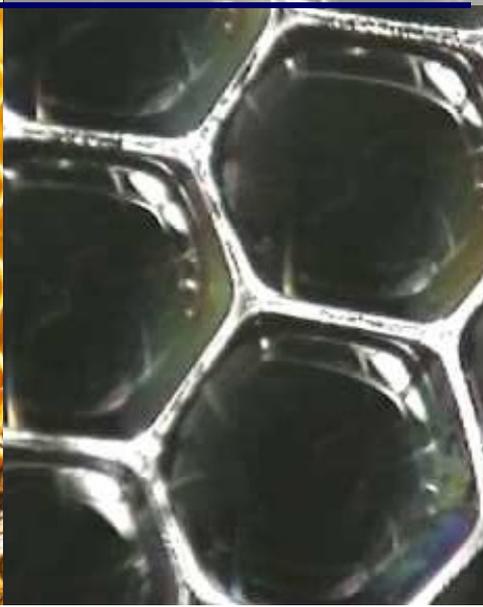
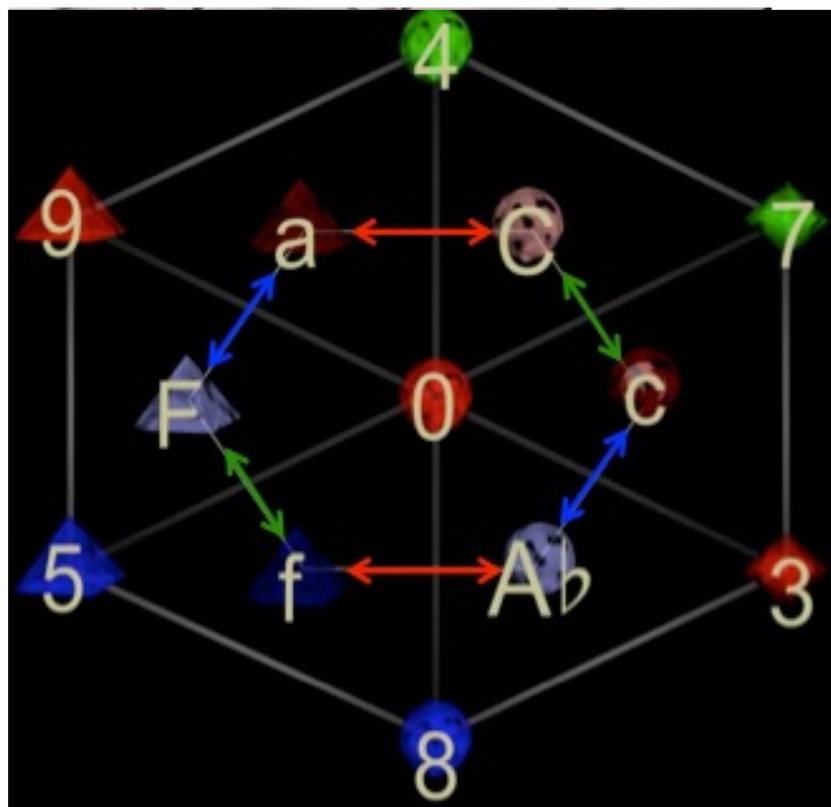


**Comment visualiser les symétries dans le plan ?**

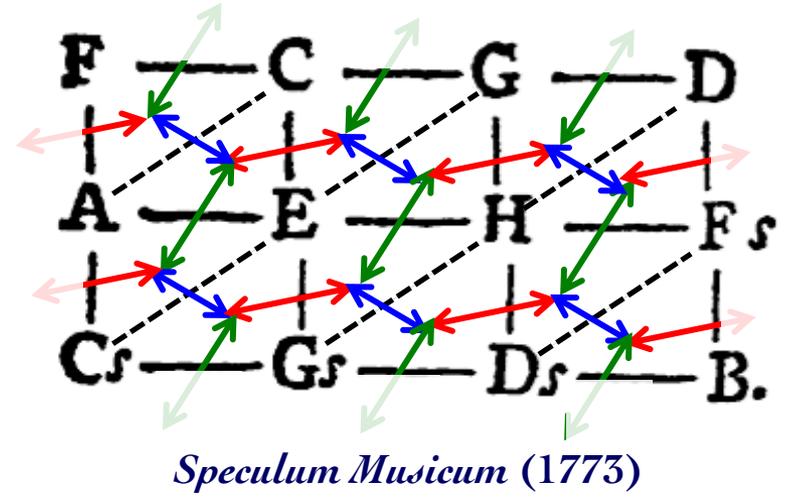
# Euler, les ponts et les échecs



# Le Tonnetz (ou nid musical d'abeilles)

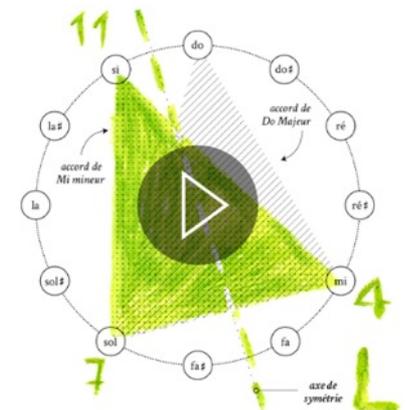
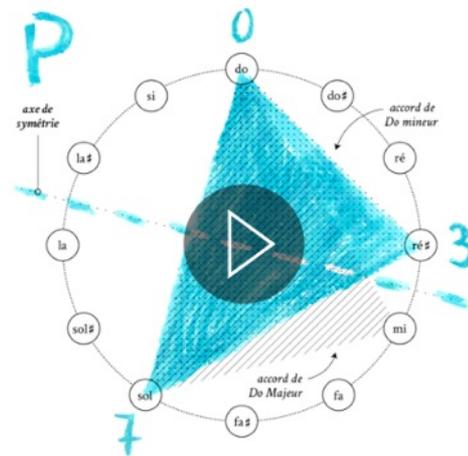
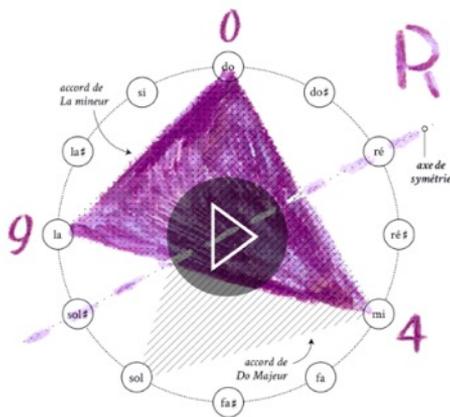
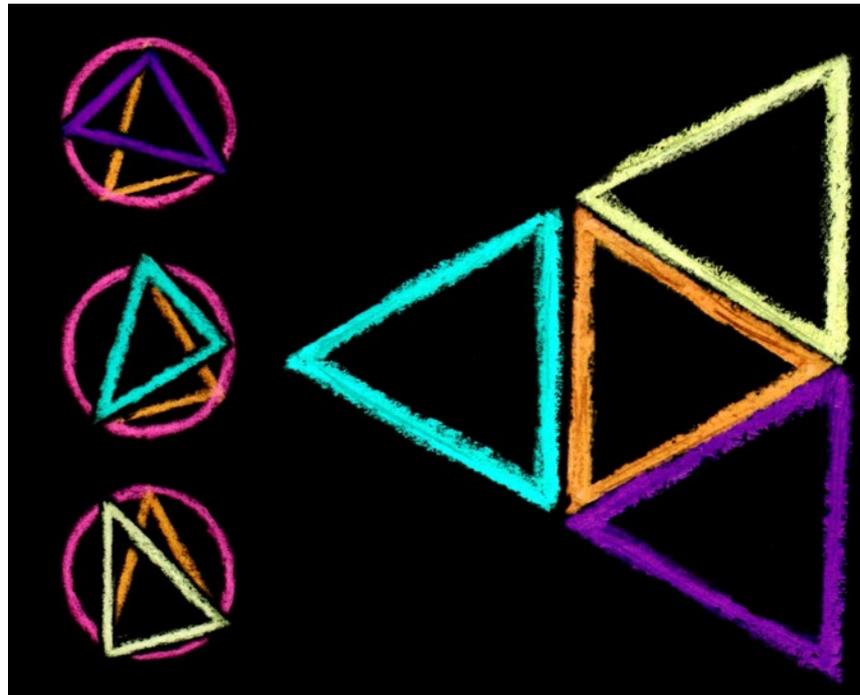


Leonhard Euler

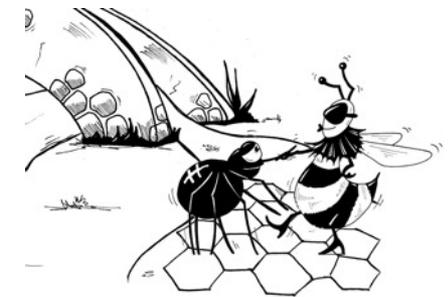
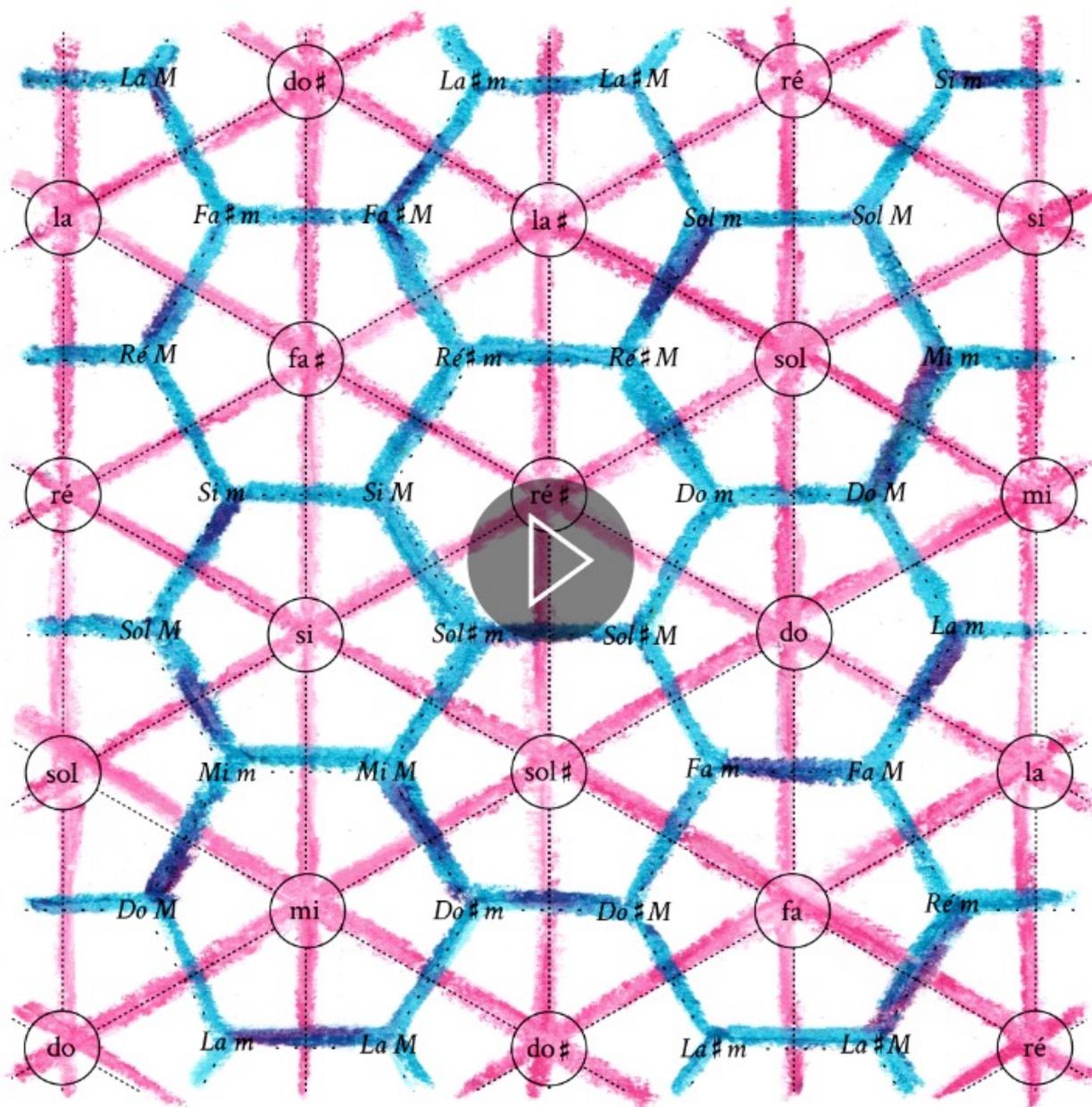


*Speculum Musicum* (1773)

# Le système Tonnetz et ses symétries



# Les deux facettes du système Tonnetz





# Harmonic Progressions

In Paolo Conte

*Sotto le Stelle del Jazz*



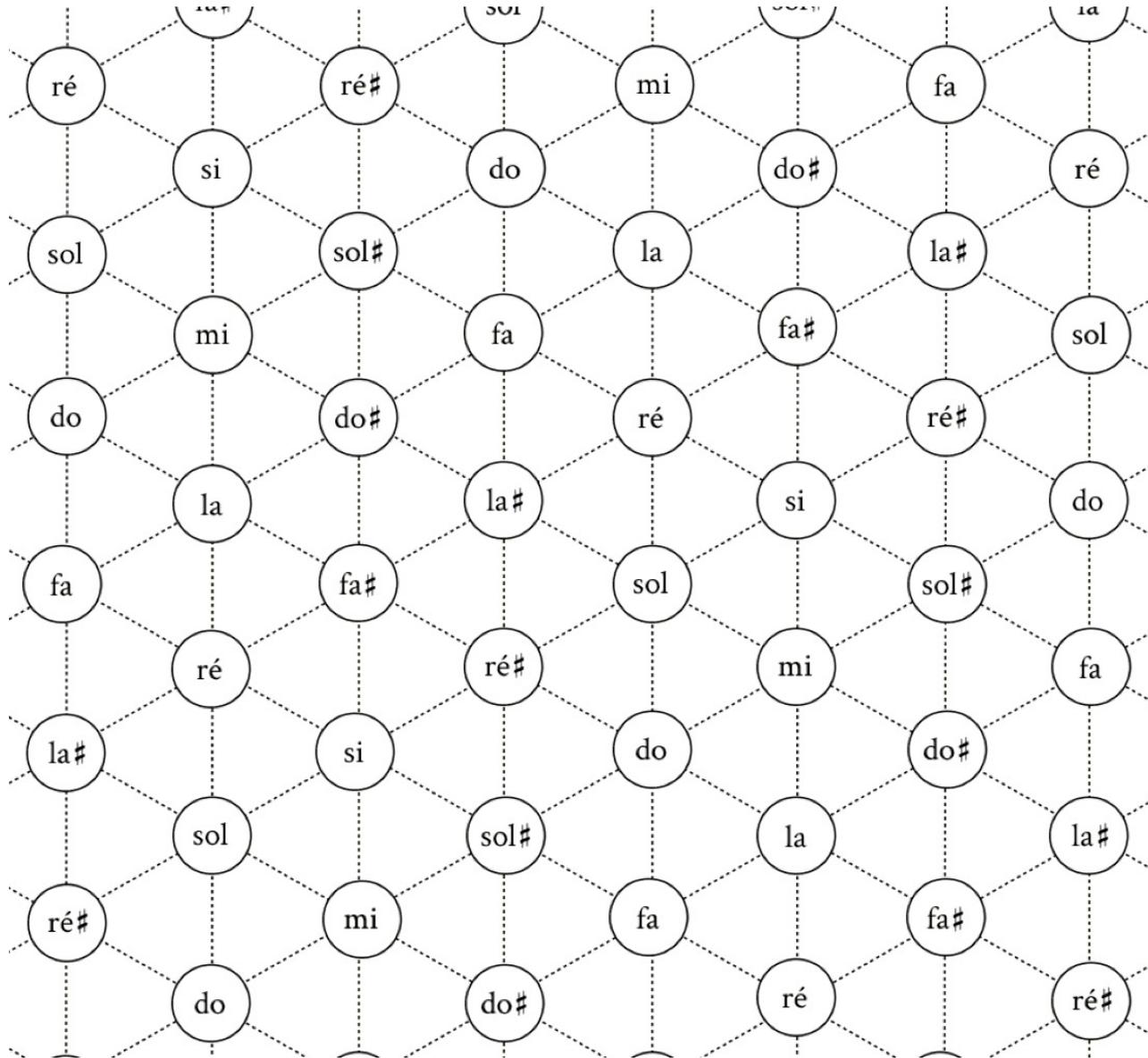
Supervision Moreno Andreatta  
Modelisation Gilles Baroin 2016

Vidéo disponible à l'adresse :

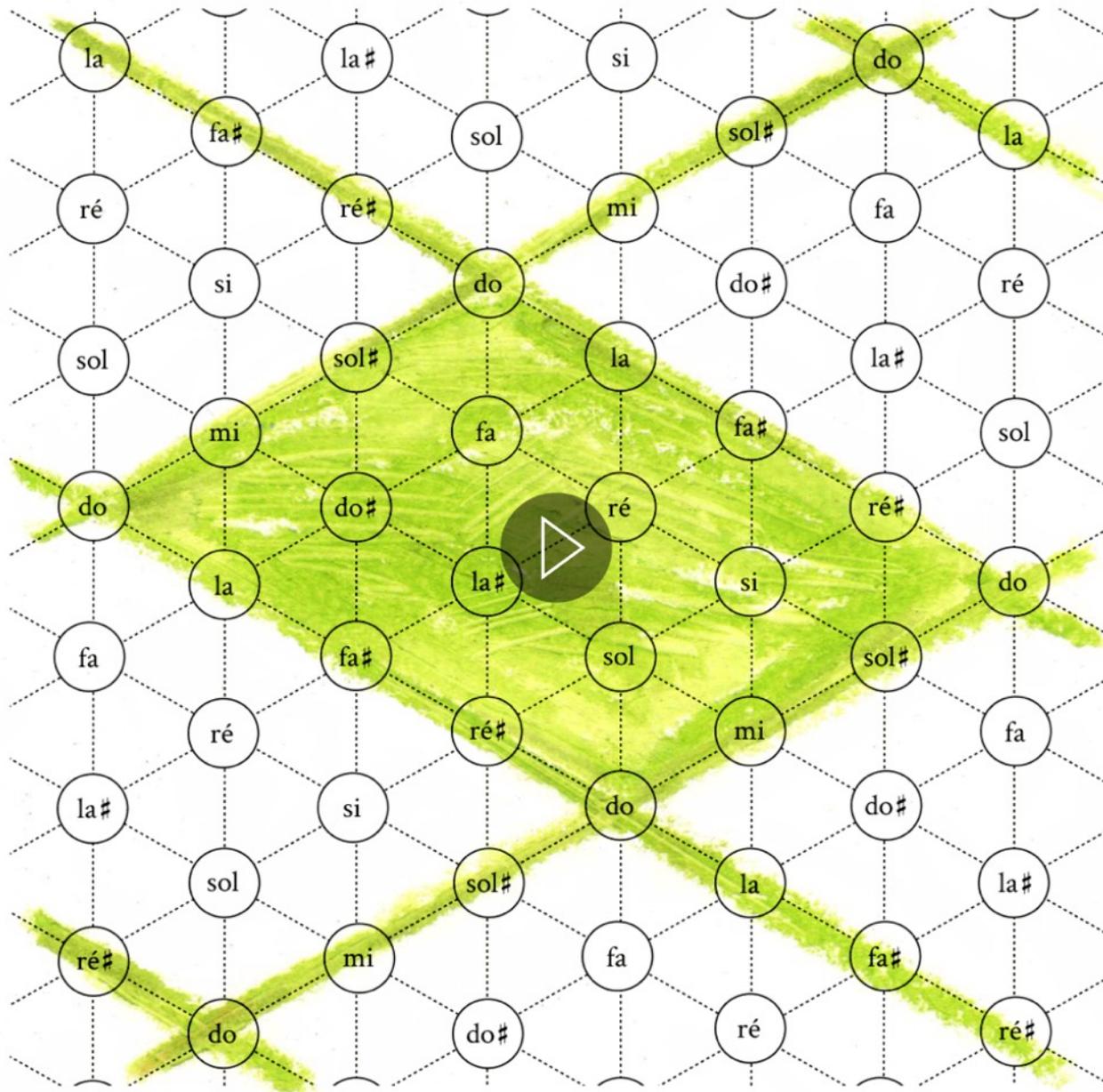
→ [https://www.youtube.com/watch?v=KzzUmiEQAzk&ab\\_channel=MatheMusic4D](https://www.youtube.com/watch?v=KzzUmiEQAzk&ab_channel=MatheMusic4D)

# Le Tonnetz dans l'espace

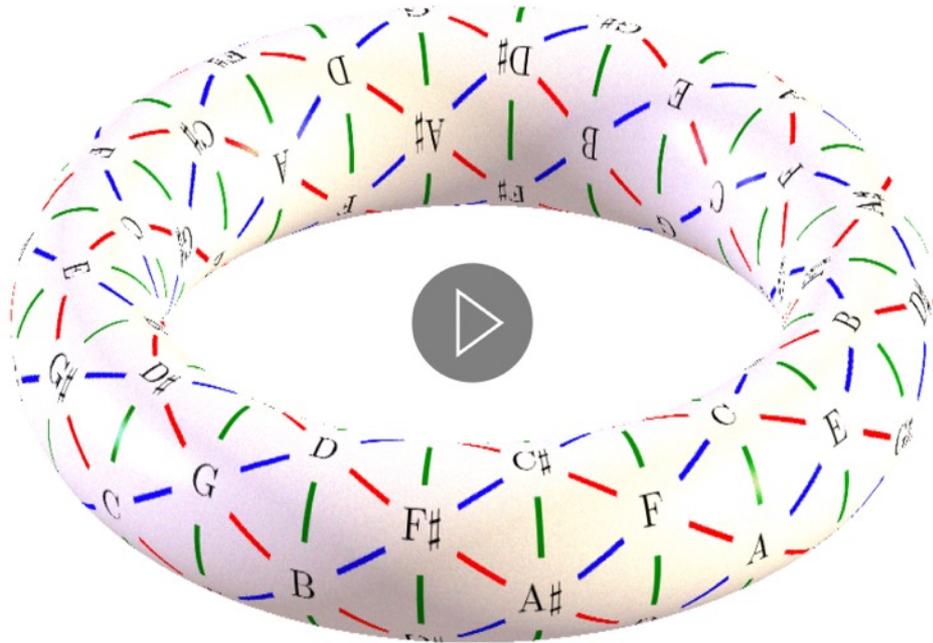
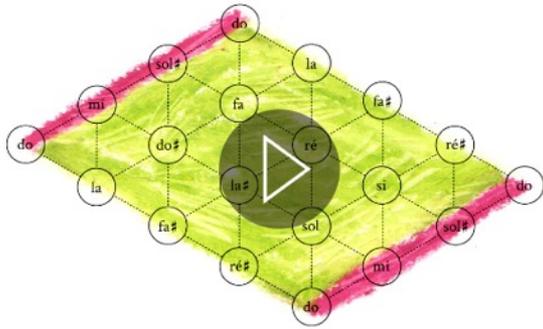
# Quelle est la forme géométrique du Tonnetz ?



# Quelle est la forme géométrique du Tonnetz ?



# Quelle est la forme géométrique du Tonnetz ?



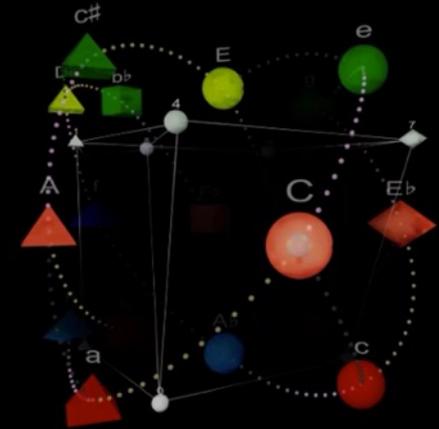
# Hamiltonian Song

www.MatheMusic.net

## Le Blé en Herbe

Vidéo disponible à l'adresse :

→ [https://www.youtube.com/watch?v=2TDwNCQ8oLU&ab\\_channel=MorenoAndreatta](https://www.youtube.com/watch?v=2TDwNCQ8oLU&ab_channel=MorenoAndreatta)



Lyrics, music and performance by Polo  
Mathematical supervision by Moreno Andreatta  
Hyperspheres and animation by Gilles Baroin, 2016



Polo Lamy



Gilles Baroin

# Math'n Pop

Conférence  
Concert

[www.mathnpop.com/](http://www.mathnpop.com/)

Merci  
et...

... à bientôt avec la  
conférence-concert  
Math'n Pop !

