

Dossier enseignants

Lumière

avenue Franklin D. Roosevelt
75008 Paris
www.universcience.fr

Collège
Service Éducation-Formation



SOMMAIRE

AVANT LA VISITE

- | | | |
|----|---|------|
| 1) | Description de la salle Lumière | p.3 |
| 2) | Description des exposés | p.5 |
| 3) | Compétences et contenus notionnels dans le cadre des programmes scolaires | |
| a. | Collège | p.6 |
| b. | Lycée | p.8 |
| 4) | Place de la visite dans une progression pédagogique | p.12 |

PENDANT LA VISITE

- | | |
|--|------|
| Quelques recommandations générales du bon usage de l'exposition et des parcours élèves | p.13 |
|--|------|

APRES LA VISITE

- | | | |
|----|--|------|
| 1) | Utilisation des corrections des questionnaires | p.14 |
| 2) | Activités de prolongement en classe | p.15 |
| 3) | Compléments sur la lumière synchrotron | p.16 |
| 4) | Correction du questionnaire Collège | p.17 |
| 5) | Correction du questionnaire Lycée | p.20 |
| 6) | Plan de l'exposition (parcours lycée) | p.25 |

1. Description de la salle Lumière

La nouvelle salle Lumière, en cours d'achèvement à la date du 20 mai 2009, s'articule autour d'une salle d'exposés, où les visiteurs assistent à des démonstrations expérimentales, et d'une grande salle de 300 m² où des expériences en libre accès sont à la disposition du public.

Salle d'exposés

La salle destinée aux exposés est elle-même constituée de plusieurs paillasses disposées sur un arc de cercle. Sur la première paillasse, nous abordons les notions de couleurs, de spectres et de luminescence. La zone suivante permet de présenter la physique du laser, en particulier grâce à un laser de puissance de 100 W. La troisième zone est consacrée à la dualité onde-corpuscule dans le cas de la lumière et des électrons (interférences photon par photon, diffraction électronique). Sur la quatrième paillasse, nous expliquons ce qu'est une onde électromagnétique à l'aide de micro-ondes et d'ondes métriques. La dernière zone est consacrée à la notion de polarisation.

Salle en libre accès

La salle en libre accès est divisée en deux zones : une zone Historique et une zone Découverte.

Zone Historique

Dans la zone historique, nous invitons le visiteur à parcourir les découvertes qui ont marqué nos connaissances relatives à la lumière depuis l'antiquité jusqu'à nos jours. La lecture de cette zone peut s'effectuer selon plusieurs niveaux, selon le temps que le visiteur souhaite y consacrer. De grands titres balayés par un phare indiquent l'époque et le sujet majeur de préoccupation des penseurs d'alors. Des sous-titres précisent ces préoccupations, et une bande dessinée permet de cerner encore mieux les débats et controverses. En résumé, la salle est divisée en cinq espaces :

- Avant le XVIIe siècle : évolution du concept de vision et développement de l'optique.
- XVIIe siècle : où l'on découvre que la lumière peut être diffractée, que la lumière blanche peut être décomposée et que la vitesse de la lumière est finie.
- XVIIIe siècle : débats autour de la dualité onde-corpuscule.
- XIXe siècle : la lumière est décrite comme une onde électromagnétique.
- XXe siècle : abandon de la notion d'éther ; relativité restreinte et générale ; quanta.

Pour le visiteur qui souhaiterait aller encore plus loin, chaque époque est accompagnée d'une borne multimédia interactive. Une table de consultation regroupe les informations de toutes les bornes. De nombreuses expériences placées dans des vitrines illustrent les découvertes majeures.

Zone Découverte

L'entrée de la zone Découverte s'effectue par le balcon. Cette zone est constituée de deux parties principales. Une première partie (1) est surtout consacrée à la définition de ce que l'on appelle « lumière » : une onde électromagnétique dont la fréquence est située grossièrement entre $7 \cdot 10^{14}$ Hz et $14 \cdot 10^{14}$ Hz – fréquences appelées respectivement « rouge » et « violet ». Juste en dessous de cette limite, il y a les infrarouges, puis les micro-ondes, les ondes hertziennes... Juste au-dessus de cette limite, il y a les ultraviolets, puis les rayons X et enfin les rayons gamma. La deuxième partie, plus difficile, montre quelques-uns des aspects fondamentaux de la lumière liés à sa nature ondulatoire ; ces aspects donnent naissance aux phénomènes d'interférences et de diffraction.

LES DIFFERENTS POSTES

1. La famille au complet – un salon vu à différentes longueurs d'onde

En entrant dans la zone Découverte, le visiteur se trouve face à un grand écran où l'on voit un salon. Le dispositif multimédia permet au visiteur d'observer le salon dans le visible, en infrarouge, en micro-ondes, en rayons gamma... ou à n'importe quelle autre fréquence de son choix.

2. La pluie révèle les couleurs – les secrets de l'arc en ciel

Un dispositif très simple pour familiariser les enfants avec l'ordre des couleurs dans un arc en ciel. Les enfants doivent placer des bandeaux colorés dans le bon ordre.

3. Couleurs et lumière - synthèse additive des couleurs

Ce montage montre comment l'on obtient une nouvelle couleur en ajoutant des faisceaux colorés.

4. IR : infrarouges

Alcôve où l'on observe l'environnement et soi-même en infrarouge à l'aide d'une caméra thermique.

5. UV : ultraviolets

Petite alcôve éclairée en UV : on observe la lumière de fluorescence ou celle de phosphorescence qu'émettent divers objets placés sous UV. L'élève peut également les éclairer par une lumière blanche grâce à un bouton placé sous la vitrine.

6. Une variété de signatures - le coin des spectres

Des spectroscopes à réseau sont à la disposition des visiteurs pour observer les spectres de diverses lampes : certains spectres sont continus, d'autres discrets.

7. Deux jaunes si différents – comprendre la couleur des objets

On éclaire des tissus colorés avec une lampe jaune à vapeur de sodium, puis avec une lumière jaune obtenue par l'interposition d'un filtre jaune sur le trajet d'une lumière blanche. Le rendu des couleurs n'est pas du tout le même, bien que les deux lumières soient jaunes.

8. L'effet couronne – la lumière se diffracte

On observe une lampe blanche à travers une fine poudre de lycopode saupoudrée sur une vitre : on voit des anneaux colorés. Ce phénomène est dû à la diffraction de la lumière par les grains de lycopode.

9. Les bords révélés – diffraction par le bord d'une plume (non encore installée)

Un faisceau de lumière tombe sur un stylo plume. Au lieu de voir l'ombre de la plume sur un écran blanc, on y voit l'ombre en « négatif » : tout est sombre sauf les bords de la plume. Ce phénomène est dû à la diffraction de la lumière par les bords de la plume.

10. La lumière... ça bave ! – Diffraction par une fente

Une nappe verticale de lumière rouge tombe sur une fente verticale dont on peut régler la largeur : on observe une série de franges verticales alternativement rouges et sombres, dont l'écartement dépend de la largeur de la fente. Ce phénomène résulte de la diffraction.

11. Lumière + lumière = ? (1) – Interféromètre de Mach-Zehnder

Deux faisceaux issus de la lumière d'un laser séparée en deux par une lame semi-réfléchissante se rejoignent sur un écran après avoir parcouru deux trajets différents : à leur arrivée sur l'écran, ils interfèrent et donnent naissance à des franges claires et sombres.

12. Lumière + lumière = ? (2) – Interféromètre de Fabry-Perrot

La lumière effectue un nombre variable d'aller-retour entre deux miroirs semi-réfléchissants, avant de quitter l'espace entre les miroirs. Selon l'écartement des miroirs et la longueur d'onde considérée, on obtient des interférences constructives ou destructives.

13. Hologrammes – Le relief codé par la lumière

Trois hologrammes dont deux animés sont proposés au public.

14. Voir l'air en mouvement – Interférences en lumière polarisée

Un phénomène d'interférences permet de révéler les faibles variations de densité de l'air au-dessus d'une plaque chaude sous forme de volutes colorées.

15. Voir la déformation du plexiglas – Photoélasticimétrie sur un pont

En plaçant une plaque de plexiglas entre deux polariseurs croisés on voit apparaître des couleurs. Ces couleurs révèlent les contraintes mécaniques qui rendent le matériau anisotrope. On observe, ces contraintes lors du passage d'un train sur un pont en plexiglas.

2. Description des exposés

a. Chimie

▫ Une chimie lumineuse CM à Supérieur

La matière produit de la lumière et inversement la lumière nous renseigne sur la matière qui l'a produite. Ces interactions lumière-matière sont abordées au travers des phénomènes de chimie luminescence, de fluorescence.

b. Physique

▫ Lumière sur les couleurs CM2 à Seconde

Décomposition de la lumière blanche, synthèse additive, synthèse soustractive, disque de Newton ... Un exposé autour d'un immense écran éclairé à l'aide de trois projecteurs, d'un grand prisme ... pour comprendre pourquoi les objets nous paraissent colorés, noirs, blancs ... Eléments de spectroscopie.

▫ De la lumière aux ondes radios 2^{nde} à Supérieur

Qu'est-ce qu'une onde électromagnétique ? Les ondes hertziennes ? Les ondes micro-ondes ? Une série d'expériences montrant les analogies avec les observations faites en optique : réflexion, réfraction, interférences, polarisation ...

▫ Eclairage sur la lumière CM2 à Supérieur

Une approche globale de la lumière et des phénomènes lumineux, survolant divers aspects et permettant de dresser un panorama des notions essentielles relatives à la lumière. Un exposé dont le contenu et les sujets abordés pourront facilement varier en fonction des élèves.

▫ La quantique : onde ou matière ? 1^{ère} à Supérieur

Quelques expériences mettant en évidence le caractère quantique de la lumière et de la matière. Onde ou corpuscule ?



3. Compétences et contenus notionnels dans le cadre des programmes scolaires

Dans ce document, les contenus des programmes de sciences physiques sont incomplets : seules les parties trouvant un lien avec la salle Lumière ont été décrites.

a. Collège

▫ Classe de 5^{ème}

La lumière : source et propagation rectiligne

Sources de lumière, vision d'un objet : comment éclairer et voir un objet ?
Comment se propage la lumière ?

Connaissances	Liens avec l'exposition
Le Soleil, les étoiles et les lampes sont des sources primaires ; la Lune, les planètes, les objets éclairés sont des objets diffusants.	<p>1. La famille au complet Dans le salon de lumière, les élèves doivent trouver, parmi les objets visibles sur l'image du salon, ceux qui sont source de rayonnement, et ceux qui se contentent de diffuser la lumière qu'ils reçoivent. Pour trouver les sources, ils peuvent se placer à différentes longueurs d'onde.</p> <p>6. Une variété de signatures Avec un tube spectroscopique, l'élève peut viser douze lampes de type différent en plaçant la fente vers la lumière. Les lampes, sources primaires, se distinguent par une variété de signatures. Au contraire, les visages de ses camarades changent d'aspect selon le type de lumière qu'ils diffusent : ce ne sont pas des sources.</p>
Pour voir un objet, il faut que l'œil en reçoive de la lumière. La lumière se propage de façon rectiligne.	<p>Borne interactive (entre les postes 3 et 4) : Des mondes colorés ou pas Cette borne interactive permet de comprendre comment l'homme perçoit les couleurs et pourquoi la plupart des animaux ne voient pas comme les hommes. Par exemple, un objet qui n'émettrait que dans le rouge, et pas du tout dans l'ultraviolet, serait invisible pour l'abeille : son œil ne recevrait alors aucune lumière qu'il est capable de détecter.</p> <p>17. Zone Historique La salle historique débute avec les problématiques autour du phénomène de vision et expose les différentes théories à ce sujet.</p>

La Lumière : couleurs, images, vitesse

Lumières colorées et couleurs des objets : comment obtenir de lumières colorées ?

Connaissances	Liens avec l'exposition
<p>La lumière blanche est composée de lumières colorées.</p>	<p>6. Une variété de signatures Douze lampes de types différents sont présentées côte à côte. Avec un tube spectroscopique, l'élève vise chaque lampe en plaçant le côté où il y a une fente vers la lumière. L'élève peut ainsi décomposer plusieurs types de lumière blanche en un spectre de lumières colorées. La lampe à incandescence produit un spectre continu. Le néon produit également une lumière blanche mais son spectre est discontinu.</p> <p>2. La pluie révèle les couleurs L'arc en ciel résulte de la décomposition de la lumière blanche provenant du soleil. Les couleurs de l'arc en ciel s'étalent du rouge au violet, toujours dans le même ordre. L'élève doit replacer les bandes de l'arc en ciel dans l'ordre.</p> <p>17. Zone Historique Dispositifs expérimentaux: un prisme décompose la lumière blanche. Un disque aux secteurs colorés, en rotation, apparaît blanc. Les découvertes de Newton sont commentées. On mentionne également la découverte du mécanisme de l'arc en ciel : deux réfractions et une réflexion.</p>
<p>Des lumières de couleur bleue, rouge et verte permettent de reconstituer des lumières colorées et la lumière blanche par synthèse additive</p> <p>La couleur perçue lorsqu'on observe un objet dépend de l'objet lui-même et de la lumière que l'éclaire.</p>	<p>3. Couleurs et lumière Trois spots de couleurs bleue, rouge et verte se superposent : c'est la synthèse additive des couleurs : on peut obtenir une lumière blanche en superposant les trois lumières bleue, rouge et verte : on obtient alors une impression de lumière blanche : c'est la synthèse additive (on ajoute des lumières). Mais on peut aussi superposer toutes les lumières de l'arc en ciel : on obtiendra alors une lumière blanche naturelle semblable à celle du Soleil.</p> <p>7. Deux jaunes si différents L'élève éclaire des rubans de diverses couleurs avec trois lumières différentes : blanche, jaune composé (mélange de vert et de rouge) ou jaune pur. Avec le jaune pur, les rubans rouges et vert apparaissent très sombres, tandis que les rubans jaunes sont lumineux. En effet, un objet coloré absorbe une part variable de la lumière qu'il reçoit : sa couleur dépend alors de la part de la lumière qu'il renvoie. Les rubans rouge et vert absorbent la lumière jaune pur et ne renvoient rien, tandis que les rubans jaunes la renvoient intégralement.</p>
<p>En absorbant la lumière, la matière reçoit de l'énergie. Elle s'échauffe et transfère une partie de l'énergie reçue à l'extérieur sous forme de chaleur.</p>	<p>Hors de l'exposition : salle historique « optique ». La lumière concentrée par le miroir ardent fait bouillir l'eau du récipient.</p>

Vitesse de la lumière

Connaissances	Liens avec l'exposition
<p>La lumière peut se propager dans le vide et dans les milieux transparents comme l'air, l'eau et le verre.</p> <p>Vitesse de la lumière dans le vide ($3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$)</p>	<p>17. Zone Historique</p> <p>-Expérience sur la découverte de la vitesse finie de la lumière par Rohmer.</p> <p>-Expérience sur la mesure de la vitesse de la lumière dans le vide par Arago et Foucault. (le télescope utilisé par Foucault est exposé en salle d'optique géométrique).</p>

b. Lycée

▫ **Classe de 2^{nde}**

Parties santé et Univers

Contenus	Liens avec l'exposition
<p>Ondes électromagnétiques, domaines de fréquence.</p>	<p>1. La famille au complet</p> <p>Le dispositif multimédia permet à l'élève d'observer le salon dans le visible, en infrarouge, en micro-ondes, en rayons gamma... ou à n'importe quelle autre fréquence de son choix et ainsi de découvrir la famille des ondes électromagnétiques.</p> <p>4. IR</p> <p>Une caméra thermique permet de détecter le rayonnement infrarouge. Ce rayonnement dépend de la température de surface de l'objet et découvrir une application de ces rayonnements.</p> <p>5. UV</p> <p>Dans la vitrine, plusieurs objets sont éclairés par une lumière ultraviolette. L'élève peut les éclairer également par une lumière blanche et peut ainsi étudier la différence entre la phosphorescence et fluorescence.</p>
<p>Propagation rectiligne de la lumière.</p> <p>Vitesse de la lumière dans le vide et dans l'air.</p>	<p>17. Zone Historique</p> <p>-Expérience sur la découverte de la vitesse finie de la lumière par Rohmer.</p> <p>-Expérience sur la mesure de la vitesse de la lumière dans le vide par Arago et Foucault. (le télescope utilisé par Foucault est exposé en salle d'optique géométrique).</p>

Contenus	Liens avec l'exposition
<p>Les spectres d'émission et d'absorption.</p> <p>Spectres continus d'origine thermique.</p> <p>Spectres de raies.</p> <p>Raies d'émission ou d'absorption caractéristiques d'un atome ou d'un ion.</p> <p>Dispersion de la lumière blanche par un prisme.</p> <p>Loi de Snell-Descartes.</p> <p>Réfraction et réflexion totale.</p>	<p>6. Une variété de signatures</p> <p>Douze lampes de type différent sont présentées côte à côte. Avec un tube spectroscopique, l'élève vise chaque lampe d'assez près (environ 50 cm) en plaçant le côté où il y a une fente vers la lumière. Il aperçoit de part et d'autre de la fente le spectre de la lumière qu'il vise.</p> <p>Certains spectres sont continus, d'autres sont discontinus, polychromatiques ou monochromatiques.</p> <p>17. Zone Historique</p> <p>Dispositif expérimental : un prisme décompose la lumière blanche. Les découvertes de Newton à ce sujet sont commentées.</p> <p>On mentionne également la découverte du mécanisme de l'arc en ciel : deux réfractions et une réflexion.</p> <p>Hors de l'exposition : salle historique « optique ».</p> <p>Des expériences illustrant la réfraction dans l'eau et dans des prismes sont présentées, la loi de Descartes est exposée.</p> <p>Une fontaine à réflexion totale est aussi présentée dans cette salle.</p>

▫ **Classe de 1^{ère} L et 1^{ère} ES**

Représentation

De l'œil au cerveau

Contenus	Liens avec l'exposition
<p>Conditions de visibilité d'un objet.</p> <p>Approche historique de la conception de la vision.</p>	<p>17. Zone Historique</p> <p>La salle historique débute avec les problématiques autour du phénomène de vision et expose les différentes théories à ce sujet.</p>
<p>Influence d'un ou plusieurs paramètres sur la couleur de certaines espèces chimiques.</p> <p>Synthèse soustractive ; synthèse additive.</p> <p>Application à la peinture et à l'impression couleur</p>	<p>3. Couleurs et lumière</p> <p>En superposant trois lumières bleue, rouge et verte, on obtient une impression de lumière blanche : c'est la synthèse additive.</p> <p>7. Deux jaunes si différents</p> <p>On éclaire des tissus colorés avec une lampe jaune à vapeur de sodium, puis avec une lumière jaune obtenue par l'interposition d'un filtre jaune sur le trajet d'une lumière blanche. Le rendu des couleurs n'est pas du tout le même, bien que les deux lumières soient jaunes.</p> <p>Borne interactive (entre les postes 3 et 4) : Des mondes colorés ou pas</p> <p>Cette borne interactive permet de comprendre comment l'homme perçoit les couleurs et pourquoi la plupart des animaux ne voient pas comme les hommes. Une application de la synthèse additive chez l'homme.</p> <p>Les controverses autour de l'origine des couleurs dans la zone historique</p>

Partie Observer

Contenus	Liens avec l'exposition
<p>Synthèse additive. Vision des couleurs et trichromie. Principe de la restitution des couleurs par un écran plat. Synthèse soustractive. Couleur des objets. Absorption, diffusion, transmission.</p>	<p>3. Couleurs et lumières En superposant trois lumières bleue, rouge et verte, on obtient une impression de lumière blanche : c'est la synthèse additive. Des applications de la synthèse additive sont présentées sur l'écran tactile.</p> <p>7. Deux jaunes si différents On éclaire des tissus colorés avec une lampe jaune à vapeur de sodium, puis avec une lumière jaune obtenue par l'interposition d'un filtre jaune sur le trajet d'une lumière blanche. Le rendu des couleurs n'est pas du tout le même, bien que les deux lumières soient jaunes.</p> <p>Borne interactive (entre les postes 3 et 4) : Des mondes colorés ou pas Cette borne interactive permet de comprendre comment l'homme perçoit les couleurs et pourquoi la plupart des animaux ne voient pas comme les hommes. Une application de la synthèse additive chez l'homme.</p> <p><i>Les controverses autour de l'origine des couleurs dans la zone historique.</i></p>
<p>Différentes sources de lumières : étoiles, lampe variées, LASER, DEL etc. Spectre solaire. Domaine des ondes électromagnétiques.</p>	<p>6. Une variété de signatures Douze lampes de type différent sont présentées côte à côte. Avec un tube spectroscopique, l'élève vise chaque lampe d'assez près (environ 50 cm) en plaçant le côté où il y a une fente vers la lumière. Il aperçoit de part et d'autre de la fente le spectre de la lumière qu'il vise. Certains spectres sont continus, d'autres sont discontinus, polychromatiques ou monochromatiques. L'application au spectre solaire est expliquée sur l'écran tactile qui accompagne les expériences.</p> <p>1. La famille au complet Le dispositif multimédia permet à l'élève d'observer le salon dans le visible, en infrarouge, en micro-ondes, en rayons gamma... ou à n'importe quelle autre fréquence de son choix et ainsi de découvrir la famille des ondes électromagnétiques.</p>
<p>Interaction lumière-matière : émission et absorption. Couleur des corps chauffés, loi de Wien. Quantification des niveaux d'énergie. Modèle corpusculaire de la lumière : le photon.</p>	<p>17. Salle Historique Les controverses autour de la nature de la lumière (corpuscule ou onde ?) illustrées par les expériences cruciales, dans la zone historique, L'écran tactile « XXème la lumière est granulaire » où sont abordés les thèmes suivant : modèle du corps noir, loi de Wien etc.</p>

Contenus	Liens avec l'exposition
<p>Diffraction. Influence relative de la taille de l'ouverture ou de l'obstacle et de la longueur d'onde sur le phénomène de diffraction. Cas des ondes lumineuses monochromatique, cas de la lumière blanche. Interférences. Cas des ondes lumineuses monochromatique, cas de la lumière blanche. Couleurs interférentielle.</p>	<p>10. La lumière... ça bave ! – Diffraction par une fente Une nappe verticale de lumière rouge tombe sur une fente verticale dont on peut régler la largeur : on observe une série de franges verticales alternativement rouges et sombres, dont l'écartement dépend de la largeur de la fente.</p> <p>8. L'effet couronne – la lumière se diffracte On observe une lampe blanche à travers une fine poudre de lycopode saupoudrée sur une vitre : on voit des anneaux colorés. Ce phénomène est dû à la diffraction de la lumière blanche par les grains de lycopode.</p> <p>9. Les bords révélés – diffraction par le bord d'une plume Un faisceau de lumière tombe sur un stylo plume. Au lieu de voir l'ombre de la plume sur un écran blanc, on y voit l'ombre en « négatif » : tout est sombre sauf les bords de la plume. Ce phénomène est dû à la diffraction de la lumière par les bords de la plume.</p> <p>11. Lumière + lumière = ? (1) – Interféromètre de Mach-Zehnder Deux faisceaux issus de la lumière d'un laser séparée en deux par une lame semi-réfléchissante se rejoignent sur un écran après avoir parcouru deux trajets différents : à leur arrivée sur l'écran, ils interfèrent et donnent naissance à des franges claires et sombres.</p> <p>12. Lumière + lumière = ? (2) – Interféromètre de Fabry-Perrot La lumière effectue un nombre variable d'aller-retour entre deux miroirs semi-réfléchissants, avant de quitter l'espace entre les miroirs. Selon l'écartement des miroirs et la longueur d'onde considérée, on obtient des interférences constructives ou destructives.</p> <p>Deux applications du phénomène d'interférences :</p> <p>13. Hologrammes – Le relief codé par la lumière Trois hologrammes dont deux animés sont proposés au public.</p> <p>14. Voir l'air en mouvement – Interférences en lumière polarisée Un phénomène d'interférences permet de révéler les faibles variations de densité de l'air au-dessus d'une plaque chaude sous forme de volutes colorées.</p>

4. Place de la visite dans une progression pédagogique

D'une façon générale, une visite d'une salle d'exposition peut prendre sa place dans une séquence de cours dans le cadre des programmes scolaires. Les liens des contenus de la salle Lumière avec les programmes ont été précisés ci-dessus.

La visite peut également avoir lieu dans le cadre d'une démarche de projet, pour alimenter un atelier scientifique ou un projet de classe. Dans ce cas, les notions abordées peuvent être plus larges que celles des programmes, mais les compétences demandées aux élèves doivent correspondre à celles de son niveau.

Dans ces deux cas, la visite peut se faire :

- Avant d'aborder la notion : elle est utilisée comme phase d'accroche pour introduire une notion ou faire émerger une problématique. Elle peut permettre par exemple de débusquer les représentations initiales des élèves.

- Au cours d'une séquence : elle peut permettre d'apporter des éléments supplémentaires ou des réponses au questionnement des élèves. Dans ce cas, elle constitue une étape dans la démarche d'investigation.

- Après une séquence : elle complète les notions abordées et propose une ouverture culturelle.



Quelques recommandations générales du bon usage de l'exposition et des questionnaires élèves

Attention : pour la visite, munissez vous d'une feuille de route par élève. Le Palais de la découverte ne fournit pas ces documents sur place. Vous pouvez les télécharger, comme ce document d'accompagnement, sur la rubrique Education-Formation du site internet du Palais de la découverte.

<http://www.universcience.fr/fr/education/contenu/c/1239024996676/documents-pedagogiques-palais-de-la-decouverte-2nd-degre/>

Les documents peuvent être imprimés et sont utilisables en noir et blanc. Cependant, il est préférable de les imprimer en couleur.

La salle est sombre par endroits par conséquent, il faut prévoir des temps de rassemblement autour d'un point lumineux : les élèves pourront ainsi compléter leur documents. L'enseignant peut ainsi envisager une visite en plusieurs temps

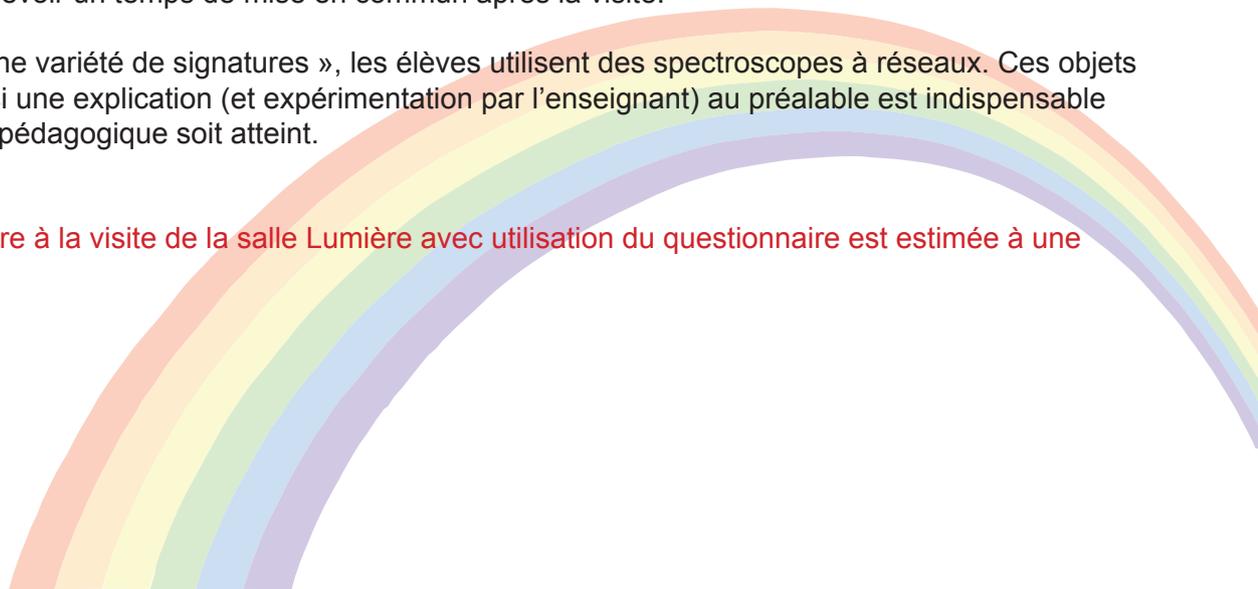
- 1 : découverte spontanée de la salle, sans questionnaire
- 2 : devant la salle : transmission des consignes et distribution des questionnaires
- 3 : retour dans la salle pour remplir le questionnaire.

Une table avec des bancs située dans la partie Histoire de la lumière peut permettre aux élèves de s'asseoir pour travailler leur questionnaire.

Si le temps que vous souhaitez consacrer à l'utilisation de cette salle est réduit, il est possible de répartir les élèves en sous-groupes et de leur attribuer certaines questions du questionnaire. Il faut alors nécessairement prévoir un temps de mise en commun après la visite.

Dans la partie « Une variété de signatures », les élèves utilisent des spectroscopes à réseaux. Ces objets sont délicats, aussi une explication (et expérimentation par l'enseignant) au préalable est indispensable pour que l'objectif pédagogique soit atteint.

La durée nécessaire à la visite de la salle Lumière avec utilisation du questionnaire est estimée à une heure.



1. Utilisation des corrections des questionnaires

Dans les pages suivantes sont proposées une correction des questionnaires collège et lycée. Les corrections proposées vont plus loin que la simple réponse à la question, mais permettent de préciser, en termes simples et adaptés, quelques notions fondamentales. Elles peuvent être distribuées aux élèves.

Ces corrections ont été élaborées avec les médiateurs scientifiques du Palais de la découverte. Le vocabulaire est précis et choisi de façon à communiquer le plus simplement possible des notions qui sont parfois complexes, et à éviter d'éventuelles fausses représentations.

L'enseignant peut bien-sûr remanier ces réponses pour les adapter plus précisément au niveau de ses élèves.

D'une façon générale, une séance de mise en commun est nécessaire après la visite d'une exposition, *a fortiori* lorsqu'un questionnaire a été utilisé. Cette séance peut se dérouler lors d'un regroupement dans un endroit calme du Palais de la découverte, ou en classe. Il est souhaitable de l'organiser peu de temps après la visite.

En aucun cas ces questionnaires ne peuvent servir de base à une évaluation sommative.



2. Activités de prolongement en classe

Après avoir visité la salle lumière, différents compléments pédagogiques peuvent être apportés aux élèves : on peut soit reproduire certaines expériences de la salle lumière, soit utiliser un logiciel de simulation et étudier via l'ordinateur un phénomène physique sur la lumière ; ou enfin apporter des compléments sur les modules de la salle lumière.

Voici quelques liens pédagogiques pertinents :

La famille au complet : http://www.colorimetrie.be/sources_lumiere.htm

La pluie révèle les couleurs : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Arc-en-ciel>

Couleurs et lumières : http://ww3.ac-poitiers.fr/sc_phys/cres_lr/elevs/optique/couleurs.htm

Des mondes colorés ou pas : <http://perso.id-net.fr/~brolis/docs/oeil/photorecept.htm>

IR : <http://pagesperso-orange.fr/philippe.boeuf/robert/astonomie/ir.htm>

UV : http://fr.wikipedia.org/wiki/Lumi%C3%A8re_noire

Une variété de signatures : <http://jf-noblet.chez-alice.fr/spectres/>



3. Complément sur la lumière synchrotron : SOLEIL et DOC SCIENCES

Si la salle Lumière permet de préciser aux visiteurs la nature de la lumière, il peut être intéressant et complémentaire d'évoquer avec les élèves l'une de ses applications technologiques très particulière : la lumière synchrotron.

Cette lumière, qui ne concerne pas uniquement le rayonnement visible mais peut s'étendre jusqu'aux rayons gamma, est provoquée par l'inflexion de la trajectoire de paquets d'électrons possédant une grande énergie et lancés à grande vitesse dans un anneau circulaire accélérateur de particules.

C'est le principe du synchrotron SOLEIL situé sur le plateau de Saclay, dans l'Essonne.

La lumière synchrotron ainsi créée permet, par son action sur la matière, d'étudier les structures moléculaires complexes. Les applications sont innombrables, tant en recherche fondamentale (physique, chimie, sciences des matériaux, sciences du vivant, sciences de la terre et de l'atmosphère) qu'en recherche appliquée (pharmacie, médecine, environnement, nucléaire, industrie automobile, nanotechnologies etc...) .

Le synchrotron SOLEIL a développé un service pédagogique qui permet de découvrir SOLEIL, d'y organiser une visite avec ses élèves ou d'établir un partenariat éducatif :

<http://www.synchrotron-soleil.fr/VisitesPersonnalisees/Enseignant>

En partenariat avec SOLEIL, le CRDP de l'académie de Versailles a consacré le numéro 4 de sa série DOC SCIENCES à la lumière synchrotron. Ce numéro peut être commandé sur <http://www.docsciences.fr/Comment-se-procurer-la-revue>

En complément, un site internet dédié a été créé : <http://www.docsciences.fr/-DocSciences-no4-> avec des documents complémentaires et des pistes de pratiques pédagogiques.



Salle Lumière

Questionnaire collège

CORRECTION

1

La famille au complet

Dirige-toi vers le salon de lumière en suivant les lumières colorées au sol.
Sur l'écran, apparaissent différentes sources de rayonnement.

De quelle famille s'agit-il ici ? **Il s'agit de la famille des ondes électromagnétiques.**

Trouve un objet correspondant à ces différentes émissions :

ÉMISSION DE RAYONS	INFRAROUGES	VISIBLES	ULTRAVIOLETS
OBJET	Le feu	Tous les objets	Lampe à néon des années 50

Dans ce salon, tous les objets rayonnent : ils émettent un rayonnement, parfois visible comme la lumière, parfois invisible comme les infrarouges, les ultraviolets ou les ondes hertziennes.

2

La pluie révèle les couleurs

Les couleurs de l'arc en ciel s'étalent du rouge au violet toujours dans le même ordre.

Remplace les bandes de l'arc en ciel dans l'ordre.

Où voit-on la couleur rouge ?



À l'intérieur de l'arc en ciel (en bas)



À l'extérieur de l'arc en ciel (en haut)

Les couleurs de l'arc en ciel sont toujours disposées dans cet ordre, de l'extérieur de la courbure de l'arc vers l'intérieur : rouge, orange, jaune, vert, bleu, indigo, violet.

Cite une couleur qui n'apparaît pas dans l'arc en ciel :

Le rose bonbon par exemple. Certaines couleurs ne sont pas visibles dans l'arc en ciel, mais sont des mélanges de plusieurs lumières de couleurs différentes.

3

Couleurs et lumière

Comment peut-on obtenir une lumière blanche avec des spots de lumière colorée ?



On ne peut jamais.



On peut en superposant les lumières bleues, rouges et vertes.



On peut en superposant toutes les lumières de l'arc en ciel.

On peut obtenir une lumière blanche en superposant les trois lumières bleue, rouge et verte : on obtient alors une impression de lumière blanche : c'est la synthèse additive (on ajoute des lumières).

Mais on peut aussi superposer toutes les lumières de l'arc en ciel : on obtiendra alors une lumière blanche naturelle semblable à celle du soleil.

4

Des mondes colorés ou pas

Cette borne interactive permet de comprendre comment l'homme perçoit les couleurs et pourquoi la plupart des animaux ne voient pas comme les hommes.

Comment appelle-t-on les cellules qui perçoivent les couleurs ? Où sont-elles situées ?

Les cellules qui perçoivent les couleurs sont appelées les cônes. On en distingue trois types : les cônes C, les cônes M et les cônes L. Elles recouvrent la région centrale de la rétine, qui tapisse le

Relie chaque animal à sa vision

Abeille — Ultraviolet à jaune
Crotale — Comme l'homme
Aigle — Infrarouge

5

IR : Infrarouge

Cette caméra permet de détecter le rayonnement infrarouge.

Ce rayonnement infrarouge dépend de la température de surface de l'objet.

Place-toi au fond de la cabine et observe l'écran.

Cite les zones les plus chaudes de ton visage :

Les zones les plus chaudes sont la gorge, les joues, la bouche, le front.

Observe l'image de la paume de tes mains. Puis, frotte tes mains énergiquement

l'une contre l'autre. Observe à nouveau l'image des mains. Que remarques-tu ?

L'image des mains est devenue plus rouge car le frottement a réchauffé les mains.

6

UV : Ultraviolet

Dans la vitrine, plusieurs objets sont éclairés par une lumière ultraviolette.

Tu peux les éclairer par une lumière blanche grâce au bouton situé sous la vitrine.

Comment appelle-t-on le phénomène d'émission de lumière provoqué par des rayons ultraviolets ?

Ce phénomène s'appelle la photoluminescence : on en distingue 2 types : la fluorescence (phénomène rapide)

et la phosphorescence (phénomène plus lent, qui permet de voir les aiguilles d'une montre dans la nuit).

Les objets suivants sont-ils capables de réaliser ce phénomène ?

A Les feutres  Oui  Non

B Les étoiles décoratives  Oui  Non

C La lessive  Oui  Non

Elle contient des substances appelées agents azurants qui augmentent la blancheur du linge par fluorescence.

D Le carton jaune  Oui  Non

7

Une variété de signatures

Douze lampes de type différent sont présentées côte à côte.

Saisis-toi d'un tube spectroscopique et vise chaque lampe d'assez près (environ 50 cm) en plaçant le côté où il y a une fente vers la lumière.

Observe le spectre caractéristique de chaque lampe.

Cite une lampe à spectre continu :

La lampe à incandescence (ou à filament).

Cite une lampe à spectre composé d'une seule couleur :

La lampe au sodium basse pression (orange).

Quelle lampe a un spectre qui ressemble le plus à l'arc en ciel ?

C'est la lampe à filaments car son spectre est quasiment identique à celui de la lumière du soleil.

8

Deux jaunes si différents

Ce rideau est constitué de rubans de tissus de diverses couleurs.

Eclaire-le avec trois lumières différentes : blanche, jaune pur, jaune composé (mélange de vert et de rouge).

De quelle couleur apparaissent-elles ?

LUMIÈRE BLANCHE	LUMIÈRE JAUNE COMPOSÉE	LUMIÈRE JAUNE PUR
BANDE VERTE	Verte	Très sombre
BANDE ROUGE	Rouge	Très sombre

Un objet coloré ne renvoie pas toute la lumière qu'il reçoit : une partie de la lumière reçue est absorbée par l'objet. La couleur des bandes de tissus dépend de la lumière renvoyée.

$$\text{Lumière reçue} - \text{lumière absorbée} = \text{lumière renvoyée}$$

Par exemple, les tissus verts ou rouges absorbent la lumière jaune pur, donc

jaune pur reçu - jaune pur absorbé = pas de lumière renvoyée (très sombre)

9

Salle : La lumière s'autodétruit

Promène-toi dans cette salle et admire les effets surprenants de la lumière.

Ces phénomènes : hologrammes, irisations, effet couronne... ont pour origine des superpositions de lumière, appelées interférences.

10

Salle : Histoire de la lumière

Cette salle retrace les étapes importantes de l'histoire de la compréhension de la lumière.

Remplace les événements suivants dans le tableau ci-dessous :

- A** Fizeau et Foucault montrent que la lumière est une onde, en prouvant par une expérience qu'elle va plus vite dans l'air que dans l'eau.
- B** Newton découvre que la lumière blanche est un mélange de lumières aux couleurs de l'arc en ciel.
- C** Einstein montre que la lumière est constituée de grains d'énergie (qui seront appelés plus tard les photons).
- D** Sénèque note que les aiguilles ou les angles de verre donnent à la lumière les couleurs de l'iris des yeux : c'est l'irisation.

DATE	1 ^{er} siècle	1670	1850	1905
ÉVÈNEMENT	D	B	A	C

Salle Lumière

Questionnaire lycée

CORRECTION

1 La famille au complet

Dirigez-vous vers le salon de lumière en suivant les lumières colorées au sol.
En déplaçant le curseur sur l'écran avec votre doigt, vous verrez apparaître des rayonnements qu'on ne peut pas toujours voir avec les yeux.

Complétez le tableau ci-dessous :

OBJET	LONGUEUR D'ONDE	DOMAINE
TAXI	$1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$	Micro-ondes courtes
FEU	$0,01 \text{ mm} = 10^{-5} \text{ m}$	Infrarouge thermique
TÉLÉVISION	$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$	Rayons X
COULEUR	de 400 à 800 nm	Visible

2 La pluie révèle les couleurs

L'arc en ciel résulte de la décomposition de la lumière blanche provenant du soleil.
Les couleurs de l'arc en ciel s'étalent du rouge au violet, toujours dans le même ordre.

Remplacez les bandes de l'arc en ciel dans l'ordre.

Dans un arc en ciel, que devient la lumière du soleil ?

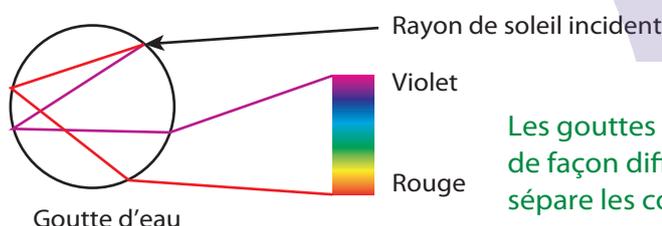
 Elle disparaît en partie.

 Elle est décomposée en 3 couleurs.

 Elle est décomposée en une multitude de couleurs.

L'arc en ciel résulte de la décomposition de la lumière blanche provenant du soleil. En traversant une goutte d'eau, la lumière est déviée différemment selon sa longueur d'onde, ce qui sépare les

Sur le schéma, tracez le trajet des rayons de couleur rouge et celui des rayons de couleur violette.



Les gouttes d'eau dévient la lumière provenant du soleil, de façon différente selon la longueur d'onde, ce qui sépare les couleurs.

3

Couleurs et lumière

Trois spots de couleurs bleue, rouge et verte se superposent :
c'est la synthèse additive des couleurs :



Bleu + rouge = magenta
Bleu + vert = cyan
Rouge + vert = jaune

Comment peut-on obtenir une lumière blanche avec des spots de couleur ?

On peut obtenir une lumière blanche en superposant les trois lumières bleue rouge et verte :
on obtient alors une impression de lumière blanche : c'est la synthèse additive (on ajoute des

Cette lumière blanche est-t-elle la même que celle du soleil ?

Cette lumière blanche ne sera pas la même que celle du soleil car elle ne comportera pas les autres

4

Des mondes colorés ou pas

Cette borne interactive permet de comprendre comment l'homme perçoit les couleurs
et pourquoi la plupart des animaux ne voient pas comme les hommes.

Quelles sont les couleurs perçues par les cellules en cônes C, M et L ?
À quelles fourchettes de longueurs d'onde correspondent-elles ?

	CÔNES C	CÔNES M	CÔNES L
Couleur	Bleu	Vert	Rouge
Longueur d'onde	350 nm à 550 nm	450 nm à 650 nm	500 nm à 700 nm

Pourquoi des animaux comme l'abeille ne voient pas comme l'homme ?



Car ils n'ont aucune cellule en cône.



Car ils n'ont pas tous les mêmes cellules en cône que l'homme.



Car leurs cellules en cône ne perçoivent pas le même spectre.

Les animaux sont équipés de cellules en cônes, mais différentes de celles de l'homme. L'abeille possède des cellules en cône qui perçoivent les ultraviolets. En revanche, elle ne possède pas de cellules en cône lui

5

IR : Infrarouge

Cette caméra permet de détecter le rayonnement infrarouge.
Ce rayonnement infrarouge dépend de la température de surface de l'objet.

Placez-vous au fond de la cabine et observez l'écran.

Dans quel domaine de rayonnement la caméra détecte-t-elle la température du corps ?

La caméra détecte la température grâce à l'infrarouge émis par le corps. L'intensité du rayonnement est maximale pour une longueur d'onde de 9 microns environ. L'échelle de température reliée à la longueur d'onde est indiquée par un code de couleurs : bleu = faible ; jaune =

Quelles sont les zones qui apparaissent les plus chaudes ?

Les zones les plus chaudes sont la gorge, les joues, la bouche, les paumes de la main...

Observez l'image de la paume de vos mains.

Puis, frottez vos mains énergiquement l'une contre l'autre.

Observez à nouveau l'image des mains. Que remarquez-vous ?

L'image des mains est devenue plus rouge car le frottement les a réchauffées.

6

UV : Ultraviolet

Dans la vitrine, plusieurs objets sont éclairés par une lumière ultraviolette. Vous pouvez les éclairer également par une lumière blanche grâce à un bouton placé sous la vitrine.

Ces objets renvoient-ils une lumière qu'ils ont reçue ?

Non

Si non, comment cela est-il possible ?

La fluorescence de ces objets est provoquée par un rayonnement UV, qui est absorbé par les objets.

Ces objets photo-luminescents réémettent des rayonnements aux longueurs d'onde plus courtes

7

Une variété de signatures

Douze lampes de type différent sont présentées côte à côte. Saisissez-vous d'un tube spectroscopique et visez chaque lampe d'assez près (environ 50 cm) en plaçant le côté où il y a une fente vers la lumière.

Comparez les spectres des lampes à filament, lampe au sodium, lampe à économie d'énergie. Dessinez le spectre et donnez-lui l'un ou plusieurs des qualificatifs suivants : continu, discontinu, quasi monochromatique,

LAMPE	DESSIN DU SPECTRE	QUALIFICATIF(S)
À filament		Continu
Néon compacte à économie d'énergie		Discontinu
Au sodium		Discontinu, quasi monochromatique

Quelle lampe a un spectre qui ressemble le plus à celui de l'arc en ciel ?

C'est la lampe à filament qui est la plus proche de la lumière naturelle, car son spectre est le plus proche de celui de la lumière du soleil.



8

Deux jaunes si différents

Ce rideau est constitué de rubans de tissus de diverses couleurs. Éclairez-le avec trois lumières différentes : 1 : blanche, 2 : jaune composé (mélange de vert et de rouge), 3 : jaune pur.

Quelle couleur prennent-elles en fonction de l'éclairage ? Notez vos observations :

BOUTON 1 : Lumière blanche	BOUTON 2 : Lumière jaune composé	BOUTON 3 : Lumière jaune pur
Bande verte	Verte	Très sombre
Bande rouge	Rouge	Très sombre

Expliquez le résultat obtenu avec le jaune composé.

Un objet coloré ne renvoie pas toute la lumière qu'il reçoit : une partie de la lumière reçue est absorbée par l'objet, l'autre partie est renvoyée. La couleur des bandes de tissus dépend de la lumière renvoyée.

Lumière reçue – lumière absorbée = lumière renvoyée

Par exemple, les tissus verts ou rouges absorbent la lumière jaune pur, donc
jaune pur reçu – jaune pur absorbé = pas de lumière renvoyée (très sombre)

9

Salle : La lumière s'autodétruit

Parcourez les modules de cette salle et admirez les effets spectaculaires de la lumière.

10

Voir l'air en mouvement

Reliez correctement les propositions entre elles.



Qu'est-ce qui est à l'origine des volutes observées sur l'écran ?

Le réchauffement de l'air provoque des mouvements de convection (mouvement ascendant d'air chaud).

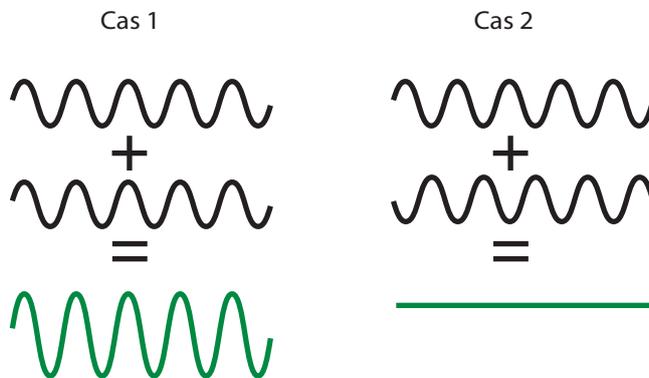
Avez-vous déjà observé ce phénomène dans la vie courante ?

On observe ces volutes, mais non colorées, au dessus des routes chauffées par le soleil ou au dessus des radiateurs.

11

Interféromètre de Fabry-Perrot

Représentez l'onde résultante de ces deux ondes.

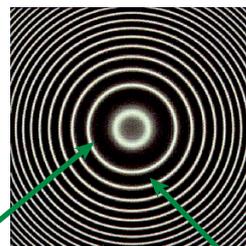


Comment qualifie-t-on les interférences observées dans les cas 1 et 2 ?

Cas 1 : interférence constructive : l'intensité de la lumière est augmentée

Cas 2 : interférence destructive : l'intensité de la lumière est réduite

Schématisez une figure d'interférence.



Les bandes claires correspondent à des zones à interférence constructive.

Les bandes sombres correspondent à des zones d'interférence destructive.

Cette salle retrace les étapes importantes de l'histoire de la compréhension de la lumière.

Dans le tableau ci-dessous, remplacez les événements suivants dans l'ordre chronologique et indiquez leur date :

- A** Fizeau et Foucault montrent que la lumière est une onde, en prouvant par une expérience qu'elle va plus vite dans l'air que dans l'eau.
- B** Newton découvre que la lumière blanche est un mélange de lumières aux couleurs de l'arc en ciel.
- C** Einstein montre que la lumière est constituée de grains d'énergie (qui seront appelés plus tard les photons) et jette par là-même les bases de la physique quantique.
- D** Sénèque note que les aiguilles ou les angles de verre donnent à la lumière les couleurs de l'iris des yeux : c'est l'irisation.

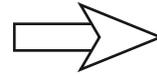
DATE	1er siècle	1670	1850	1905
ÉVÉNEMENT	D	B	A	C

Voici plusieurs théories émises au cours de l'histoire.

Indiquez par une croix si la théorie est actuellement considérée fautive ou admise.

THÉORIE	QUI L'A PROPOSÉE EN PREMIER ?	QUAND ?	THÉORIE FAUSSE	THÉORIE ENCORE ADMISE ACTUELLEMENT
La lumière est émise par nos yeux.	Euclide	4 ^{ème} siècle avant JC	X	
La lumière blanche contient les couleurs de l'arc en ciel.	Newton	1672		X
La lumière se propage dans un milieu infiltrant tous les corps et l'espace : l'éther.	Descartes	1637	X	
La lumière est constituée de petits grains.	Einstein	1905		X
La lumière est une onde électromagnétique.	Maxwell	1864		X

Salle
d'exposés



Vers la salle d'optique

12 Histoire
de la lumière

Salle Lumière



9 La lumière
s'autodétruit

La lumière
et ses signatures

Deux proches parents
de la lumière

La famille des ondes
électromagnétiques

La couleur,
une sensation

Entrée
de l'exposition

