

Jeux de lumière

Dossier pédagogique

Enseignants
Cycle 3



Département Education
Cité des sciences et de l'industrie
30, avenue Corentin Cariou
75019 PARIS
www.universcience.fr/education

2014

1) Liens avec le programme scolaire

Compétences du cycle 3 :

☛ Pratiquer une démarche scientifique ou technologique :

- Pratiquer une démarche d'investigation: savoir observer, questionner.
- Manipuler et expérimenter, formuler une hypothèse et la tester, argumenter, mettre à l'essai plusieurs pistes de solutions.

☛ Maîtriser des connaissances dans divers domaines scientifiques et les mobiliser dans des contextes scientifiques différents et dans des activités de la vie courante :

➤ Cours élémentaire deuxième année : Lumières et ombres

- Connaître les conditions d'obtention d'une ombre.
- Savoir qu'à plusieurs sources lumineuses correspondent plusieurs ombres.
- Vocabulaire : lumière, ombre, écran, source lumineuse.

➤ Cours moyen première année : Lumières et ombres

- Savoir expliquer la variation de la forme de l'ombre d'un objet en fonction de la distance source lumineuse / objet et de la position de la source lumineuse.
- Mobiliser ses connaissances sur « Lumières et ombres » pour expliquer et comprendre le phénomène d'alternance du jour et de la nuit.

➤ Cours moyen deuxième année : Lumières et ombres

- Mobiliser ses connaissances sur « Lumières et ombres » pour comprendre et expliquer le phénomène de phases de la Lune.

2) Présentation de l'exposition

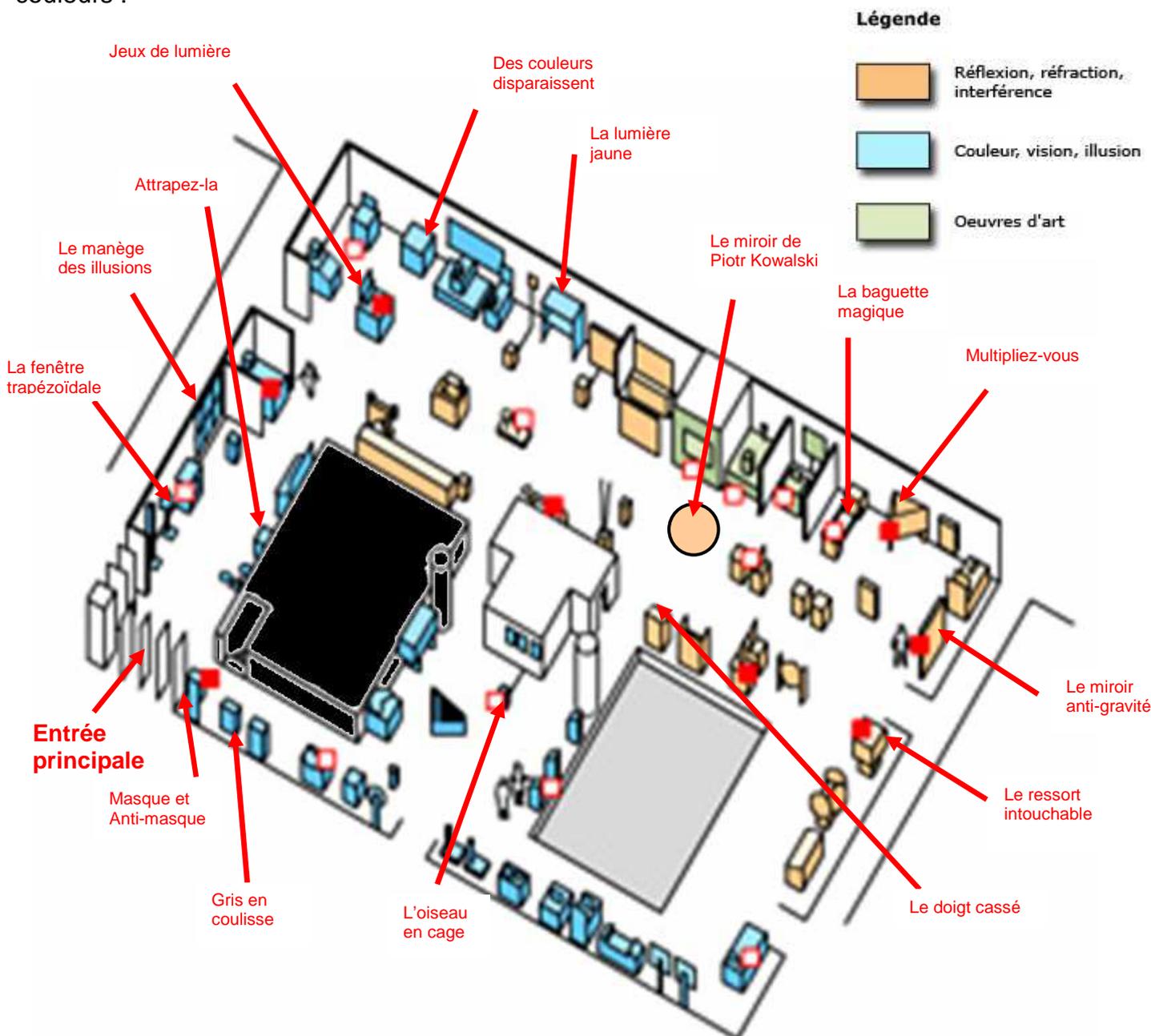
« Jeux de lumière » est une exposition permanente de la Cité des sciences et de l'industrie située sur Explora, au niveau 2.



Sur un vaste plateau recouvert de moquette rouge et dans une ambiance feutrée, l'exposition « Jeux de lumière » vous plonge dans le monde fascinant de la vision. Vous découvrirez les propriétés de la lumière et appréhendez des phénomènes physiques surprenants sur la formation des images, la vision en relief, les illusions optiques, la perception des couleurs...

Cette exposition ludique et interactive invite à tester une soixantaine d'expériences, seuls ou à plusieurs. Les élèves ont le droit de manipuler l'ensemble des installations. Chaque expérience est accompagnée de son mode d'emploi et d'un commentaire qui la situe dans son contexte scientifique. Cette salle d'exposition n'induit pas de parcours unique. La visite s'effectue librement, en fonction des centres d'intérêt et de l'affluence sur certains éléments, il n'y a pas de sens imposé.

L'exposition est construite autour de trois thèmes identifiables sur le plan ci-dessous par les couleurs :



Les installations expliquées ci-dessous sont celles qui ont été sélectionnées pour réaliser les livrets d'activités pour les élèves.

A- Couleurs, vision, illusions

Cette partie traite de la perception de la couleur, du fonctionnement de l'œil et du rôle du cerveau dans la vision.

Les éléments qui abordent la couleur montrent que notre vision en couleur résulte d'une interaction entre la matière, la lumière, la réceptivité de l'œil et le cerveau.

Depuis Newton, on sait qu'un faisceau de lumière blanche traversant un prisme, révèle, en se décomposant, les différentes radiations colorées du spectre lumineux. Si nous voyons les objets qui nous entourent, c'est parce qu'ils absorbent ou diffusent toute ou partie de la lumière.

En 1801, Young pose une hypothèse : la rétine de l'œil est stimulée par des radiations rouges, vertes et bleues. C'est leur interprétation par le cerveau qui crée la sensation de couleur.

En 1861, Maxwell réalise une projection polychrome en superposant trois faisceaux lumineux : rouge, vert et bleu. Ainsi naît la première théorie sur la couleur : la théorie polychrome.

Installation : Masque et anti-masque

En passant devant les masques et en les regardant, on observe que le masque de droite nous suit du regard et qu'il est en relief comme celui de gauche.

1^{er} phénomène : Le cerveau interprète ce qu'il perçoit selon nos acquis, or le cerveau étant peu habitué aux visages creux, il redresse l'image.

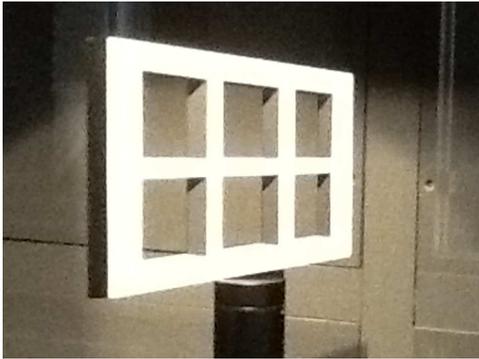
2^{ème} phénomène : Le masque semble nous suivre à cause du phénomène de parallaxe. En effet, quand on change de position, les objets proches de nous semblent s'éloigner très vite et plus l'objet est loin de nous moins il semble se déplacer. Dans ce masque en creux, c'est le bout du nez qui est le plus lointain et qui semble être fixe, le cerveau pense alors que seuls les yeux bougent !

On peut conclure que nous voyons avec notre cerveau un visage qui n'existe pas !

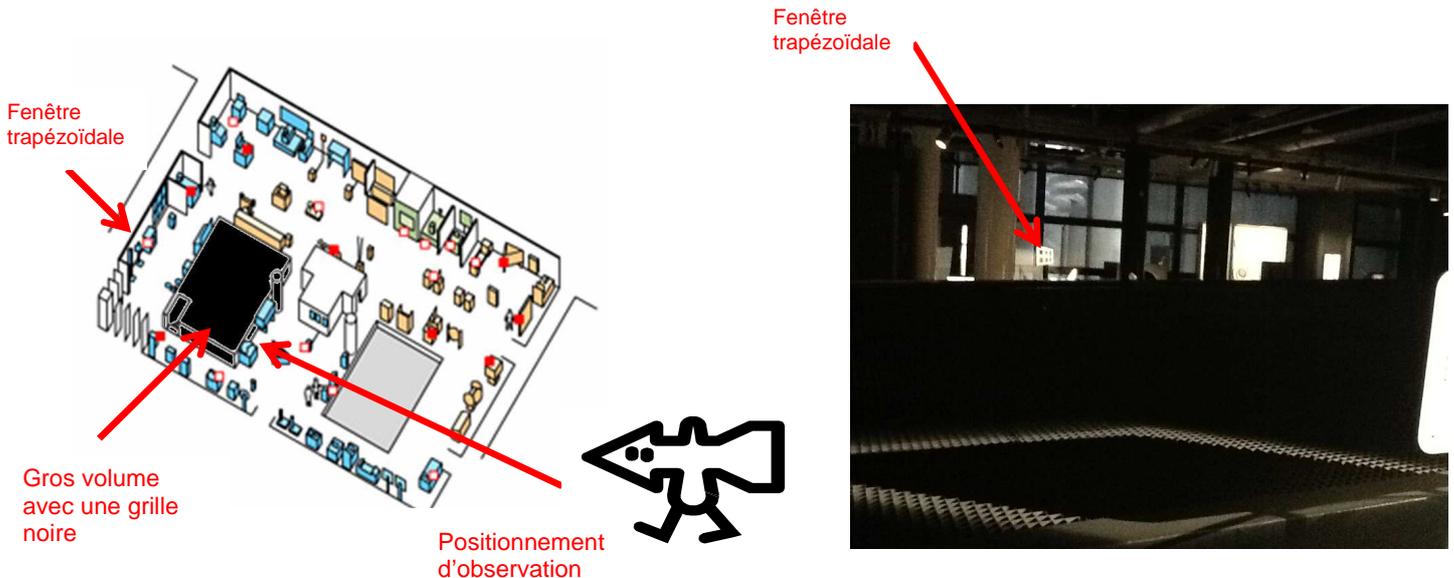


Remarque : Observez les masques mais aussi les cadres !

Installation : La fenêtre trapézoïdale



Il faut expliquer aux élèves de se placer loin de la fenêtre pour mieux observer le phénomène, la meilleure place est le l'autre côté du gros volume avec une grille noire en surface en plein milieu de l'espace, près des oiseaux vert et rouge dans la cage.



La fenêtre semble décrire un battement de gauche à droite mais on a un doute car l'ombre tourne. De loin, nous supposons par habitude que la fenêtre est rectangulaire, donc que son plus petit côté est le plus éloigné ; c'est l'effet de perspective. Quand ce petit côté se rapproche, notre cerveau, habitué aux effets de perspectives, ne peut pas l'imaginer comme un élément plus près de nous c'est-à-dire devant le grand côté. La fenêtre semble pivoter dans le sens opposé, d'où la sensation de battement, d'oscillation.

En se rapprochant de l'installation, plus de doute, la fenêtre est bien en rotation. C'est sa forme de trapèze qui génère le doute au niveau du cerveau qui interprète alors ce qu'il perçoit selon nos acquis.

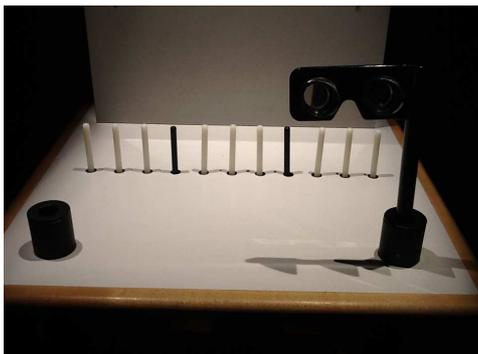
Installation : Le manège des illusions



Il faut regarder chaque disque, un par un, tourner un certain temps pour saisir l'effet de chaque illusion.

Le cerveau ne comprend pas bien, ne perçoit pas bien ces images extravagantes et tournoyantes, il va créer les déformations nécessaires pour les assimiler à des motifs plus familiers. En effet le cerveau a plus l'habitude de percevoir des cercles inclinés plutôt que les ellipses en rotation.

Installation : Attrapez-la



Essayons d'attraper la baguette noire :

- **sans les lunettes** : facile !
- **avec les lunettes** : on attrape la baguette d'à côté car le verre biseauté des lunettes provoque un décalage de la vision.
- **toujours avec les lunettes mais avec un peu d'entraînement** : ça devient facile car on sait qu'on doit faire attention.
- **à nouveau sans lunettes** : surprise !!! On se trompe ! Notre cerveau s'était adapté et il lui faut le temps de revenir à ses habitudes antérieures.

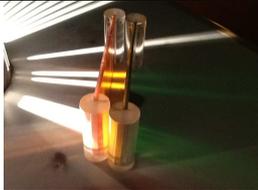
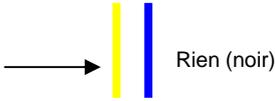
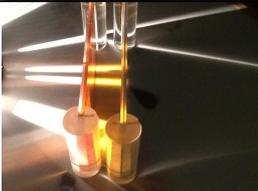
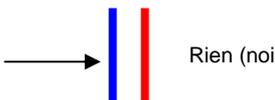
Installation : Jeux de lumière

Tout filtre, comme un filtre à café, joue un rôle sélectif : il laisse passer une partie de ce qu'il reçoit et retient l'autre.

Un filtre de lumière, lui, laisse passer la (ou les) radiation(s) lumineuse(s) qui correspond(ent) à sa propre couleur et absorbe (ou éteint) les autres radiations lumineuses.

1^{ère} manipulation : Après le faisceau de lumière blanche (\longrightarrow), placer un filtre :

Couleur du (des) filtre(s)	Lumière récupérée après avoir traversé le (les) filtre(s)	Schéma	Photos
rouge	rouge		
vert	verte		
bleu	bleue		
jaune	jaune		
Jaune et rouge	rouge		

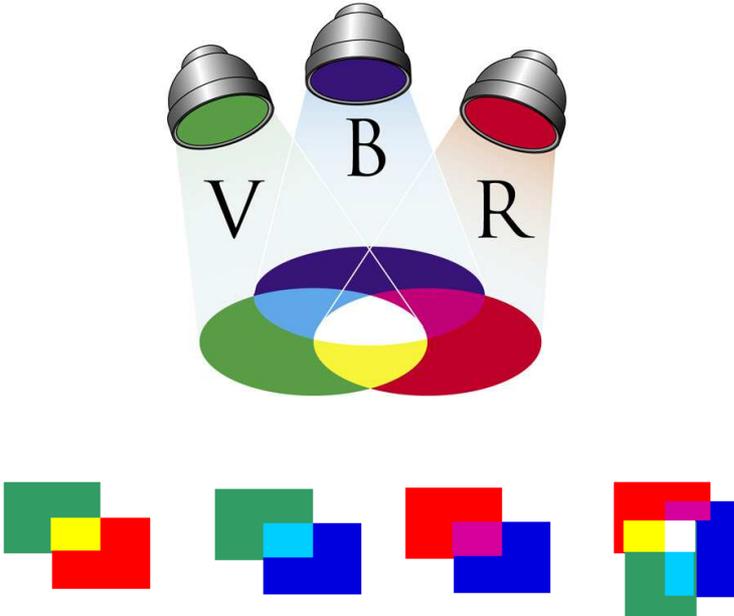
Jaune et vert	verte		
Jaune et bleu	Aucune (on voit du noir)	 Rien (noir)	
Bleu et rouge	Aucune (on voit du noir)	 Rien (noir)	

On peut en déduire que :

- le jaune est une couleur qui est un mélange de rouge et de vert.
- le bleu, le vert et le rouge ne laissent passer que leurs propres couleurs, ce sont les couleurs primaires en lumière.

Plus le nombre de filtres superposés augmente et plus l'intensité lumineuse diminue.

2^{ème} manipulation : À l'aide des faisceaux de lumière colorée et des miroirs, faire superposer (ou mélanger) les faisceaux de lumières :

Couleur des faisceaux de lumière superposés	Couleur obtenue	Schémas
Rouge + bleu	Magenta (rose fushia)	
Rouge + vert	jaune	
Bleu + vert	Cyan (bleu turquoise)	
Rouge + bleu	Blanc	

On peut en déduire qu'on peut fabriquer la lumière blanche en superposant les couleurs de l'arc-en-ciel ou plus simplement les 3 couleurs primaires en lumière : Rouge, Vert et Bleu.

La luminance accroît avec le nombre de radiations superposées. Le blanc est au maximum de luminosité et le noir au minimum.

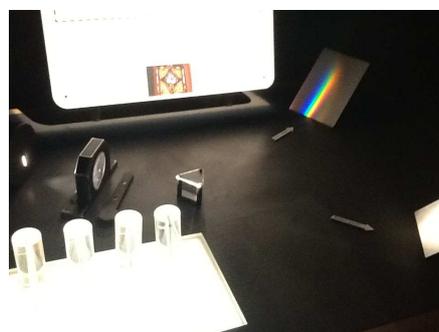
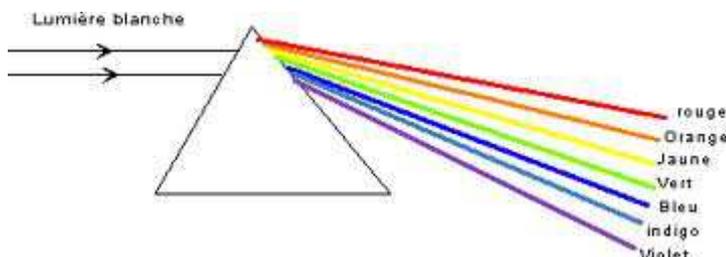
Installation : Des couleurs disparaissent

1^{ère} manipulation :

Le spectre (raies colorées qui forment un arc-en-ciel) visible sur l'écran arrière provient de la lumière blanche qui s'est décomposée après avoir traversé le prisme. On peut donc conclure que la lumière blanche est composée de toutes les couleurs de l'arc-en-ciel.

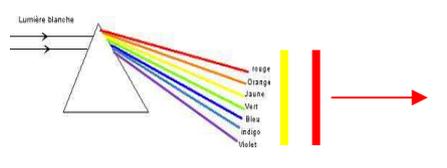
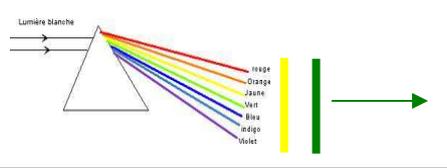
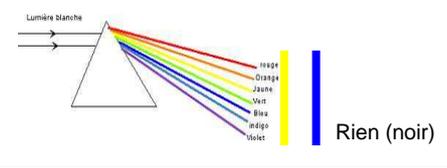
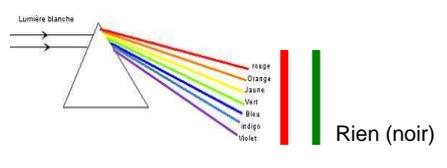
Les élèves doivent bien comprendre que toutes les couleurs de l'arc-en-ciel sont toujours contenues dans la lumière blanche (lumière du soleil, lumière d'une ampoule) mais il faut la faire passer à travers un prisme, une goutte d'eau...ou la faire réfléchir sur la face gravée d'un CD pour observer la décomposition.

Le prisme est un système optique, taillé dans un milieu transparent comme le verre ou le plexiglas, constitué de 3 faces planes rectangulaires et de deux faces planes triangulaires parallèles. On le schématise par un triangle.



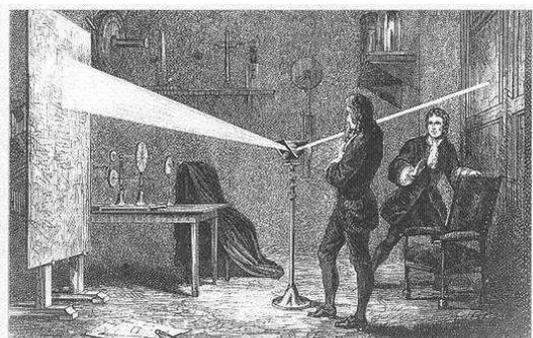
2^{ème} manipulation : Après le prisme, donc sur le spectre, placer un filtre :

Couleur du (des) filtre(s)	Lumière récupérée après avoir traversé le (les) filtre(s)	Schéma
rouge	rouge	
vert	verte	
bleu	bleue	
jaune	jaune	

Jaune et rouge	rouge	
Jaune et vert	verte	
Jaune et bleu	Aucune (on voit du noir)	
Rouge et vert	Aucune (on voit du noir)	

On peut en déduire que :

- le jaune est une couleur qui est un mélange de rouge et de vert puisque le filtre jaune ne laisse passer que les couleurs verte et rouge.
- le bleu, le vert et le rouge ne laissent passer que leurs propres couleurs, ce sont les couleurs primaires en lumière.
- un filtre laisse passer sa propre couleur et retient toutes les autres, empêche toutes les autres de passer.



Newton en train de réaliser l'expérience des couleurs (1666). (Gravure du XIX^e siècle.)

La lumière blanche du soleil ou d'une lampe porte en elle toutes les couleurs ! C'est le mathématicien, physicien et astronome anglais Isaac NEWTON (1642-1727) qui a avancé cette idée surprenante en 1669. L'expérience consiste à projeter un faisceau lumineux très concentré sur un prisme lui donnait raison.

Les lumières colorées, tout comme les ondes radio, les rayons gamma ou X, sont des ondes électromagnétiques. Ces vibrations se distinguent les unes des autres par leur longueur d'onde et par l'énergie qu'elles véhiculent. Notre œil n'est sensible qu'à une fraction d'entre elles. La longueur d'onde dominante indique ce qu'on appelle couramment la teinte de la lumière considérée et définit la nature de la couleur (jaune, rouge,...).

Lorsqu'un rayon lumineux traverse un prisme, il est dévié en pénétrant dans le verre. Il est ensuite dévié une seconde fois lorsqu'il sort du verre. C'est cette double réfraction au sein du prisme qui permet la décomposition de la lumière blanche en un magnifique dégradé de couleurs appelé le spectre de la lumière blanche. En effet, les couleurs qui composent la lumière blanche ne sont pas réfractées exactement selon le même angle puisqu'elles ont des longueurs d'onde différentes qui s'étendent de 380 nanomètres à 780 nanomètres pour le

rouge. Plus la longueur d'onde de la couleur est petite, plus cette couleur est réfractée, donc déviée. La lumière rouge est la moins réfractée et la lumière violette, la plus réfractée.

Remarque : Une couleur primaire est une couleur dont le mélange avec les autres couleurs primaires permet de reproduire une grande palette de couleurs visibles.

Dans **la synthèse additive**, l'objet lumineux est une source de lumière primaire (source qui crée sa propre lumière : télévision, ampoule, soleil...). On obtient alors toutes les couleurs que l'on veut en mélangeant en plus ou moins grande quantité les trois couleurs additives primaires : rouge, vert et bleu.

Dans **la synthèse soustractive**, l'objet lumineux est une source de lumière secondaire (ex : ce procédé est utilisé en peinture, en photographie et en imprimerie). Cet objet est éclairé en lumière blanche et il absorbe un certain nombre de couleurs (d'où le terme de soustraction) pour ne diffuser que les autres. On obtient alors toutes les couleurs que l'on veut en mélangeant en plus ou moins grande quantité les trois couleurs soustractives primaires : jaune, magenta et cyan. En peinture, on parlait par méconnaissance, il y a longtemps, de rouge, jaune et bleu.

La peinture jaune absorbe le bleu et renvoie le rouge et le vert.

La peinture cyan absorbe le rouge et renvoie le bleu et le vert.

La peinture magenta absorbe le vert et renvoie le bleu et le rouge.

Installation : La lumière jaune

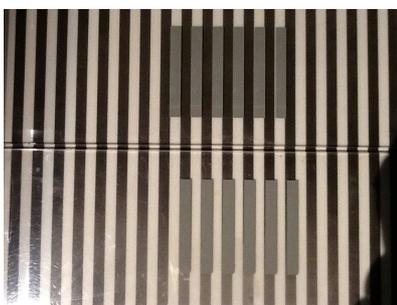
Cette lumière monochromatique jaune provient d'une lampe à vapeur de sodium du type de celles qui sont utilisées pour illuminer certaines avenues ou certains tunnels. Il s'agit d'une couleur jaune monochrome avec une longueur d'onde bien précise.

Si un objet a des pigments qui sont capables de renvoyer cette longueur d'onde, il apparaît jaune.

Si un objet renvoie une partie de la lumière jaune et absorbe l'autre, il apparaît gris.

Si un objet absorbe la totalité de la lumière jaune, il apparaît noir.

Installation : Gris en coulisse



Il faut faire coulisser les bandes grises. Une même teinte paraît plus ou moins claire en fonction des couleurs voisines. Certaines cellules enregistrent une vision globale de l'image, elles combinent la lumière provenant de plusieurs radiations lumineuses et réagissent comme si cette lumière était mélangée.

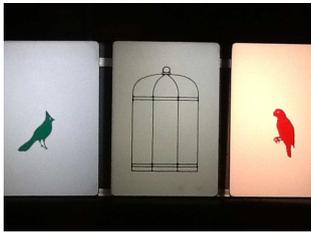
Donc, la couleur n'existe pas, c'est une sensation qui est influencée par l'environnement proche de l'objet.

Installation : L'oiseau en cage

L'œil peut distinguer des milliers de couleurs avec des cellules sensibles uniquement au rouge, au vert, au bleu. Ces cellules sont appelées des « cônes » et sont au nombre de 6 millions par rétine. Lorsqu'un type de cônes fait défaut, la perception des couleurs est imparfaite ; on parle

alors de daltonisme. On dit souvent que les daltoniens confondent le vert et le rouge. Plus exactement, leur perception du monde des couleurs est très éloignée de la nôtre : ils ne perçoivent que deux couleurs dominantes, mais ils distinguent bien souvent les autres couleurs par des nuances différentes.

Sur la rétine, il existe d'autres cellules, les bâtonnets, qui permettent de percevoir la luminosité ainsi que le mouvement.



Choisir en premier le perroquet rouge, fixer son œil pendant 15 à 20 secondes, puis regarder immédiatement et brusquement vers la cage.

Quand l'œil fixe longtemps le rouge, les cônes sollicités et stimulés pour percevoir cette couleur se fatiguent et perdent de leur sensibilité. Quand l'œil relâche l'attention sur le rouge en regardant le fond blanc de la cage, les cônes verts et bleus sont soudainement suractivés, on perçoit l'oiseau avec la couleur complémentaire en lumière du rouge, c'est-à-dire le blanc moins le rouge qui correspond au cyan.

L'image fantomatique qui flotte dans notre champ de vision est appelée image résiduelle, elle persiste encore quelques instants sur notre rétine après avoir cessé de regarder l'objet et notre cerveau l'a projetée à l'extérieur. On a l'impression de voir une couleur qui n'existe pas.

Couleur de l'oiseau	Cône fatigué	Cônes au repos	Couleur complémentaire en lumière	Justification
vert	vert	Rouge et bleu	magenta	Blanc - Vert \Rightarrow magenta
rouge	rouge	Vert et bleu	cyan	Blanc - Rouge \Rightarrow cyan

B- Réflexion, réfraction, diffraction, interférences

Installation : La baguette magique



Sans baguette ni écran



Avec baguette ou écran



Un projecteur émet une image mais on ne la voit pas. Comment visualiser cette image ?

1^{ère} méthode : Placer une feuille, un carton, un cahier... qui sert d'écran devant le projecteur. La lumière ne se voit pas, on peut visualiser l'image seulement si elle est diffusée par un écran. On met en évidence la nécessité d'un écran pour visualiser une image réelle.

2^{ème} méthode : Agiter plus ou moins rapidement une baguette devant le projecteur. Une portion de l'image est recueillie sur la baguette et cette image persiste dans l'œil pendant quelques centièmes de secondes jusqu'à ce qu'une image suivante arrive à la rétine de notre œil. Entre deux images successives, le cerveau oublie les écrans noirs, d'où notre impression de voir une image entière et en continu.

Pour donner une impression de fluidité du mouvement, les images nous sont projetées au rythme de :

- 24 images / seconde au cinéma

- 30 images / seconde à la télévision

La baguette sert d'écran de diffusion pour percevoir l'image.

Installation : Le miroir de Piotr Kowalski

Impossible de le rater...

C'est un tourniquet de 4 grands miroirs à angle droit !



1^{ère} manipulation :

Avant tout, cherchons non loin du tourniquet un miroir plan « ordinaire ».

Devant ce miroir plan, levons un bras puis l'autre. L'image reflétée apparaît inversée, à notre geste de la main droite correspond le geste de la main gauche de notre reflet. Le miroir joue le rôle d'axe de symétrie. Quand la lumière réfléchie de notre corps touche le miroir devant nous, elle est renvoyée directement et crée notre image inversée.

2^{ème} manipulation :

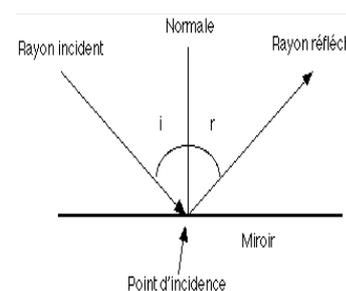
Devant le miroir de Piotr Kowalski, faisons de même. Notre image réfléchie apparaît à l'endroit. Au geste de notre main droite correspond le geste de la main droite de notre reflet.

3^{ème} manipulation, à faire à deux :

Un élève A se regarde dans les miroirs tournants et un autre B est derrière A. B, sans rien dire, pointe du doigt l'oreille que A doit se gratter. Naturellement, A se grattera l'oreille opposée car il est, comme tout le monde, habitué à se regarder dans un miroir ordinaire !

Quand on est face aux deux miroirs, chaque miroir retourne l'image inversée de l'un vers l'autre et notre reflet est redressé. Ce miroir nous renvoie une image fidèle à ce que nous sommes. Nous nous voyons tels que les autres nous voient, à travers le reflet d'un reflet.

La réflexion est le phénomène par lequel la lumière change brusquement de direction au moment où elle rencontre la surface qui sépare deux milieux différents (eau-air, air-plastique, ...). On peut comparer ce phénomène à une balle qui rebondit sur un mur. Lorsque la surface est plane, lisse et brillante comme un miroir, le rayon lumineux est réfléchi selon le même angle que l'angle d'incidence.



Installation : Le ressort intouchable

Un fantôme de ressort plus vrai que nature !

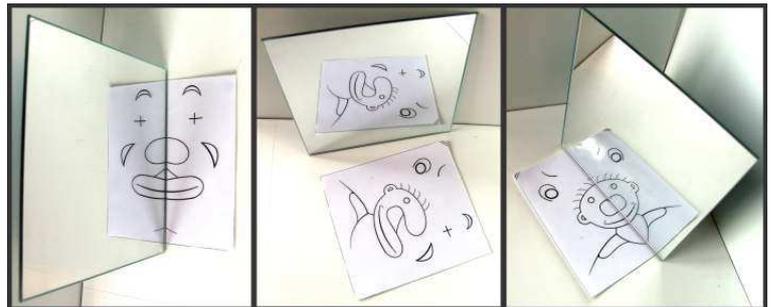


Essayons d'attraper le ressort ! Ce n'est pas l'objet ressort qu'on attrape mais son image qui est de la lumière et donc insaisissable !

Dans la boîte, le ressort (le vrai) est éclairé par une lampe. La lumière renvoyée par le ressort se réfléchit sur le miroir. Grâce à la forme concave du miroir, la lumière diffusée par chaque point du ressort converge en un point unique (cf schéma ci-dessus). L'ensemble de ces points donne une image du ressort. Notre cerveau ne fait pas la différence entre la lumière diffusée directement par le ressort ou la lumière du ressort réfléchi par le miroir concave, notre cerveau est dupé !

Installation : Le miroir anti-gravité

Il faut cacher la moitié de son corps derrière le miroir et agiter le bras et la jambe du côté du miroir plan et dont la lumière va pouvoir se refléter dans le miroir. Ici le miroir joue le rôle d'axe de symétrie.

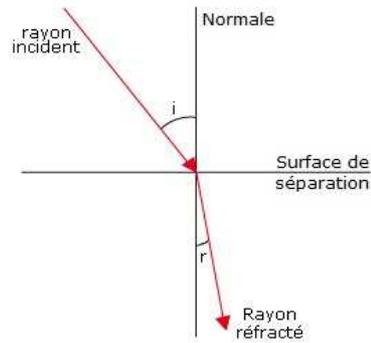
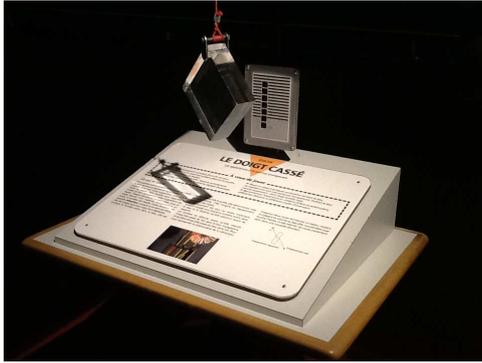


Installation : Multipliez-vous



Un assemblage de miroirs à angles de 60° multiplie notre image à l'infini.

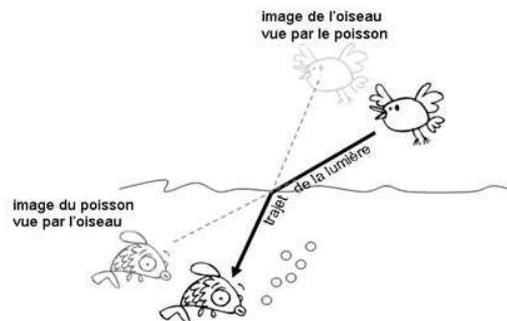
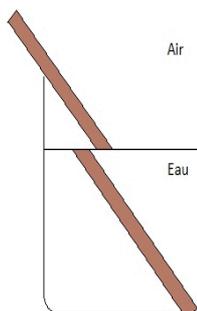
Installation : Le doigt cassé



La lumière qui traverse un bloc en plastique se réfracte, déformant ou déplaçant les images.

La lumière se déplace en ligne droite temps qu'elle reste dans le même milieu transparent.

Lorsqu'un faisceau lumineux passe d'un milieu transparent à un autre (air, eau, verre) avec un certain angle, il change légèrement de direction dès qu'il touche la surface du nouveau milieu. Cette déviation du rayon lumineux se nomme la réfraction. Ce phénomène est causé par la différence de vitesse de la lumière entre les deux milieux. L'aspect brisé d'un crayon plongé dans l'eau est une manifestation concrète du phénomène de réfraction.



milieu	air	eau	verre
Vitesse de la lumière traversant ce milieu	300 000 km/s	225 000 km/s	200 000 km/s

A retenir de l'ensemble de ces expériences :

- La lumière visible est un rayonnement qui permet à l'être humain de voir les choses.
- On voit parce qu'on reçoit de la lumière colorée, la perception de cette couleur dépend de l'œil qui la reçoit.
- On voit avec le cerveau qui interprète l'image reçue par l'œil.
- La couleur n'existe pas, c'est une sensation.
- Le cerveau peut créer le mouvement.
- Les illusions d'optique ne sont pas des erreurs de notre œil, mais des créations de notre cerveau, qui, habitué à traduire les sensations d'une certaine manière et recevant un message nouveau, l'interprète de façon erronée.

Cette exposition intéresse beaucoup les élèves, petits et grands, mais souvent ils passent vite d'une installation à une autre sans approfondir les phénomènes présentés.

Nous vous conseillons quatre temps importants lors de votre visite :

☒ Présentation générale et rapide de l'exposition aux élèves par un adulte, leur préciser :

- qu'ils doivent rester dans l'espace délimité par la moquette rouge.
- que chaque installation porte un nom et un panneau d'explication de l'expérience à effectuer et du phénomène.
- qu'ils sont autorisés à manipuler toutes les installations de l'exposition.
- qu'ils ont le droit de prendre des photos.

☒ Visite découverte libre :

Les élèves découvrent par eux même l'exposition, seul ou en groupe pendant un temps défini par l'enseignant et ne devrait pas dépasser 30 minutes.

☒ Travail en autonomie sur quelques installations ciblées dans les livrets :

L'enseignant regroupe les élèves par 3 ou 4 et chaque groupe choisit son livret d'activité. Le travail se fait en autonomie et ne doit pas dépasser 30 minutes.

☒ Restitution du travail :

Cette étape peut se faire dans l'exposition ou au retour en classe.

4) Pour compléter votre visite

☒ Sitographie

- Universcience TV

Voici une série de reportages sur la lumière et la couleur réalisés par Alain Secret, médiateur scientifique de la Cité des sciences et de l'industrie.

<http://www.universcience.tv/categorie-alain-et-les-couleurs-581.html>

- CLE@, Science à l'école

Ce site présente un document pédagogique commenté, à destination de la formation des enseignants, conçu pour l'opération « L'univers à portée de main », sous l'égide du Ministère de l'Éducation Nationale et de la Recherche.

<http://www.ac-nice.fr/clea/lunap/html/Couleurs/CoulEnBref.html>

<http://www.ac-nice.fr/clea/lunap/html/Couleurs/CoulApprof.html>

- France 5

Ce site propose aux enseignants des activités en ligne à réaliser en classe avec les élèves, notamment sur le thème de la lumière.

<http://education.francetv.fr/videos/fabriquer-un-dispositif-pour-produire-un-arc-en-ciel-v110417>

☒ Bibliographie

Les ouvrages qui suivent sont disponibles à la bibliothèque de la Cité des sciences et de l'industrie (BSI).

- **Le labo des sons et des lumières, expériences de physique hautes en couleur et en musique** – *Paroles d'Alain Schuhl et orchestration visuelle d'Hélène Maurel* – 2010 – Editions le Pommier, Paris, 95p. : c'est un ouvrage ludique conçu pour jeunes qui propose des activités manuelles et des définitions claires afin de découvrir et comprendre les notions sur le thème du son et de la lumière.

- **La couleur** – Texte établi par Marie-Anne Vuillerme avec la collaboration de Mireille Lamarque – 1991 - Editions Bordas, *Le petit chercheur*, Paris, 29p. : c'est un ouvrage pour les jeunes qui propose des activités manuelles afin de découvrir et observer des phénomènes physiques et chimiques sur le thème de la couleur.

- **La science, 175 expériences à réaliser** – Publié par Istituto geografico de Agostini S.P.A Novara – 2006 – Editions Glénat, Italie, 214p. : Recueil de fiches d'activités scientifiques conçu pour les jeunes. Chaque fiche propose une activité, un questionnement, une explication du phénomène et un complément d'information.

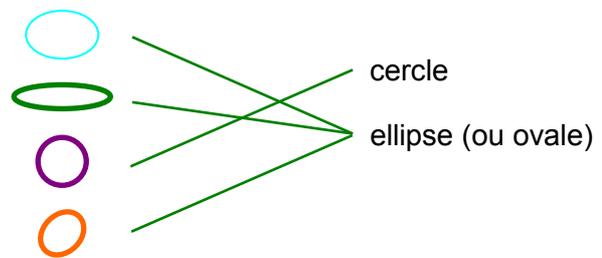
- **Jeux de lumière** – Catherine Brébion et Rémi Mouillet – Explora Citédoc, Cité des sciences et de l'industrie : Dossier complet de l'exposition « Jeux de lumière ».

Et bien d'autres ouvrages de la BSI à retrouver sur le site de l'exposition « Ombre et lumière »...

5) Correction des activités proposées dans les livrets des élèves

Le manège des illusions

Relie chaque forme à son nom :



Regarde chaque disque immobile puis en rotation :

Explique par une phrase simple ce que tu observes et ce que tu ressens :

.....
.....

Le phénomène observé est dû à :

- Au fonctionnement des yeux
- Au fonctionnement du cerveau
- Une force extraterrestre

Ce phénomène s'appelle une

ILLUSION d'**OPTIQUE**

Attrapez-la !

Essaie d'attraper la baguette noire :

Sans les lunettes. Alors ?

J'ai attrapé une baguette noire
J'ai attrapé une baguette blanche

Avec les lunettes sur ton nez. Alors ?

J'ai attrapé une baguette noire
J'ai attrapé une baguette blanche

Toujours avec les lunettes mais avec un peu d'entraînement. Alors ?

- Facile, je m'habitue aux lunettes
- J'attrape toujours une baguette blanche

A nouveau sans lunettes. Alors ?

- J'ai attrapé la baguette noire
- J'ai attrapé une baguette blanche

Voici une explication :

Quand on porte ces lunettes pour la première fois, on attrape la baguette d'à côté car ce sont des lunettes pour voir dans les coins, des lunettes pour voir de travers !!! Donc ta vision est décalée !

Avec un peu d'entraînement, ça devient facile car notre cerveau a compris qu'il doit faire attention.

A nouveau sans lunettes : surprise !!! On se trompe ! Notre cerveau s'était adapté et il lui faut le temps de revenir à ses anciennes habitudes, à la normalité.

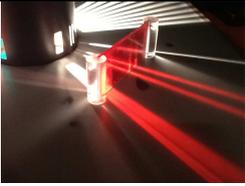
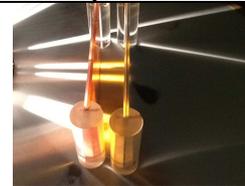
Jeux de lumière

Le savais-tu ?

La lumière blanche du soleil ou d'une lampe porte en elle toutes les couleurs ! C'est le mathématicien, physicien et astronome anglais Isaac NEWTON (1642-1727) qui a avancé cette idée surprenante en 1669.

► Place un ou deux filtres de couleur sur les faisceaux de lumière blanche :

Rajoute la couleur de la lumière observée après avoir traversé le (ou les) filtre(s) sur chaque schéma à l'aide de crayons ou de feutres :

Filtre rouge	Filtre vert	Filtre bleu	Filtre jaune
			
Filtres jaune et rouge	Filtres jaune et vert	Filtres jaune et bleu	Filtres bleu et rouge
			

A quoi sert le filtre dans cette expérience ? (Tu peux cocher plusieurs cases)

- A fabriquer de nouvelles couleurs
- A retenir certaines couleurs
- A laisser passer sa propre couleur

A l'aide de miroirs, réalise le mélange de deux faisceaux de lumière colorée :

Quelles couleurs as-tu fabriqué ?

Rouge + Bleu *Magenta (rose)*

Vert + Bleu *Cyan (turquoise)*

Le jaune est un mélange. De quoi est composée la lumière jaune ?

- De rouge et de vert
- De rouge et de bleu
- De bleu et de vert

Définition :

En lumière, une couleur primaire est une couleur unique. En superposant plusieurs couleurs primaires, on peut fabriquer d'autres couleurs qui seront donc des mélanges.

Question pour une graine de champion : D'après cette définition et les expériences que tu viens de réaliser, quelles sont les couleurs primaires en lumière ?

rouge rose turquoise orange vert bleu jaune

Des couleurs disparaissent

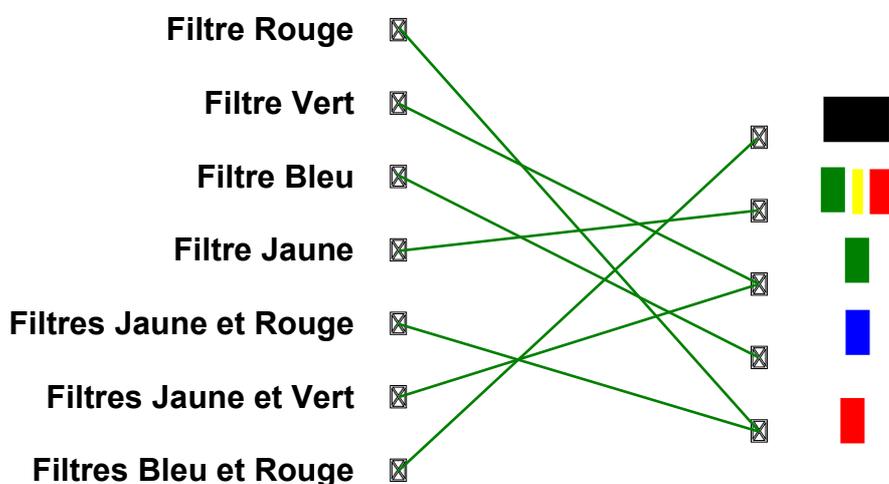
Observe l'installation :

La lumière reçue par l'écran avant ne traverse pas le prisme, que vois-tu ? *On voit la même lumière blanche que la lampe.*

La lumière reçue par l'écran arrière traverse le prisme, que vois-tu ? *On voit des raies de couleurs, comme un arc-en-ciel.*

Place un ou deux filtres de couleurs juste devant la source de lumière :

Relie la couleur du filtre installé aux couleurs observées sur l'écran arrière :



Question pour une graine de champion : Parmi les 4 couleurs de filtres utilisés, quelle couleur est un mélange ? Pourquoi ? *Seule la couleur jaune est un mélange puisque le filtre jaune ne laisse passer que les couleurs Vert et Rouge en plus du jaune.*

La lumière jaune

- ▶ Observe certains de tes objets personnels (pull, T-shirt, crayon, stylo, chemise plastifiée...) colorés quand ils sont éclairés sous cette lumière jaune.

Objet choisi	Sa couleur, éclairé en lumière blanche.	Sa couleur, éclairé en lumière jaune.	Quelle explication peux-tu trouver ?
			<i>Un objet éclairé en lumière jaune pure apparaîtra jaune, gris ou noir en fonction de la quantité de lumière jaune absorbée. Plus l'objet absorbe du jaune, plus il apparaîtra noir à nos yeux.</i>

Gris en coulisse

- ▶ Sur les deux plaques, place les raies grises sur les bandes blanches :

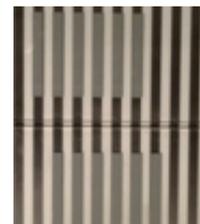
Comment te semble le gris :

- de la plaque du haut ? clair foncé
- de la plaque du bas ? clair foncé

- ▶ Sur les deux plaques, place les raies grises sur les bandes noires :

Comment te semble le gris :

- de la plaque du haut ? clair foncé
- de la plaque du bas ? clair foncé



- ▶ Sur la plaque du haut, place les raies grises sur les bandes noires et sur la plaque du bas, place les raies grises sur les bandes blanches :

Comment te semble le gris :

- de la plaque du haut ? clair foncé
- de la plaque du bas ? clair foncé



- ▶ Sur la plaque du haut, place les raies grises sur les bandes blanches et sur la plaque du bas, place les raies grises sur les bandes noires :

Comment te semble le gris :

- de la plaque du haut ? clair foncé
- de la plaque du bas ? clair foncé

D'après cette expérience, que peux-tu dire de la couleur ?

- On voit les couleurs toujours de la même façon
 On voit une couleur en fonction de son environnement

Qu'est-ce qui change ?

- La couleur elle-même
 Notre vision de la couleur

L'oiseau en cage

Le savais-tu ?

Nous pouvons distinguer des milliers de couleurs mais notre œil, lui, est composé de cellules, de capteurs sensibles uniquement au BLEU, au VERT et au ROUGE.

Quand un œil fixe trop longtemps une de ces trois couleurs, les capteurs stimulés pour percevoir cette couleur se fatiguent et perdent leur sensibilité.

- Fixe l'œil du perroquet rouge pendant 15 à 20 secondes puis, brusquement, regarde la cage :

Que vois-tu dans la cage ?

- Un singe vert
 Un perroquet rouge
 Un perroquet turquoise

Barre le capteur qui a travaillé et entoure les capteurs restés au repos :

BLEU VERT ROUGE

- Fixe l'œil du cardinal vert pendant 15 à 20 secondes puis, brusquement, regarde la cage :

Que vois-tu dans la cage ?

- Un cardinal rose
 Un cardinal vert
 Un singe rouge

Barre le capteur qui a travaillé et entoure les capteurs restés au repos :

BLEU VERT ROUGE

La baguette magique

- Observe l'installation, le projecteur d'image et l'espace vide entre les deux barrières, sans toucher à la baguette :

Le projecteur fonctionne et pourtant tu ne vois pas d'image comme au cinéma.

Pourquoi ? (Tu peux cocher plusieurs cases)

- La lumière n'est pas assez intense
 Il manque un écran blanc
 Tes yeux ne s'habituent pas au manque de lumière de l'exposition

▶ Place une feuille en plein milieu de l'espace :

Note 4 images que tu as pu voir : *Un domino, un avion, une rosace, une voiture...*

Au cinéma, tu peux voir les images parce que : (Tu peux cocher plusieurs cases)

- il fait noir
- il y a un écran qui renvoie la lumière vers tes yeux
- tu ne fermes pas les yeux
- le projecteur fonctionne
- les sièges sont confortables

▶ Agite la baguette en plein milieu de l'espace :

Tu vois mieux l'image quand la baguette est agitée :

- rapidement
- lentement

A quoi sert la baguette ?

- A faire de la magie
- A jouer le rôle de l'écran
- A agiter l'air
- A renvoyer la lumière

Voici une explication :

La lumière ne se voit pas, elle est invisible, sauf quand elle rencontre un objet. Les objets réfléchissent la lumière vers nos yeux.

Pour donner une impression de fluidité du mouvement, les images sont projetées au rythme de :

- 24 images par seconde au cinéma
- 30 images par secondes à la télévision

Le miroir de Piotr Kowalski

▶ Trouve un grand miroir dans l'exposition et observe ton reflet comme chez toi dans ta salle de bain ! Lève la main gauche puis le pied droit.

Que fait ton reflet dans le miroir ?

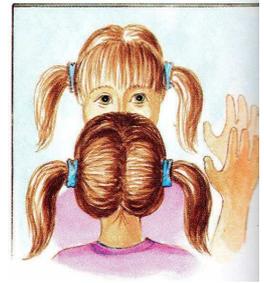
- Il lève sa main droite
- Il lève sa main gauche
- Il lève son pied droit
- Il lève son pied gauche

▶ Fais les mêmes mouvements devant le miroir de Piotr Kowalski : Tu ne peux pas le rater, c'est un tourniquet de 4 grands miroirs à angle droit !

Que fait ton reflet dans ce miroir étrange ?

- Il lève sa main droite
- Il lève sa main gauche
- Il lève son pied droit
- Il lève son pied gauche

Relie l'image qui correspond à ce que tu observes quand tu es devant un miroir :



Miroir ordinaire
(comme celui de ta salle de bain)

Miroir de Piotr Kowalski
(miroir à angle droit)

Ton reflet à travers le miroir ordinaire est :

- le symétrique de toi-même
- l'image exacte de toi-même

Ton reflet avec le miroir de Piotr Kowalski est :

- le symétrique de toi-même
- l'image exacte de toi-même

Voici une explication :

Un seul miroir inverse notre image et le miroir joue le rôle d'un axe de symétrie. Quand on est face aux deux miroirs, chaque miroir retourne l'image inversée de l'un vers l'autre et notre reflet est redressé. Ce miroir nous renvoie une image fidèle. Nous nous voyons comme les autres nous voient, à travers le reflet d'un reflet.

- ▶ Dans le groupe, il faut désigner deux élèves : l'élève 1 se place devant le miroir et écoute les consignes de l'élève 2.

Consignes pour l'élève 2 : Rapidement et sans parler, tu vas indiquer à l'élève 1 l'oreille de ton choix en la pointant du doigt et sans la toucher.

Elève 2 dit à élève 1 : « Tu te regardes dans le miroir tournant, tu vas te gratter l'oreille que je vais pointer du doigt. »

Que s'est-il passé ? *Si cette activité est bien menée et rapidement (sans prendre le temps de réfléchir), l'élève 1 doit gratter l'autre oreille !*

Le ressort intouchable

- ▶ Essaie d'attraper le ressort :



Alors, qu'est-ce qui t'es arrivé ? *On ne sent rien dans la main.*

Qu'as-tu attrapé ?

- Un fantôme déguisé en ressort
- Le reflet d'un vrai ressort
- Une image envoyée par un projecteur

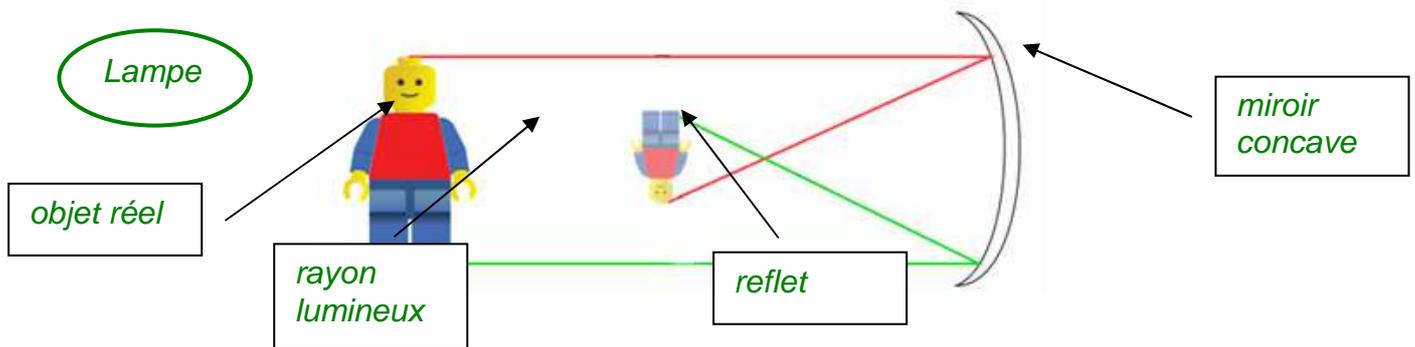
Cherche le vrai ressort. Où se trouve-t-il ?

- Sous ce qu'on voit
- Derrière le miroir
- Nulle part, c'est une projection

► Aide-toi du tableau explicatif :

Sur le schéma avec le personnage Lego :

- Complète la légende grâce aux mots : miroir concave, rayon lumineux, objet réel, reflet.
- Rajoute une lampe. attention à bien la placer !

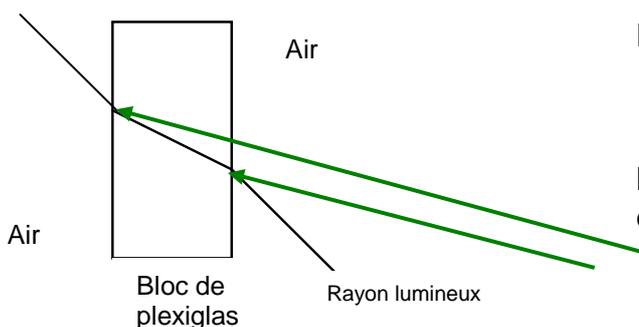
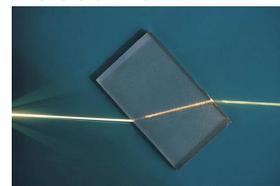


Quand tu te regardes dans un miroir, peux-tu attraper ton reflet ? *NON*

Le doigt cassé

► Observe un de tes doigts ou un crayon à travers le bloc transparent que tu fais bouger doucement dans tous les sens de plusieurs façons :

Coche les phénomènes qui ressemblent à ce que tu viens d'observer :



La lumière va-t-elle toujours tout droit ?

- OUI
- NON

Indique par une flèche sur le schéma les endroits où la lumière est déviée.

Dans les photos précédentes, qu'est-ce qui provoque la déviation de la lumière ?

Dans la 2^e photo, on a l'impression que le crayon est cassé, or ce n'est pas le cas.

Dans la 3^e photo, on voit que le rayon de lumière n'est pas en ligne droite.

Voici une explication :

La lumière voyage en ligne droite, à moins que quelque chose ne la bloque. Les matières comme l'air, l'eau et le verre sont transparentes ; la lumière passe donc à travers. La lumière continue à voyager en ligne droite, mais change légèrement de direction quand elle frappe une nouvelle matière car la vitesse de la lumière varie.

6) Informations pratiques

☒ Adresse :

Cité des sciences et de l'industrie
30, avenue Corentin Cariou
75019 PARIS
<http://www.cite-sciences.fr>

☒ Accès

Métro ligne 7 : Porte de la Villette
Bus : 139, 150, 152
Tram T3b : Porte de la Villette

☒ Horaires d'ouverture

Du mardi au samedi de 10 h à 18 h, le dimanche de 10 h à 19 h, accès à la billetterie et aux vestiaires à partir de 9 h 30.

Fermeture le lundi, les 1^{er} janvier, 1^{er} mai, 14 juillet.

☒ Tarifs (par élève)

A partir de 4,50 euros. Ce tarif vous donne droit à la réservation d'une ou deux animations par élève maximum selon la période de l'année.

☒ Réservations en contactant le bureau des groupes

- par téléphone :
01 40 05 12 12 du lundi au vendredi, de 9h30 à 17h30.

- par courrier :
Cité des sciences et de l'industrie
Service groupes
30, avenue Corentin Cariou
75 930 Paris cedex 19

- par fax :
01 40 05 81 90

- par courriel
resagroupescite@universcience.fr

7) Après la visite

Après la visite, on peut réaliser un certain nombre d'expériences et construire quelques objets permettant aux enfants de faire le point, de répondre aux nouvelles questions qu'ils se posent, d'organiser leurs connaissances et d'épater leur famille et leurs amis en reproduisant des expériences qu'ils ont vues à la Cité des sciences et de l'industrie.

► Crée une baguette magique :

Connais-tu ce jeu ?

Le principe de ce jeu peut te permettre de réaliser ta baguette magique.

Si tu possèdes ce jeu :

- place une feuille noire ou sombre sur la table.
- Trouve une baguette blanche ou peins en blanc une tige en bois.
- Agite ta baguette dans le faisceau lumineux.



Si tu ne possèdes pas ce jeu :

- Trouve une lampe torche.
- Coupe un morceau de papier calque d'une dimension un peu plus grande taille de la lampe.
- Réalise un dessin simple au feutre noir sur le calque
- Fixe le papier calque à l'aide de scotch ou d'un élastique à la lampe
- Dans le noir, allume la lampe et agite ta baguette blanche dans le faisceau lumineux.

► Le doigt cassé

Première expérience : Place un crayon ou une paille dans un verre d'eau à moitié plein et observe l'objet sous différents angles.

Deuxième expérience : Dans une cuvette ou un saladier rempli d'eau, plonge un caillou ou un coquillage puis essaie de l'attraper avec la main. As-tu bien visé ?

Troisième expérience : Pour fabriquer une lentille maison, il te faut : *une boîte en carton (type boîte à chaussure), une feuille de papier blanc, un pot en verre rempli d'eau, une lampe de poche et des ciseaux.*

- Fais deux fentes d'environ 5 cm de longueur et espacées d'1 cm à un bout de la boîte de carton.
- Couvre le fond de la boîte de papier blanc.
- Dépose un pot d'eau dessus, au centre de la boîte
- Dans un endroit sombre, éclaire le pot en projetant le faisceau d'une lampe de poche par les fentes. A toi de trouver la bonne distance entre la lampe et les fentes !

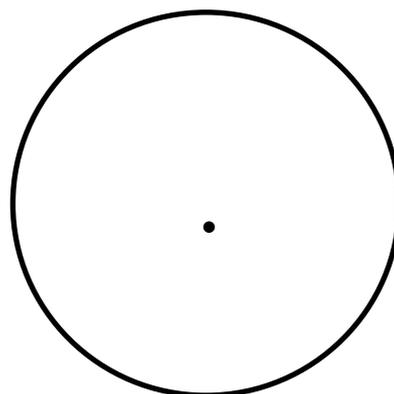
▶ L'oiseau en cage

Réalise un dessin et colorie-le uniformément d'une couleur primaire (bleu, vert ou rouge). Installe-le au mur à la hauteur de tes yeux à côté d'une feuille blanche.

Comme à la Cité des sciences, éloigne-toi du mur, fixe ton dessin du regard pendant 15 à 20 secondes puis, brusquement, regarde la feuille blanche.

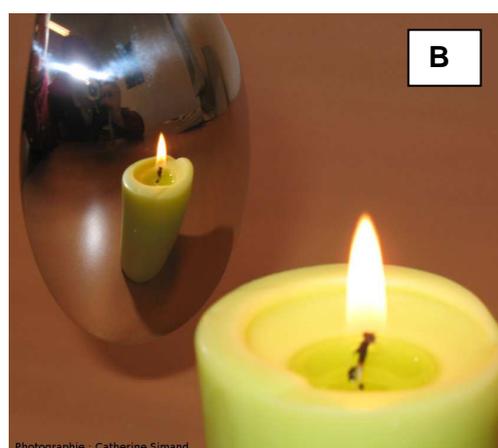
▶ Choisis ton motif préféré du manège des illusions

Dessine le motif dans le cercle et tu le reproduiras en classe ou chez toi sur un disque en carton recouvert de papier blanc et percé au centre par une tige ou un crayon pour pouvoir le faire tourner.



▶ Trouve facilement un miroir concave : une cuillère !

Une cuillère en inox agit comme un miroir. L'intérieur de la cuillère (photo A) donne au miroir une forme concave et l'extérieur (photo B) lui donne une forme convexe.



Regarde-toi dans la cuillère !

▶ Crée tes lumières colorées !

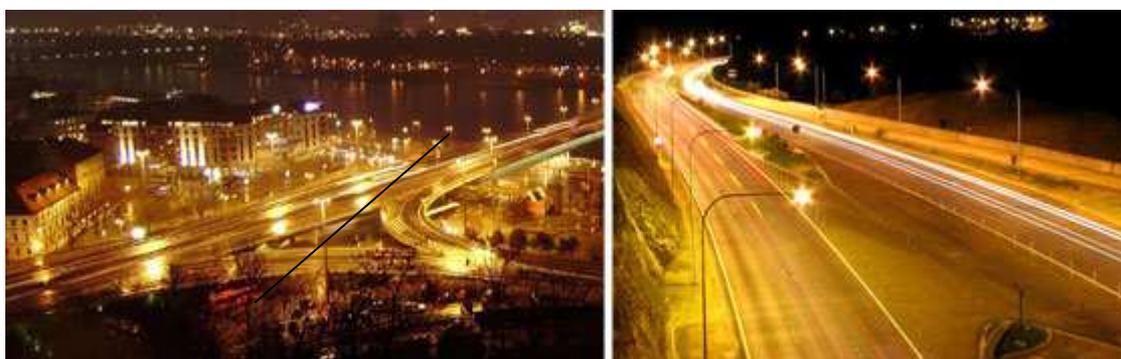
Il te faut une lampe de poche et du papier transparent coloré qui servira de filtre comme un sac plastique, un protège-cahier, un emballage de bonbons, ...

Fixe le papier transparent coloré sur la lampe de poche que tu allumes : tu viens de fabriquer de la lumière colorée !

Si tu as 3 lampes de poches, tu peux fabriquer de la lumière bleue, verte et rouge. Dans un endroit sombre, tu peux superposer les lumières et découvrir d'autres couleurs !

▶ Pense à la Cité des sciences et de l'industrie quand tu passes sous l'éclairage de certaines avenues la nuit ou de certains tunnels !

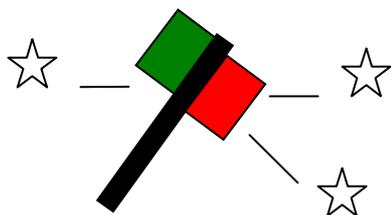
Sous cet éclairage, les voitures jaunes et blanches t'apparaîtront jaunes et les autres t'apparaîtront noires ou grises.



▶ Filtres et magie : crée des lunettes magiques !

Dessine un chapeau noir et un lapin rouge qui sort de ce chapeau. Fabrique des lunettes avec du plastique coloré à la place des verres.

Pour faire disparaître le lapin rouge, lunettes rouges ou lunettes vertes ?



▶ Les arcs-en-ciel

A l'aide de la face gravée d'un CD, tu peux observer le spectre de la lumière blanche (d'une lampe de bureau ou du soleil), c'est-à-dire les couleurs de l'arc-en-ciel !

▶ Refais chez toi un mini miroir de Piotr Kowalski

Place deux miroirs de même taille de façon perpendiculaire, il ne tournera pas mais ça marche quand même !

Selon la taille des miroirs, soit tu places un personnage ou une poupée avec les bras articulés devant, soit tu mets devant.