LES MIROIRS D'EUCLIDE

ART, SCIENCE ET EDUCATION

P. Coullet (INLN, Université de la Côte d'Azur)
J. San Martin (CMM, Universidad de Chile)
avec Christian Correa Serey (Artiste)

En hommage à Enrique Tirapegui (1940-2020)

Exposition au MAC (Museo de Arte Contemporáneo)
Santiago, Chili, novembre 2022-janvier 2023

Les thèmes de l’exposition

Aberrations Géométriques (I)
La lumière singulière (II)
La multiplicité des images (III)
Les « Lignes » de Christian Correa (IV)
Edmond Vernassa en Réalité Augmentée (V)
La pédagogie visuelle d’Oliver Byrne (VI)

La genèse du projet

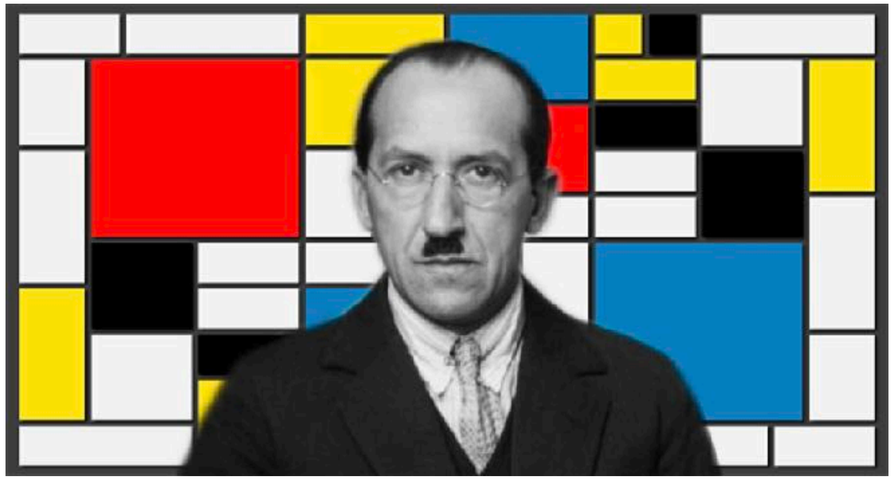
L'exposition « Miroirs d'Euclide » est issue de la rencontre fortuite avec Francisco Brugnoli, Artiste, alors Directeur du Musée d'Art Contemporain (MAC) de Santiago du Chili. Le projet a été élaboré avec Enrique Tirapegui, Francisco et des Mathématiciens du CMM (Centro de Modelamiento Matemático), dont Jaime San Martin, Alejandro Maass et Alejandro Jofre, tout trois anciens directeurs du CMM. S'est joint à nous Christian Correa, Artiste Chilien.

Ce projet s'appuie sur une expérience développée à l'Université de la Côte d'Azur dans le domaine de la Géométrie et de l'Art en direction des élèves de l'enseignement secondaire, par la création en 2005 d'un Institut de Culture Scientifique, « l'Institut Robert Hooke », devenu aujourd'hui le service de Culture Scientifique de l'Université. L'institut à été à l'origine de plusieurs expositions: La « Cité de la Géométrie » à la faculté des Science, « Le Monde est Rond » à l'espace de l'Art Concret à Mouans Sartoux, « Une cité de la géométrie » dans le lycée technique et professionnel des Eucalyptus à Nice et un espace permanent d'exposition des oeuvres de lumière et de mouvement de l'Artiste Niçois Edmond Vernassa à l'Université. Il a été également à l'origine de l'espace « Lumière » dans le Musée des Sciences Arabes au Sultanat d'Oman. Il a été porteur du projet « Euclide » dans le cadre de l'opération MEDITES de l'Université de la Côte d'Azur, financé par les Projets d'Investissement d'Avenir de 2014 à 2018, projet qui a permis l'expérimentation d'un enseignement créatif de la physique basé sur la géométrie dans plusieurs collèges et lycées.

L'exposition présentée au MAC de Santiago vise un large public. Une attention particulière sera portée en direction les professeurs de Mathématiques et de Physique, notamment au travers d'une série de conférences. Il s'agit de leur donner des éléments de la culture historique de leur discipline qui ont bien souvent disparu de l'enseignement. Le thème choisi est celui de la lumière et plus particulièrement celui de sa réflexion sur des miroirs courbes. Il permet d'une part d'illustrer l'avantage de la description géométrique sur celle de l'analyse mathématique et d'autre part de présenter les images d'une rare esthétique. L'espace dédié à l'exposition est divisée en un certain nombre de sections décrite dans la suite.

La relation naturelle de l’Art et la Géométrie









Une brève histoire des Sciences

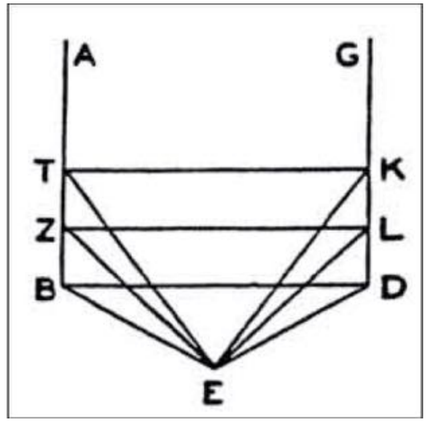
La naissance des mathématiques semble coïncider avec l'apparition de l'écriture. Toutes les grandes civilisations, des Hindous à la Mésopotamie et à l'Egypte, ont développé indépendamment une culture mathématique. Issues d'une part de la modélisation des régularités de certains phénomènes naturels comme le mouvement des astres dans la sphère céleste et d'autre part de problèmes concrets comme le calcul des surfaces ou la répartition des héritages, les mathématiques apparaissent comme un élément de culture assez singulier par son caractère universel.

C'est en Grèce, au VIIe siècle avant J.-C., qu'elles acquièrent leur caractère abstrait quasi définitif et que naissent ce que nous appelons aujourd'hui les mathématiques pures. Leur développement spectaculaire est résumé dans les "Éléments d'Euclide" qui datent du IIIe siècle avant Jésus-Christ. Les "Éléments" sont le plus ancien écrit mathématique qui nous soit parvenu. Eudème de Rhodes, considéré comme le premier historien des sciences, élève d'Aristote, nous a cependant laissé quelques indices pour reconstituer l'histoire des mathématiques entre Thalès (-620, -545) et Euclide (-300). Son histoire de la géométrie grecque n'est que partiellement connue, mais elle a fait l'objet d'un ouvrage ultérieur du philosophe néoplatonicien Proclus, du IVe siècle de notre ère. C'est l'une des grandes sources de l'histoire des mathématiques à l'époque hellénique.

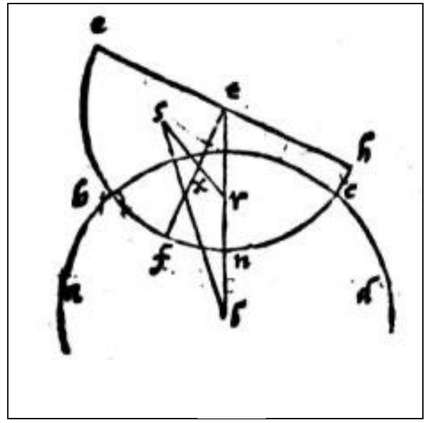
La physique, qui doit être comprise comme la tentative de démystifier les phénomènes naturels, est née à Miletus avec trois philosophes : Thalès, Anaximandre et Anaximène. Ils ont développé une véritable philosophie de la nature en substituant des arguments rationnels aux explications mythologiques. Anaximandre (610-546 av. J.-C.), élève et successeur de Thalès à l'école de Milet, a poussé cette approche plus loin. Il fut le premier à consigner ses études dans un ouvrage qui ne nous est malheureusement pas parvenu. C'est à Aristote et à ses commentateurs que nous devons des éléments de la pensée d'Anaximandre.

De la rencontre de cette philosophie de la nature avec les mathématiques est née la physique telle que nous la connaissons. Le premier ouvrage qui nous est parvenu témoignant de cette rencontre est dû à Euclide. Dans un ouvrage consacré à "l'optique" qui lui est attribué, il décrit la perspective d'un point de vue géométrique.
La physique a suivi le développement des mathématiques. Essentiellement géométrique, pendant près de 20 siècles d'Euclide à Newton, elle a largement utilisé le calcul différentiel à partir du 18ème siècle, ce qui lui a permis d'aborder des problèmes plus complexes comme la dynamique des fluides. La physique devient "probabiliste" au milieu du XIXe siècle avec l'avènement de la physique statistique qui permet de relier le comportement microscopique des atomes aux propriétés macroscopiques de la matière. Au début du XXe siècle, la physique quantique utilise le formalisme abstrait des opérateurs. Simultanément, Einstein développe une théorie de la gravitation basée sur une géométrie différentielle non euclidienne. Enfin, depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, après les premiers calculs utilisés pour la fabrication de la bombe atomique, puis la course aux armements pendant la guerre froide, la simulation numérique s'est largement répandue chez les physiciens. L'intelligence artificielle pourrait à son tour se révéler un outil particulièrement efficace pour analyser le monde réel et sa complexité.

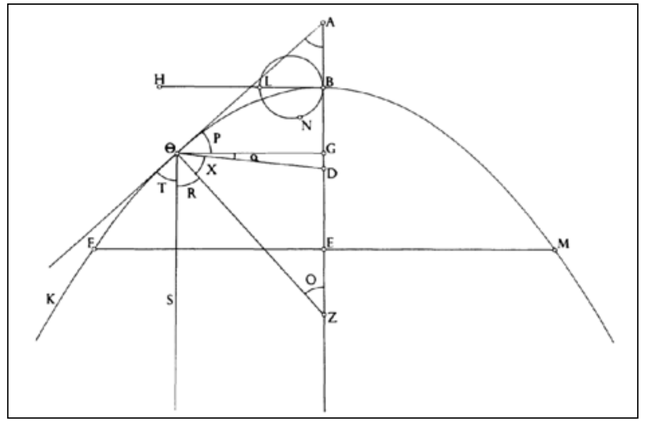
Six problèmes qui constituent les « éléments géométriques » de la physique



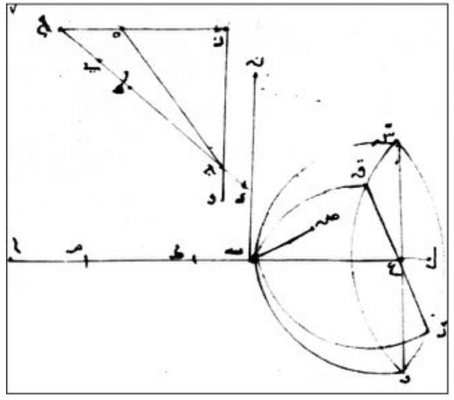
La perpective, Euclide



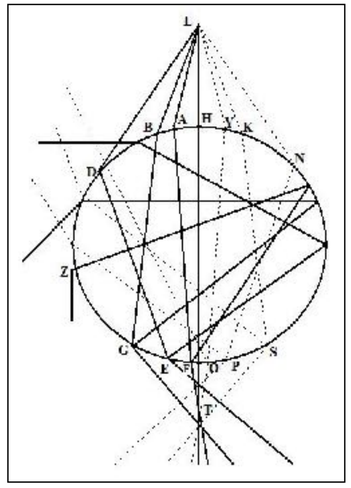
La stabilité des corps flottants,



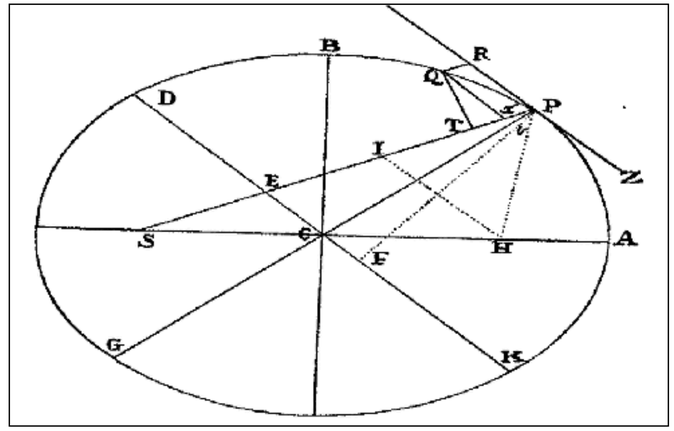
Le miroir parabolique, Diocles



La lentille hyperbolique, Ibn Sahl



L'arc en ciel, al Farisi



La loi universelle de la gravitation,

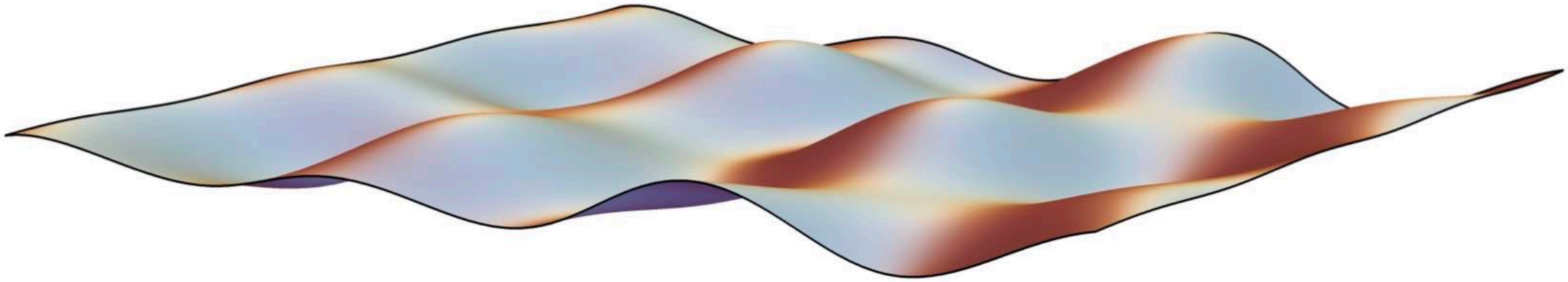
La physique moderne est née il y a environ 23 siècles. Les phénomènes naturels ont été décrit pendant 20 siècles uniquement par leur modélisation géométrique. C'est au travers d'une série de conférences données au MAC à l'occasion de l'exposition que l'on cherchera à sensibiliser les professeurs de Mathématiques et de Physique.

Aberrations Géométriques (section I)



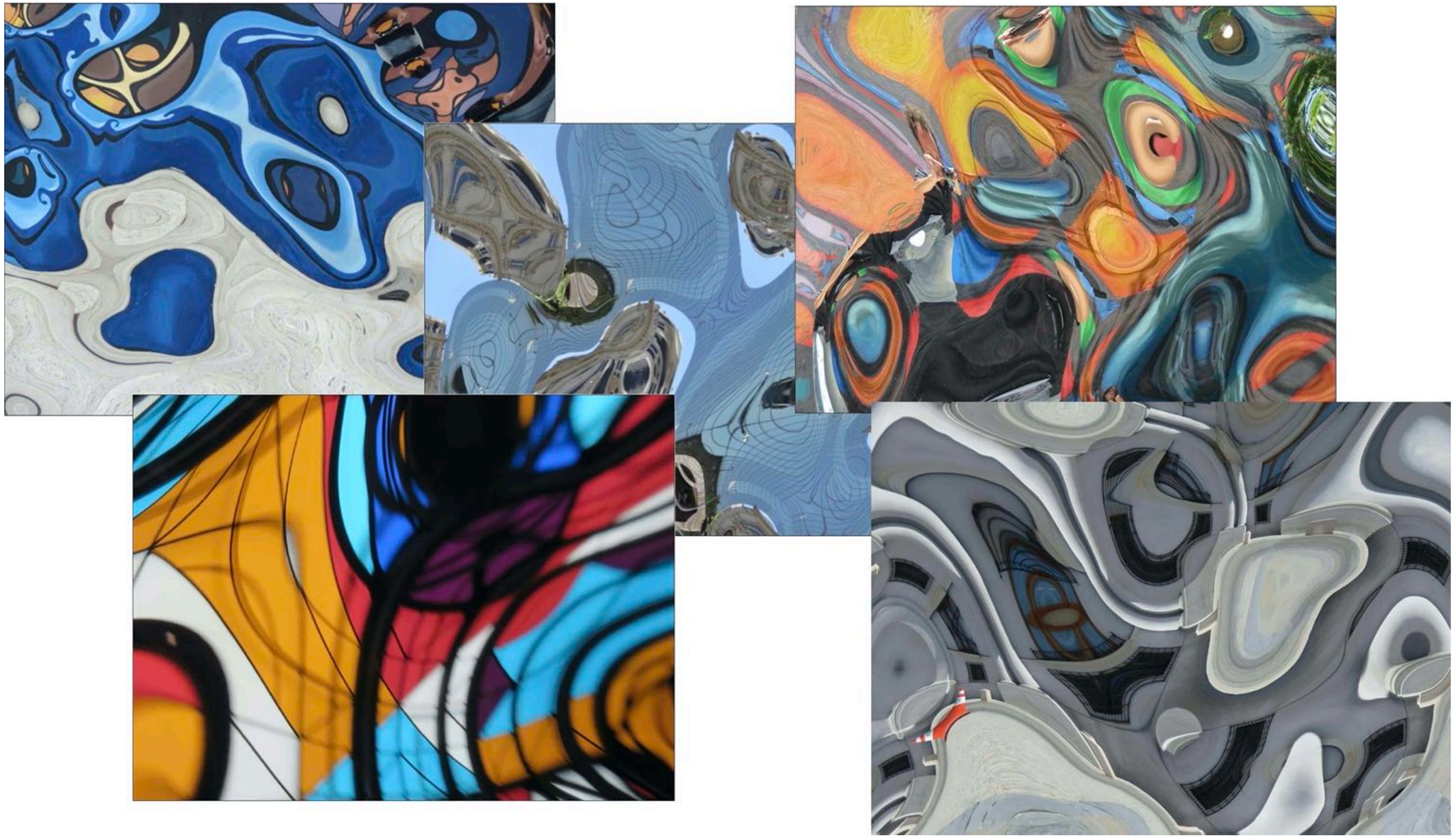


Image des vitraux au Centre
Gabriel Mistral (GAM) à Santiago



Le miroir exposé au MAC a été conçu et fabriqué par P. Coullet et J.L. Filippi

Des images aberrantes de Santiago au travers du miroir courbé

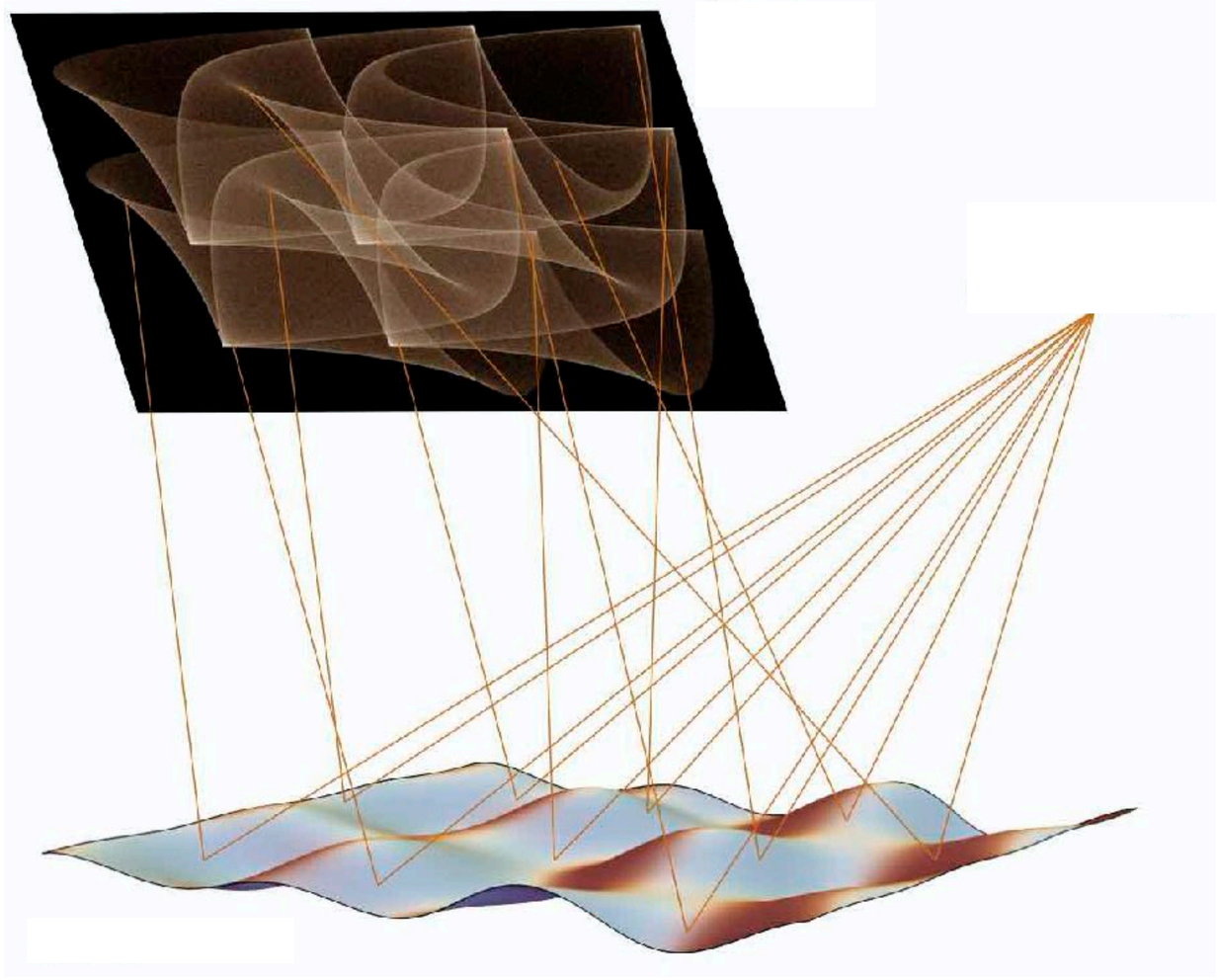


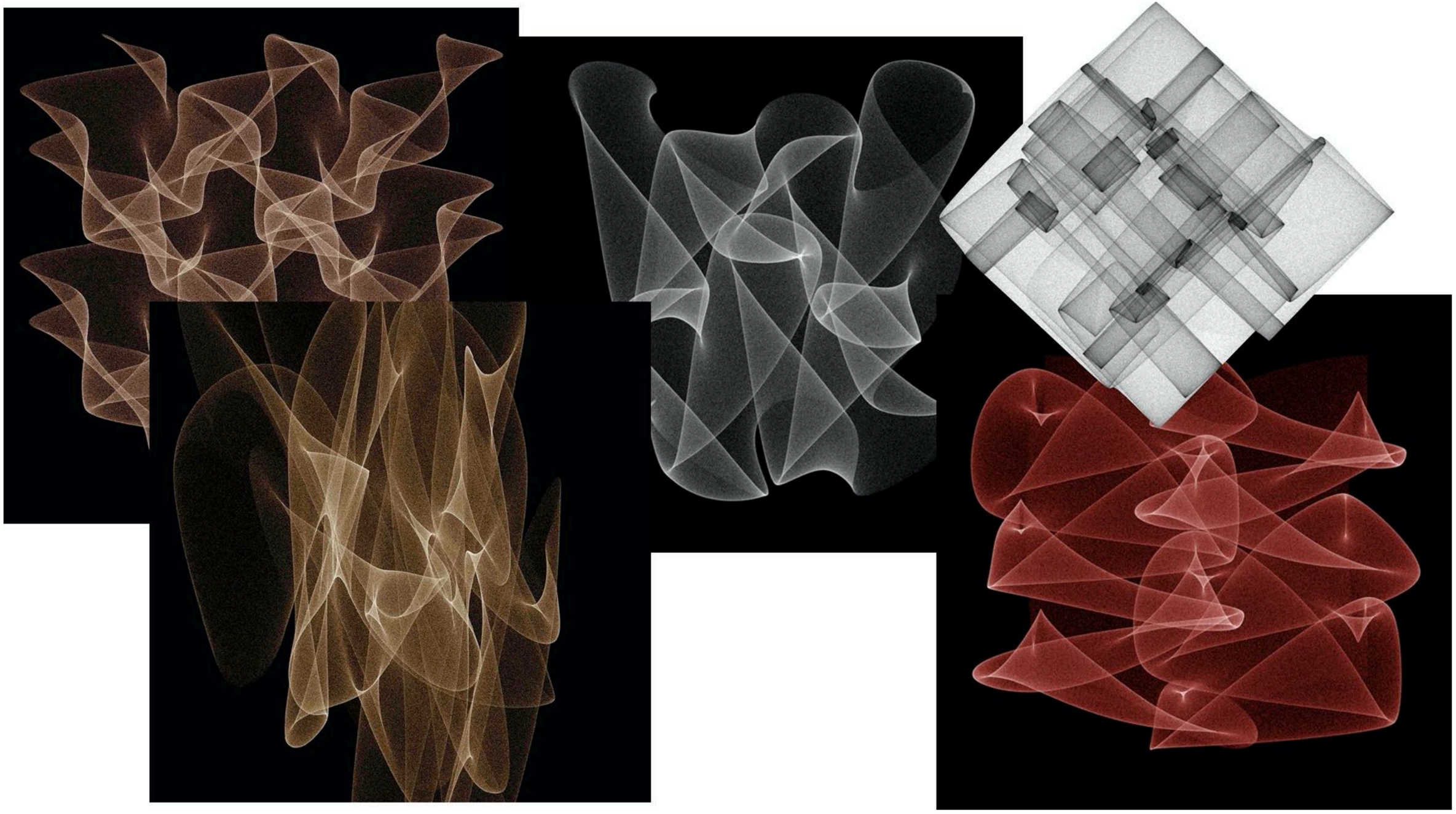
Exposition de dix photographies de Santiago (A Tirapegui et P. Coullet, Décembre 2014

La lumière singulière (section II)

Plis et Fronces de Lumière

Un vidéo-projecteur éclaire la surface du miroir. Les images sont observées sur les mur de la salle d'exposition au MAC. Les plis de lumière sont matérialisés par les lignes de plus fortes intensités. Les fronces correspondent aux points d'intersection de ces lignes et sont d'une intensité lumineuse encore plus forte





Exposition de dix images engendrées par un ordinateur illustrant les « Plis et les Fronces » de lumière



Projection d’images animées réfléchies sur le miroir courbe

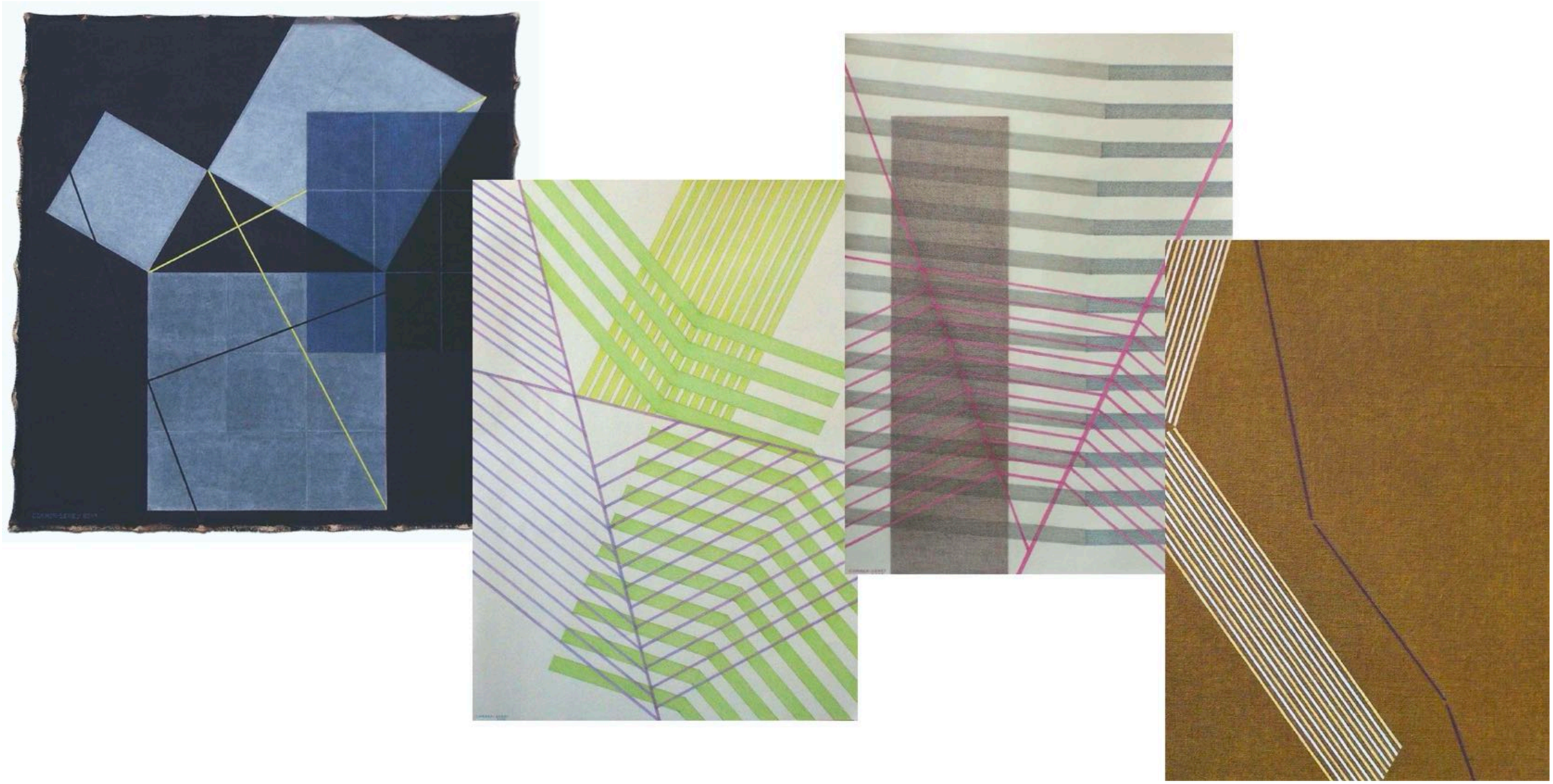
https://www.youtube.com/watch?v=iL-sKBr9WK8

La multiplicité des images (Section III)



Un miroir concave est exposée dans le hall d'entrée du MAC. Il est le point d'entrée de l'exposition.

Les « Lignes » de Christian Correa (Section IV)

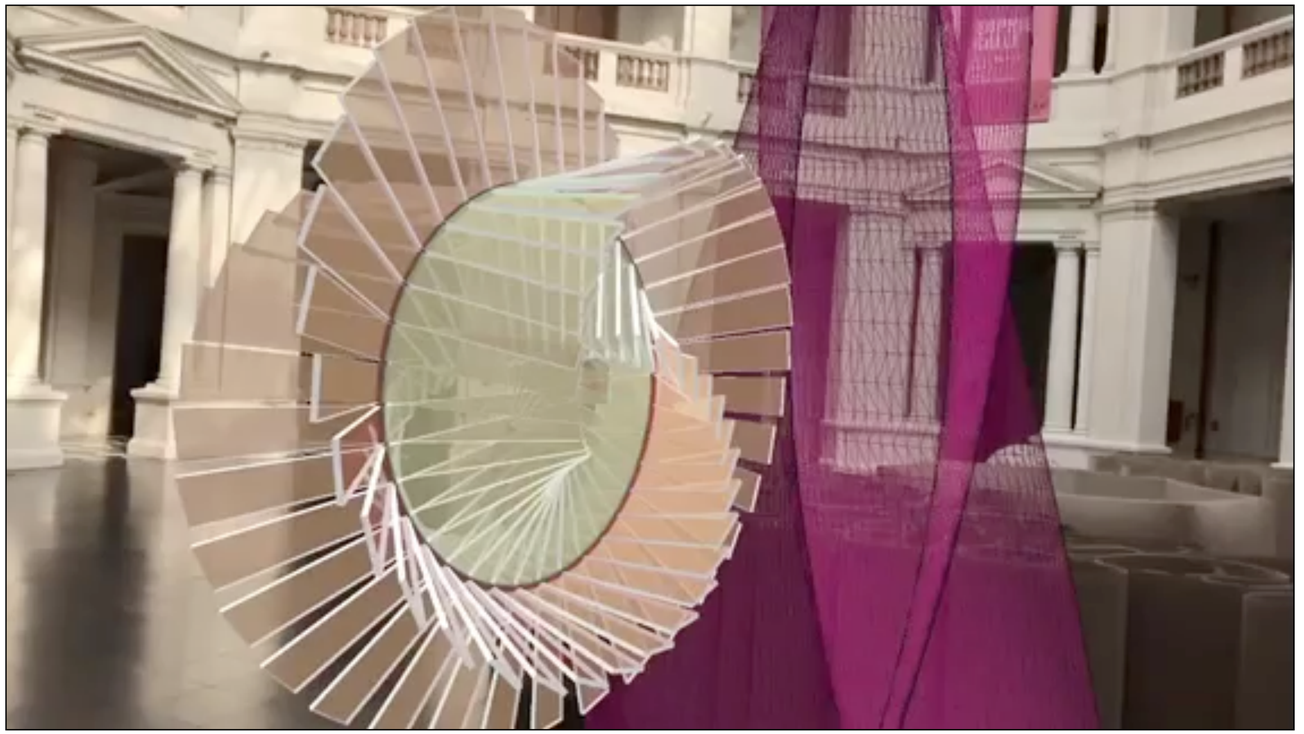


Edmond Vernassa en Réalité Augmentée (V)

Nommée "hommage à Mobius" par Edmond Vernassa, cette œuvre monumentale démontre l'incroyable esprit de géométrie et de mécanique de l'artiste. Chacun des 36 éléments est constitué de quatre lames orthogonales. Ces éléments sont disposés côte à côte sur un support circulaire autour duquel ils peuvent tourner librement. Ils sont décalés selon un angle précis. Le tout est mis en mouvement par un moteur situé dans la base de l'œuvre. Une chaîne entraîne l'un des éléments qui, par l'intermédiaire de cardans, entraîne tous les autres éléments.



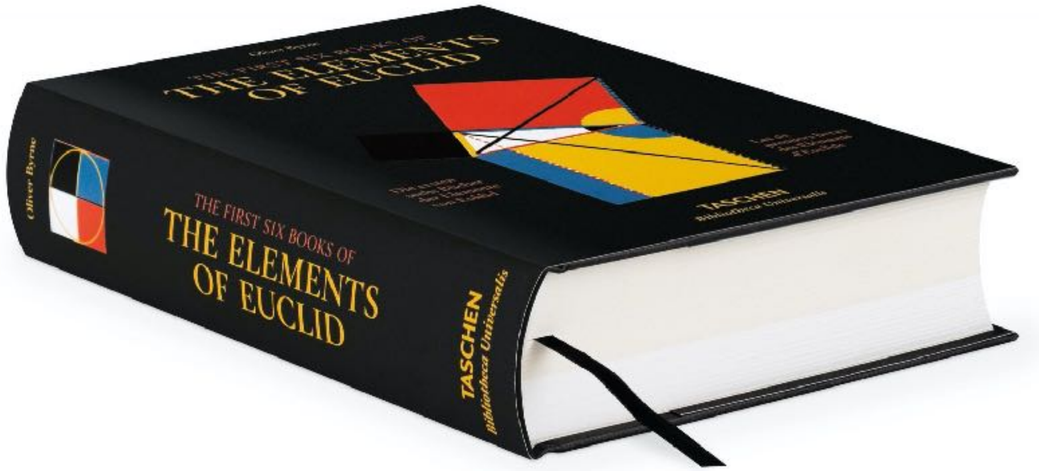
Une vidéo de l’exposition « Mobius de Vernassa » sera exposée dans l’espace dédié aux « Miroirs d’Euclide »



https://www.youtube.com/watch?v=x4e4S1VM7ck

La pédagogie visuelle d'Oliver Byrne (VI)

Désespéré par la difficulté d'enseigner la géométrie, Oliver Byrne (1810-1880), ingénieur civil d'origine irlandaise, développa en 1847 une méthode créative pour son apprentissage. En 2017, TASCHEN publie « les six premier livres des Eléments d'Euclide dans lequel des diagrammes colorés et les symboles sont utilisés à la place des lettres pour en simplifier l'apprentissage ». Cette publication a suscité un grand intérêt. Le site internet de Nicholas Rougeux https://www.c82.net/euclid/ par exemple est exceptionnel par son design et son interactivité.



Oliver Byrne (1847)

« Les Éléments d'Euclide sont devenus, d'un commun accord, la base de la science mathématique sur tout le globe civilisé.

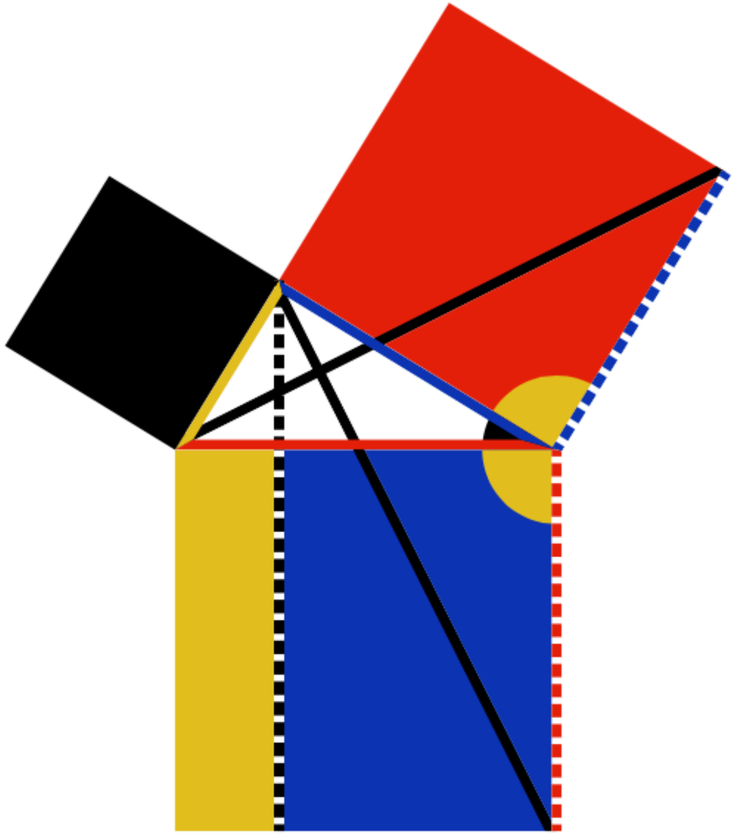
L'arithmétique, l'arpentage, l'hydrostatique, la pneumatique, l'optique, l'astronomie physique, etc. dépendent tous des propositions de la géométrie.

Les démonstrations contenues dans les livres d'Euclide ont généralement été effectuées à l'aide de mots, de lettres et de diagrammes noirs ou non colorés; mais comme l'utilisation de symboles, de signes et de diagrammes colorés dans les arts et les sciences linéaires rend le processus de raisonnement plus précis et la réalisation plus rapide, ils ont été adoptés en conséquence dans ce cas »

« D'une esthétique largement inhabituelle, les Eléments of Euclid d'Oliver Byrne associent couleurs primaires audacieuses et précision mathématique dans un éblouissant déploiement de couleurs, de formes et de géométrie. Dans cette rencontre au sommet entre art et science, chaque page annonce la vigueur du Stijl et du Bauhaus, mais aussi les infographies qui constituent une grande partie des données que nous consommons aujourd'hui »

Editions Taschen

Le Théorème de Pythagore



La méthode visuelle d'Oliver Byrne est illustrée par une série de tableaux, notamment avec la démonstration du fameux théorème de Pythagore

