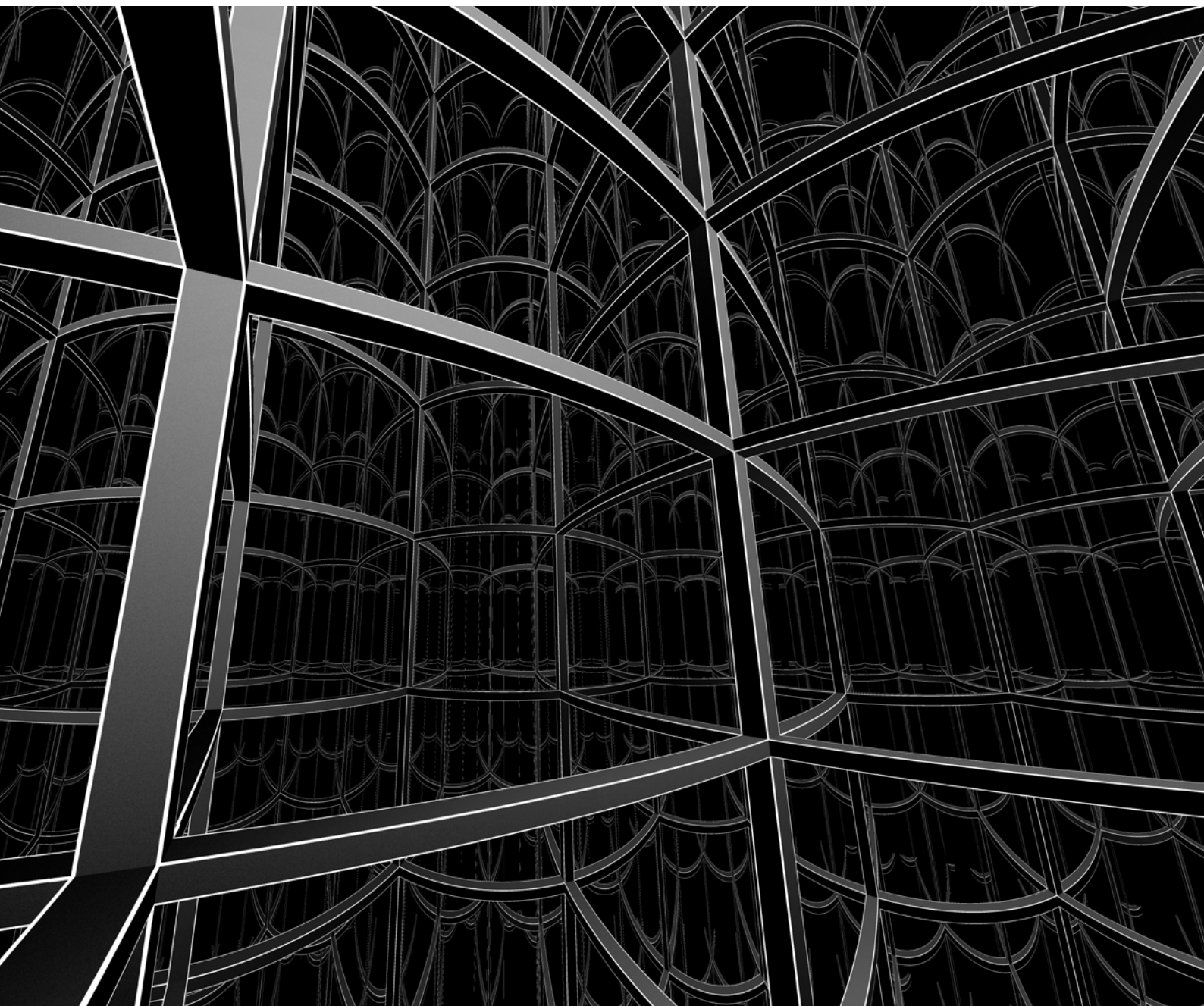




E^3 et hyperbolique H^3). Les cinq autres géométries sont restées durant plus de vingt ans des problèmes ouverts, jusqu'aux travaux récents de Pierre Berger, à l'interface des mathématiques fondamentales et numériques. Dans cette exposition sont présentés des paysages dans les huit géométries de Thurston, sept d'entre elles étant traitées rigoureusement par un logiciel créé à cet effet. À l'instar d'Einstein sur son rayon, on comprend mieux les espaces en se plaçant à l'intérieur.

Cette visualisation d'espaces totalement abstraits nécessite d'y insérer des objets élémentaires, en l'occurrence une série de polyèdres identiques. On peut aussi

suivre le trajet d'un rayon lumineux qui respecte la géométrie de l'espace: rectiligne dans E^3 , la lumière est déviée dans les autres géométries et peut, selon la courbure, s'enrouler. Devant chaque photographie, qui est plus qu'une simple simulation numérique, le public est confronté à une architecture intrigante qui le conduit à s'interroger sur son propre espace.

Une autre installation propose une démarche similaire, mais avec du son. Au centre d'un cube dont des tableaux noirs constituent certaines faces, l'auditeur perçoit les sons captés par 60 micros répartis dans l'institut, puis traités mathématiquement et informatiquement pour simuler le

plongement du bâtiment dans l'espace mathématique noté $\mathbb{R}^3/\mathbb{Z}^3$. Une sélection de modèles mathématiques de l'institut, de courtes vidéos définissant les variétés d'espaces et d'autres installations encore complètent l'exposition. En fin de compte, elle vous offre l'occasion de confronter votre imagination à celle des mathématiciens. Laquelle des deux est la plus illimitée? ■

*Esthétopies, à l'institut Henri-Poincaré,
Paris, du 8 mars au 8 juillet 2017.
<http://esthetopies.ihp.fr>*



Retrouvez la rubrique
Art & science sur
www.pourlascience.fr

LES AUTEURS



JEAN-MICHEL COURTY
professeur de physique
à l'université
Pierre-et-Marie-Curie, à Paris



ÉDOUARD KIERLIK
également professeur
de physique à l'université
Pierre-et-Marie-Curie

UNE VISION PROGRESSIVE... PAS SI NETTE

Les verres progressifs sont pour les presbytes une grande invention. Mais quelle que soit leur qualité, il leur est impossible de corriger complètement les défauts de la vision.



Dès le Moyen Âge, on savait corriger, à l'aide de lunettes constituées de verres grossièrement polis, la myopie ou l'hypermétropie – pour lesquelles l'œil voit flou respectivement de loin ou de près. Mais que faire face à la presbytie, qui vient avec l'âge et qui est due à la perte progressive de la capacité de « mise au point » de l'œil, l'accommodation ? Depuis une cinquantaine d'années, on réalise des verres dits progressifs – et plus récemment encore des lentilles de contact multifocales – qui améliorent beaucoup le confort de vision des personnes atteintes de ces troubles. Mais de tels dispositifs sont difficiles à concevoir. De plus, ils ne sauraient nous rendre une vue parfaite. Pourquoi ?

CORRIGER LA MISE AU POINT

Idéalement, lorsque l'œil est au repos, l'effet combiné de l'interface courbe air-cornée et de la lentille que constitue le cristallin focalise l'image d'un objet lointain (nous dirons « à l'infini ») sur la rétine.

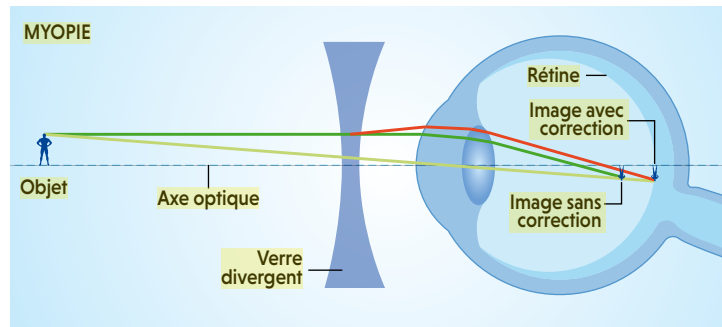
En déformant son cristallin, l'œil fait varier sa puissance optique (les fameuses « dioptries ») et peut ainsi former l'image d'objets plus proches. C'est l'accommodation. Pour un œil jeune, le point le plus distant de vision nette, ou *punctum remotum*, se situe à l'infini, tandis que le point de netteté le plus proche, ou *punctum proximum*, est à environ 7 centimètres.

Chez les myopes, l'œil focalise trop : ils voient trouble au-delà d'une certaine distance, mais voient net de plus près. On corrige facilement ce défaut en ajoutant une lentille divergente devant l'œil.

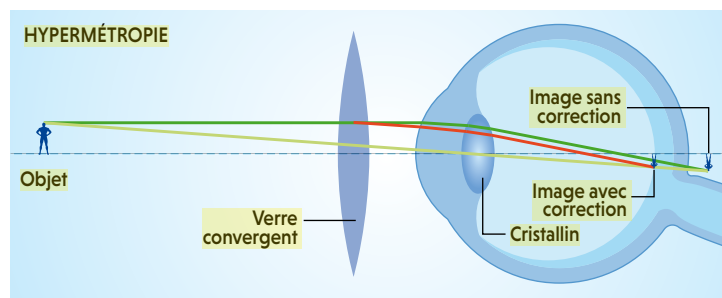
Inversement, les hypermétropes ont des yeux qui ne focalisent pas assez. Même pour voir à l'infini, leurs yeux doivent travailler et ils voient mal de près. La correction consiste alors à ajouter une lentille

VUE CORRIGÉE

Des verres divergents, plus épais en leur périphérie qu'en leur centre, permettent de corriger la vision d'un myope. Chez une telle personne, l'œil non corrigé focalise trop et forme l'image en avant de la rétine. Chez un hypermétrope, dont l'œil ne focalise pas assez et forme donc l'image en arrière de la rétine, ce sont des verres convergents (analogues à des loupes, plus minces en leur périphérie qu'en leur centre) qui assurent la correction.



- Trajet du rayon lumineux sans verre correcteur
- Trajet du rayon lumineux avec verre correcteur
- Trajet d'un rayon lumineux passant par le centre optique (non dévié, avec ou sans verre correcteur)



Même les superhéros peuvent avoir des défauts de vision ! Les verres corrigeant la myopie sont des lentilles divergentes, et font donc apparaître les yeux plus petits. L'effet est inverse avec les verres corrigeant l'hypermétropie, qui sont convergents, comme les loupes.

convergente. Mais, avec l'âge, les capacités d'accommodation diminuent et le *punctum proximum* s'éloigne. À plus de 50 centimètres, il devient impossible de lire dans de bonnes conditions. C'est la presbytie. Et que dire quand, après une opération de la cataracte, qui remplace le cristallin opacifié par un cristallin artificiel, l'accommodation n'est plus du tout possible ?

Ainsi, nombre de personnes ont besoin d'au moins deux corrections différentes : une pour la vision de près et une pour la vision de loin. Que faire dans ce cas ? Changer de lunettes selon ses besoins ? Ce n'est plus nécessaire aujourd'hui, grâce à des dispositifs qui assurent simultanément plusieurs corrections.

C'est le cas des lentilles de contact multifocales. Dans leur version de base, la

région centrale de la lentille assure la correction de loin tandis que la périphérie se charge de la correction de près. Lorsqu'on regarde une scène lointaine (plus de 5 mètres) ou proche (30 centimètres), deux images, correspondant aux rayons lumineux qui traversent le centre ou la périphérie de la lentille, se superposent alors sur la rétine. Si l'une est nette, l'autre est très floue : le cerveau fait le tri et ne conserve que l'image nette.

Cette solution, utile pour ceux qui ont besoin de fortes corrections, a toutefois quelques désavantages : d'une part, la présence d'un halo dû à l'image floue ; d'autre part, aux distances intermédiaires, la présence simultanée de deux images un peu floues que le cerveau peine à discriminer.

Lorsque les corrections nécessaires ne sont pas très fortes, il y a une solution plus simple. La plupart du temps, pour voir de loin, le regard traverse la partie supérieure du champ de vision. Et pour voir de près, le regard traverse généralement sa partie inférieure. On peut donc concevoir un dispositif qui corrige différemment dans sa partie supérieure et dans sa partie ➤

Les auteurs ont
dernièrement publié :
En avant la physique !,
une sélection de leurs
chroniques (Belin, 2017).

