



TRANSPARENCE

Document enseignant : écoles maternelles et écoles élémentaires

Département Éducation et Formation

educ-formation@universcience.fr

SOMMAIRE

En un coup d'œil	3
-------------------------	----------

L'exposition *Transparence*

Propos	4
Entretien avec les commissaires d'exposition	5
Comité scientifique et culturel de l'exposition	6
Plan de l'exposition	7
Contenu	8
L'entrée	9
Le palais des glaces	10
La forêt	14
Le ciel	17
La grotte	19
Sous l'océan	21

Ressources

Les éditions autour de l'exposition	25
Sitographie	
Sur le blob	26
Ailleurs	27
Idées d'activités en classe, avant ou après la visite	29
Idées d'activités pendant la visite	33
Liens avec les programmes scolaires	34
Pistes bibliographiques	38
Compléments scientifiques	40

Informations pratiques	52
-------------------------------	-----------

En un coup d'œil

Le Palais des enfants est un lieu inédit de 620 m² conçu pour les 2-10 ans et leurs accompagnants. Ensemble, ils y partagent le plaisir de découvrir librement et à leur rythme, une thématique explorée en croisant les arts et les sciences.

Fruit de l'expérience d'établissements publics de référence en matière d'offre de culture scientifique pour enfants et d'éducation artistique et culturelle, cet espace est situé au cœur du bâtiment, sous la Rotonde du Palais de la découverte, et bénéficie d'une rénovation complète.

Sa première exposition, *Transparence*, fait le pari de mettre en scène, de façon originale et créative, la rencontre d'œuvres d'art, multimédias, audiovisuels, dispositifs interactifs et manipulations afin de multiplier les approches de cette qualité de la matière, que l'on peut observer autant dans la nature que dans des objets fabriqués par la main humaine.

Transparence propose de relier ces éléments dans un parcours immersif et narratif accompagné d'une bulle de savon, un personnage espiègle qui s'adresse aux enfants. Elle les invite à explorer et expérimenter la transparence, en partageant avec eux des clés de compréhension.

Page de l'exposition sur le site internet du Palais de la découverte et du Grand Palais :

<https://www.palais-decouverte.fr/au-programme/transparence>

<https://www.grandpalais.fr/fr/programme/transparence>

Les photographies prises dans l'exposition sont à mettre au crédit de A. Robin / EPPDCSI.

En partenariat avec :

Fondation Jean-Pierre Aubin

MAIF

**Fondation
Jean-Pierre Aubin**



L'exposition Transparence

Propos

Positionné dans l'espace introductif, un plan en relief de l'exposition est plus particulièrement destiné aux enfants ou aux adultes vivant avec un handicap visuel. Il est complété de textes en braille dans les différents espaces. Les audiovisuels et l'ensemble du parcours audio sont traduits en LSF. L'exposition est présentée en deux langues : le français et l'anglais.

L'exposition est divisée en plusieurs espaces thématiques :

- L'entrée : par l'art, la science et le jeu ;
- Le palais des glaces : expériences sur la réflexion et la transparence du verre ;
- La forêt : jeu d'ombres et de lumières, exploration de la transparence et de son contraire, l'opacité ;
- Le ciel : interaction entre lumière et matière, phénomènes de réflexion et réfraction ;
- La grotte : découverte des cristaux et de la transparence minérale ;
- Sous l'océan : découverte d'un milieu transparent, l'eau et des effets de la réfraction.

Qu'est-ce que la transparence ? Un corps ou un milieu est dit **transparent** lorsqu'il laisse passer intégralement la lumière sans la diffuser de manière significative. On peut donc voir clairement à travers. L'air, l'eau (en petite quantité), les vitres sont des exemples de matériaux transparents.

On parle de translucidité lorsqu'un matériau laisse passer la lumière mais la diffuse, ce qui empêche de distinguer clairement les formes derrière lui. Le papier calque et le verre dépoli sont **translucides**.

Enfin, l'opacité caractérise les matériaux qui ne laissent aucune lumière les traverser, celle-ci étant absorbée. Le bois, le métal, les pierres sont **opaques**.

La transparence est donc une propriété graduelle, qui trouve son origine dans l'interaction entre la lumière et la matière au niveau atomique. En réalité, aucune matière n'est totalement transparente : elle absorbe une partie des rayons lumineux et les dévie, même infiniment peu.

L'absorption des rayons lumineux et leur déviation dépendent de l'organisation atomique de la matière, et de la vitesse à laquelle la lumière la traverse. C'est ainsi qu'apparaissent les effets de réflexion, de réfraction voire de diffraction. Les caustiques de l'eau, ces motifs de lumière qu'on peut apercevoir au fond des piscines, sont une illustration du phénomène de réfraction.

Dans les arts, depuis des siècles et encore aujourd'hui, cette propriété de la matière intrigue et irrigue le travail de certains artistes : comme terrain d'expression poétique, comme exercice de virtuosité technique, ou encore comme matériau illusionniste, révélant ce qui ne se voit pas ou qui permet de jouer avec les frontières de la perception.

Entretien avec les commissaires de l'exposition

Sophie Radix, Historienne de l'art, programmatrice expositions au GrandPalaisRmn

Floriane Perot, muséographe à Universcience – Palais de la découverte

L'exposition Transparence ouvre dans un nouveau lieu, le Palais des enfants. Pouvez-vous nous parler de cette collaboration entre le Grand Palais et le Palais de la découverte ?

S.R. : Si l'offre à destination des plus jeunes se développe en France comme à l'étranger, le positionnement art-science et la cible très large avec un démarrage dès 2 ans constituent une spécificité du projet. Nos deux établissements partagent le souhait d'encourager la curiosité, de proposer des expériences enthousiasmantes et de dialoguer avec la création contemporaine.

F.P. : Pour concevoir cette offre commune, l'idée a été de combiner les savoir-faire spécifiques de chaque établissement : en éducation artistique et culturelle, en muséographie scientifique pour enfants. En mixant nos façons de faire, nous proposons un parcours expérientiel, qui intègre des œuvres au même niveau que des dispositifs interactifs et manipulateurs.

Quels rôles jouent la scénographie et le graphisme dans cet exposition ?

F.P. : La scénographie imaginée par Studio Bloomer crée une immersion, entre contemplation et interaction, et incarne la transparence. C'était une attente de notre part : il s'agissait de trouver un langage qui rende la transparence accessible aux enfants.

S.R. : La visite est libre mais les différents environnements créent une cohérence qui soutient la découverte pour les visiteurs. Tomoë Sugiura, pour le graphisme, a donné vie au personnage de la bulle de savon. Elle voyage d'un espace à l'autre, interagit avec certaines œuvres et questionne les manifestations de la transparence avec humour et poésie.

Cette exposition est la première du Palais des enfants. Aviez-vous des souhaits particuliers ?

S.R. : Le public visé n'est pas forcément familier des musées ou des lieux patrimoniaux ou culturels, au sens large. Il va donc découvrir ce type d'espace et ses codes, mais aussi, je le souhaite vivement, ses bienfaits. Je voudrais que chacun puisse se sentir bienvenu et prenne plaisir à la découverte. Il me semblait également intéressant de mettre en lumière plusieurs typologies d'œuvres d'art : photographie, estampe, sculpture, installation... de façon à transmettre l'idée qu'il existe différents langages artistiques mais aussi que certains touchent, parlent davantage que d'autres.

F.P. : Convaincue que le croisement entre les disciplines est un atout pour favoriser la curiosité et la créativité, j'avais à cœur de concevoir une exposition qui décroisse ce qui relève de l'art ou de la science. Nous avons créé des liens entre œuvres, manipulations et dispositifs interactifs. C'est le sens du parcours audio qui donne la parole à la bulle de savon : écrits par Alice Brière-Haquet, autrice jeunesse, ces textes aident les enfants à s'approprier les œuvres et ce qu'elles disent de la transparence.

Quel plaisir a été le vôtre à concevoir ce magnifique espace ? Une œuvre vous touche-t-elle plus qu'une autre ?

S.R. : Cette coproduction est une passionnante aventure ! Malgré les complexités, les deux équipes arrivent à un résultat, riche d'expériences pour les visiteurs, très beau et réellement original. J'ai une relation particulière avec chaque œuvre, mais peut-être que le buste de Giovanni Strazza tient une place spéciale. L'original est quasi inaccessible et sa reproduction a mis à contribution plusieurs savoir-faire du GrandPalaisRmn (Agence photo et Ateliers d'art) pour le mettre en valeur et à la portée de tous.

F.P. : Pour ma part, j'ai un vrai coup de cœur pour la photographie *Verre à la paille* d'André Steiner : avec ce jeu de lumière à travers le verre et l'eau elle montre un très bel effet de réfraction. Je trouve qu'elle figure merveilleusement en quoi la transparence inspire et questionne autant les artistes que les scientifiques.

Comité scientifique et culturel de l'exposition

Par ordre alphabétique :

Cora Cohen-Azria est professeure des Universités en Sciences de l'éducation et de la formation, spécialisée en didactique et muséologie des sciences à l'Université de Lille. Elle développe des recherches sur les liens entre École et Musée, sur les visites scolaires et familiales dans les musées et sur l'enseignement et les apprentissages des sciences.

Stanislas Colodiet est conservateur du patrimoine. D'abord responsable des collections modernes et contemporaines au musée Fabre de Montpellier ; il est aujourd'hui Directeur du Centre international de recherche sur le verre et les arts plastiques (Cirva) à Marseille, un laboratoire dans lequel artistes et designers dialoguent avec une équipe technique composée d'artisans.

Kevin Diter est sociologue, chercheur et maître de conférences à l'Université de Lille. Le thème principal de ses travaux concerne l'enfance. Il travaille en particulier sur la question du genre et de différenciations sociales, que ce soit dans le milieu scolaire ou dans les familles elles-mêmes.

Carole Écoffet est chargée de recherche au CNRS à l'Institut de Science des Matériaux de Mulhouse et analyse les pratiques d'artistes travaillant en collaboration avec des laboratoires de sciences exactes. Ses travaux concernent les interactions lumière/matière et l'utilisation de nouveaux matériaux en art.

Françoise Lonardoni est historienne de l'art, curatrice et critique d'art. Responsable du service culturel du musée d'art contemporain de Lyon (MAC) jusqu'en 2024, elle y a porté le projet *Little odysée* en 2022 avec l'Université Lyon 3. Il s'agissait d'une présentation sensorielle des collections à destination des enfants.

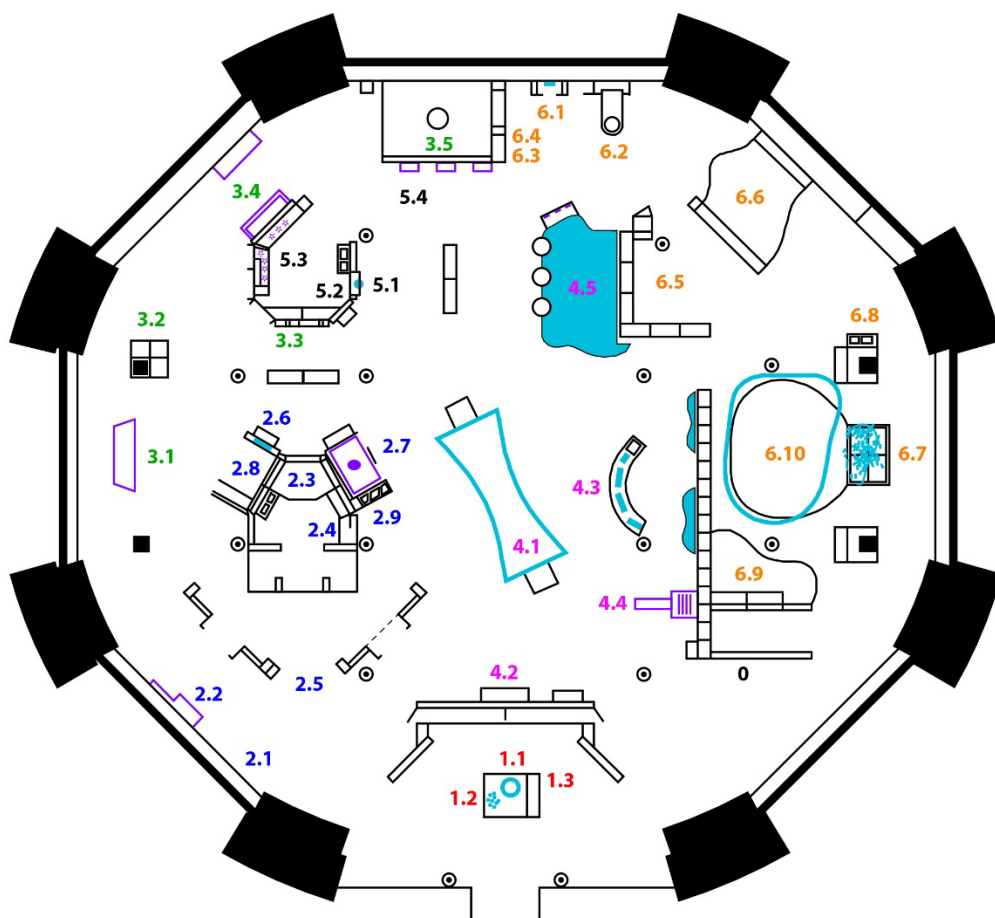
Sophie Marianopolis est psychologue clinicienne, psychanalyste et auteur de nombreux ouvrages. Fondatrice des lieux d'accueil *Les Pâtes au Beurre*, elle a fait partie de « La Commission des 1000 Jours » et est l'auteur du rapport ministériel pour une politique de santé culturelle.

Chiara Pastorini est philosophe praticienne, animatrice et formatrice en philosophie pour enfants, chargée de cours consacrés aux « Grands enjeux contemporains » à l'université Paris 9-Dauphine. En 2014, elle fonde *Les petites Lumières* pour initier les enfants et adolescents à la philosophie. Elle est autrice de plusieurs ouvrages de philosophie : albums, BD, jeux de cartes. Elle collabore régulièrement à *Philosophie Magazine* et conçoit le scénario de la page BD L'atelier philo dans la revue belge *Philéas et Autobule*.

Caroline Roelens-Duchamp est directrice du musée du Verre - site verrier de Meisenthal, service de la Communauté de communes du Pays de Bitche (Lorraine). Très attachée à la transmission de l'art verrier, autant son histoire et sa technique que le soutien à la création contemporaine, elle a une préoccupation particulière pour l'accueil de tous les publics et notamment des enfants.

Jean-Philippe Uzan est directeur de recherche au CNRS. Spécialiste de gravitation et de cosmologie, il travaille à l'Institut d'astrophysique de Paris. Il a écrit plusieurs livres dont *Big Bang*, prix du livre d'astronomie 2019 et récemment, un conte cosmique : *L'Appel de l'Univers* et *Une histoire populaire de l'univers*. Au-delà des barrières disciplinaires, il développe des activités artistiques auprès des enfants hospitalisés, de jeunes migrants et des réfugiés.

Plan de l'exposition



L'entrée

- 1.1 Hans Op de Beeck, *Tatiana (Soap Bubble)*, 2017
- 1.2 Bulles
- 1.3 La bulle de Tatiana

La forêt

- 3.1 L'atelier des ombres
- 3.2 Toiles d'araignées
- 3.3 Mystérieuses transparences dans la forêt
- 3.4 Fines curiosités
- 3.5 Scenocosme, *Brumes*, 2024

Le ciel

- 4.1 Dan Graham, *Passage intime*, 2015
- 4.2 Passage vers les nuages
- 4.3 Lentilles optiques convergentes
- 4.4 Cache-cache nuages
- 4.5 Dans les bulles

La grotte

- 5.1 Giovanni Strazza, *Vierge voilée*, 1854 et 2023
- 5.2 Princesse et cristaux
- 5.3 Cristaux
- 5.4 Dévier la lumière

Le palais des glaces

- 2.1 Transparent un peu, beaucoup, pas du tout ?
- 2.2 Nuancier
- 2.3 Patrick Neu, *Armure japonaise*, 2015
- 2.4 La bulle et le samouraï
- 2.5 Le dédale du palais des glaces
- 2.6 Catherine Auguste et Henri Peyre, *Panier de verres à la façon de Stoskopff*, 2023
- 2.7 Lumières sur la transparence !
- 2.8 Souffleuse de verre
- 2.9 La matériauthèque de la transparence

Sous l'océan

- 6.1 Agathe May, *Portrait en pied*, 1999
- 6.2 Les pieds dans l'eau
- 6.3 André Steiner, *Verre à la paille*, 1938
- 6.4 Paille dans un verre d'eau
- 6.5 Mystérieuses transparences sous l'océan
- 6.6 La transparence en mouvement des méduses Aurélie
- 6.7 Soo Sunny Park, *Unwoven light*, 2013
- 6.8 Magie de la lumière
- 6.9 Le coin pour bouquiner
- 6.10 L'espace de médiation

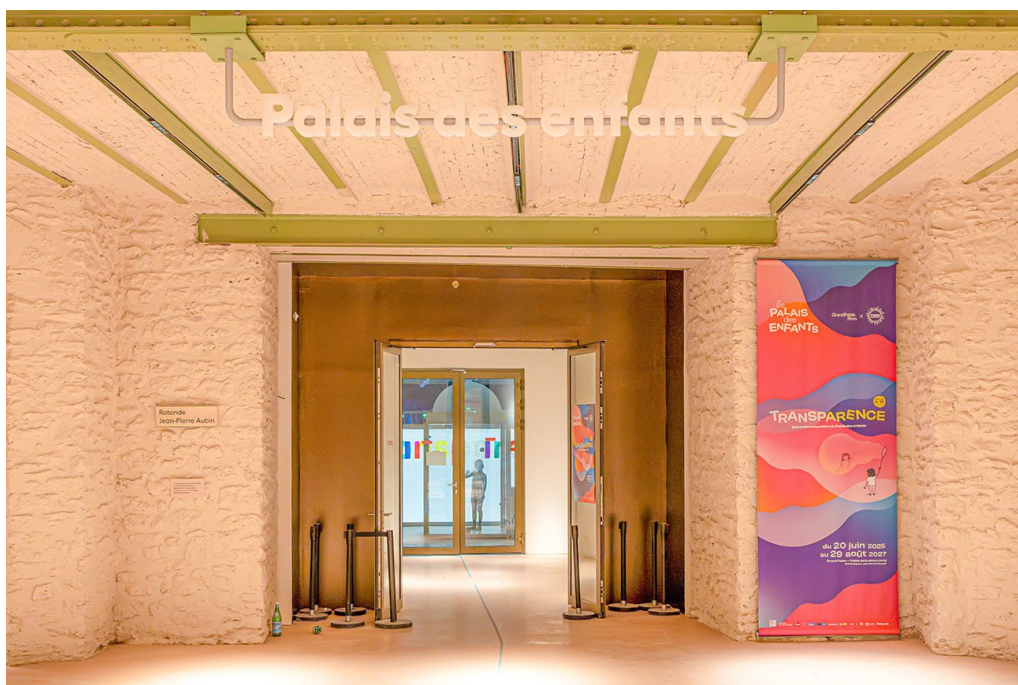
0 Livre d'or

Contenu

Les principaux messages de l'exposition sont :

- **La transparence est une qualité de la matière en interaction avec la lumière.** Cela signifie que la lumière passe à travers une matière et qu'on peut voir ce qu'il y a derrière ;
- **Le contraire de la transparence est l'opacité** : la lumière ne passe pas à travers la matière et on ne peut pas voir ce qu'il y a derrière. **Entre les deux, il y a la translucidité** : la lumière passe à travers la matière, mais on ne peut pas vraiment distinguer ce qu'il y a derrière ;
- **Les rayons de la lumière sont déviés lorsqu'ils traversent une matière.** C'est ce qui crée les reflets, les effets de scintillement et d'iridescence ;
- **La transparence est un support d'imagination et de créativité.** De nombreux artistes ont travaillé à partir de cette qualité ;
- **La transparence existe dans la nature et peut être imitée par la main et l'esprit humains** grâce à des savoir-faire techniques. Ainsi, le cristal de plomb produit en atelier imite le cristal de roche découvert dans la nature.

Les œuvres ont été choisies et intégrées dans le parcours pour, entre autres, leur accessibilité aux enfants, que ce soit par contact direct (toucher, immersion) lorsque cela est possible ou par des dispositifs d'accompagnement. Le mode narratif, si propice à l'ancrage de la visite dans les souvenirs, a été particulièrement travaillé et a donné naissance à la bulle de savon, fil conducteur et narratrice du parcours.



L'entrée

L'entrée plonge les élèves dans un univers poétique, dans lequel ils vont faire des découvertes sensorielles et intellectuelles étonnantes. Le ton est donné grâce à une sculpture qui accueille le public à hauteur d'enfants. Puis, un geste scénographique pose les trois mots-clés qui seront maniés tout au long du parcours : transparent / translucide / opaque.

Hans Op de Beeck, *Tatiana (Soap Bubble)*, 2017

1.1

Type d'élément : œuvre

Sculpture de polyester, métal, verre et plomb. Studio de l'artiste. Constituée de deux éléments : la figure ainsi que la baguette et la bulle de verre.

Propos : la jeune Tatiana accueille les élèves. Elle permet aux enfants de se projeter dans une activité ludique associée depuis des siècles, et dans de nombreuses cultures, à la transparence. Sa bulle de savon est le fil conducteur de l'exposition.

Objectif pour l'enfant : être accueilli par une figure à son échelle, une œuvre d'art symbolisant l'enfance, le jeu et la rencontre art-science. La jeune fille représentée est en train de souffler une bulle de savon, jeu emblématique des expérimentations scientifiques.

Posture de l'enfant : observation.



Bulles 1.2

Type d'élément : installation scénographique

Propos : une installation scénographique d'après une idée d'Hans Op de Beeck.

Objectif : les bulles soufflées par Tatiana s'élèvent dans les airs, invitant les enfants à les suivre dans l'espace de l'exposition.

La bulle de Tatiana 1.3

Type d'élément : audio

Propos : certaines œuvres d'art parlent aux élèves. Elles dialoguent avec la bulle qui devient le fil conducteur de la visite, comme un compagnon ou un guide. Ici, la bulle se présente et introduit l'exposition.

Objectif pour l'enfant : faire connaissance avec la bulle, protagoniste curieux de l'exposition qui lie les arts et les sciences par le jeu.

Posture de l'enfant : écoute et observation de l'œuvre d'Hans Op de Beeck.

Scénario : le dialogue entre la bulle et la jeune Tatiana est diffusé en boucle par des haut-parleurs directionnels, avec des temps de pause pour permettre la contemplation de l'œuvre sans sursollicitation. Le discours sonore est soutenu par un éclairage évolutif.

Le palais des glaces

Le verre est le matériau par excellence qui évoque la transparence. Dans l'univers du palais des glaces, il rappelle l'eau sous son état solide : la glace. Le décor met en scène le nuancier de la transparence, en jouant avec les effets de transparence, de translucidité et d'opacité des matières verrières (fenêtres givrées, miroirs sans tain...). En déambulant dans ce palais aux mille surprises, les enfants expérimentent que :

- la transparence permet de voir et d'être vu ;
- par opposition, l'opacité empêche de voir mais permet de se cacher ;
- dans certains cas, on peut voir à travers une paroi vitrée sans être vu.

L'enfant est libre de sa circulation, il déambule, se met en mouvement, court, observe, écoute et touche. L'adulte, quant à lui, participe à l'exploration, se met en mouvement avec l'enfant et touche avec lui. Il peut reprendre certaines notions pour les préciser, dialoguer avec l'enfant ou l'accompagner dans la compréhension des consignes et des explications.

C'est ici qu'on découvre les secrets des métiers liés au travail du verre et du cristal, et comment cette qualité est mise en valeur dans l'art.

Transparent un peu, beaucoup, pas du tout ? 2.1

Type d'élément : manipulation

Propos : la transparence d'une matière désigne sa capacité à laisser passer la lumière. Elle peut être qualifiée de :

- transparente si la lumière la traverse entièrement ;
- translucide si elle la laisse passer partiellement (on distingue la silhouette sans précision des contours) ;
- opaque si elle l'arrête complètement.

Objectif pour l'enfant : comprendre que la transparence est liée à la matière et qu'il existe plusieurs types de matériaux.

Posture de l'enfant : manipulation.

Scénario : le dispositif, sous la forme d'un jeu de tri multijoueur, implique la sélection rapide d'échantillons transparents, translucides ou opaques, pour les insérer dans la bonne catégorie. L'équipe qui réussit à identifier le plus d'échantillons gagne la partie.

**Nuancier** 2.2

Type d'élément : graphisme

Propos : les nuances de la transparence (transparent, translucide, opaque) seront convoquées tout au long de l'exposition. Dès l'entrée, ce vocabulaire doit être défini et illustré, pour que chaque élève puisse en prendre connaissance.

Objectif pour l'enfant entré dans la lecture : être équipé du « B.A.-BA » de la transparence, pour explorer l'exposition en ayant été informé du vocabulaire des nuances de la transparence.

Posture de l'enfant : observation.

Scénario : Les trois mots de vocabulaire intrinsèques à la thématique sont mis en scène dans une illustration graphique. On y voit la bulle de savon qui joue avec le nuancier de la transparence.

Patrick Neu, *Armure japonaise*, 2015

2.3

Type d'élément : œuvre

Sculpture en cristal, métal et papier, taille réelle, Galerie Thaddaeus Ropac – London, Paris, Salzburg.

Propos : la fonction de l'armure est de dissimuler et défendre le samouraï qui la porte. Mais ici, l'armure est en cristal, un matériau prestigieux et très fragile : elle ne peut pas jouer son rôle de protection, le guerrier est vulnérable.

Objectif pour l'enfant : percevoir le paradoxe que présente une armure en cristal.

Posture de l'enfant : observation.

Scénario : l'œuvre est située dans le palais des glaces, où elle joue le rôle de gardien. Elle est mise à distance par une vitrine, dans une alcôve lumineuse.



La bulle et le samouraï

2.4

Type d'élément : audio

Propos : le cristal qui constitue cette armure est transparent et ne lui permet pas de protéger le samouraï qui pourrait la porter. Elle a un air menaçant, mais elle ne peut être réellement dangereuse !

Objectif pour l'enfant : observer attentivement l'armure et percevoir le paradoxe entre sa fonction et son matériau.

Posture de l'enfant : écoute et observation.

Scénario : la bulle dialogue avec l'armure et révèle son propos. On peut écouter l'histoire à l'aide d'un casque audio, en déclenchant le son grâce à un bouton tactile. L'éclairage est programmé pour accompagner le discours. Plusieurs casques sont proposés, pour permettre une écoute partagée adulte/enfant.

Le dédale du palais des glaces 2.5

Type d'élément : installation scénographique

Propos : la transparence, dans la pluralité de ses matériaux, s'expérimente à travers différents sens et postures.

Objectif pour l'enfant : ressentir la transparence avec son corps. Explorer et découvrir les possibilités de cet état de la matière.

Posture de l'enfant : engagement du corps, toucher et déambulation, cache-cache.

Scénario : les enfants déambulent dans un dédale situé dans le palais des glaces. Ils peuvent explorer les différents matériaux qui composent les parois de ce dédale (verres, plexiglas, textiles) et jouer à se cacher/révéler de part et d'autre.

Catherine Auguste et Henri Peyre, *Panier de verre à la façon de Stoskopff*, 2023 2.6

Type d'élément : œuvre

39 x 29 cm, photographie : impression à jet d'encre, verre de protection et cadre ancien (57,5 x 47,4 x 6 cm), Collection des artistes.

Propos : en traversant les matières transparentes ou translucides, la lumière dessine des contours et crée des reflets : les verres brillent de mille feux ! Pour en garder le souvenir, des artistes utilisent la peinture ou la photographie. On appelle ce genre de représentation une « nature morte ».

Objectif pour l'enfant : découvrir ce qu'est une « nature morte » et observer les reflets de la lumière sur les verres.

Posture de l'enfant : observation.

Scénario : œuvre photographique protégée par un verre et ornée d'un cadre de style classique. Une reproduction de la peinture du peintre alsacien Sébastien Stoskopff (1597-1657), qui donne son nom à l'œuvre de Catherine Auguste et Henri Peyre, se trouve à proximité de son cartel.

Lumières sur la transparence 2.7

Type d'élément : manipulation

Propos : dans les œuvres de Auguste & Peyre et de Stoskopff, on peut observer l'effet des rayons lumineux sur les verres : réfraction, réflexion partielle ou totale... C'est toute la beauté du verre !

Objectif pour l'enfant : s'amuser à observer l'effet de lumières variées sur des compositions de verres. Comprendre le travail artistique des photographes et du peintre.

Posture de l'enfant : jeu avec la lumière.

Scénario : des verreries sont positionnées sur un plateau. Les enfants peuvent régler les lumières pour jouer avec les effets de reflets et de lumière suivant l'emplacement et le type de lumière choisie (chaude, froide, colorée ou non...). Ils prennent une photo de leur composition pour visualiser le passage en 2D et en conserver le souvenir.

Souffleuse de verre 2.8

Type d'élément : audiovisuel

Propos : le verre est un matériau réalisé à partir de silice et de sable qui sont portés à très haute température. Le verre, encore chaud, est souple et peut adopter différentes formes.

Objectif pour l'enfant : découvrir ce qu'est le soufflage de verre. La petite surprise est que le verre est composé de sable, un élément opaque, qui devient transparent à très forte température.

Posture de l'enfant : observation, écoute.

Scénario : un enfant suit une souffleuse de verre dans son atelier et dialogue avec elle. C'est l'occasion pour lui de voir comment elle travaille et de comprendre comment se forme un objet en verre. La souffleuse lui offre même la possibilité d'expérimenter les fers et de souffler dans la cane !

La matériauthèque de la transparence 2.9

Type d'élément : installation scénographique

Propos : la transparence peut s'expérimenter avec la vue mais aussi avec le toucher pour découvrir les différents aspects de cet état de la matière.

Objectif pour l'enfant : découvrir la transparence et la variété de sa matérialité, la richesse de ses textures.

Posture de l'enfant : manipulation et toucher.

Scénario : les enfants peuvent regarder à travers, toucher et manipuler des échantillons de verres de différentes gradations de transparence (de la translucidité à l'opacité). Ils découvrent les noms de différents matériaux, en braille également, qu'ils ont rencontré lors de leur exploration du dédale du palais des glaces (2.3).

La forêt

Cet espace ouvert évoque une forêt sombre et semi-opaque : la lumière y pénètre avec difficulté. On s'y cache entre les troncs d'arbres, et on y tombe nez-à-nez avec des toiles d'araignées ou de petits animaux transparents dissimulés dans le paysage. Cette forêt abrite des boîtes qui invitent à composer ses propres ombres avec des matériaux opaques, translucides ou transparents. L'objectif est de sensibiliser à la notion de transparence en explorant son spectre de nuances, allant de la transparence à l'opacité, et ainsi souligner sa richesse en explorant aussi son contraire.

En entrant dans cette forêt sombre et mystérieuse, les enfants approchent la transparence par son contraire : l'opacité.

Les ombres se forment lorsque la lumière est arrêtée par des objets opaques : ici, les structures végétales de la forêt (troncs, branches et feuilles des arbres). L'enfant est invité à pénétrer dans la forêt en découvrant ce qui y est dissimulé. Il peut lui-même s'y cacher et jouer avec d'autres visiteurs ! L'adulte accompagne l'enfant dans la découverte de cette forêt sombre et mystérieuse. Il peut jouer à cache-cache avec lui. On s'intéresse donc ici à l'opacité, qui permet de créer des ombres et on aborde les degrés de la transparence qui peuvent être observés dans la nature.

L'atelier des ombres 3.1

Type d'élément : manipulation

Propos : pour comprendre la transparence d'un objet, il est possible d'analyser comment la lumière le traverse et comment son ombre apparaît, l'opposé de la transparence étant l'opacité. En explorant cette relation avec la lumière, la transparence ouvre sur un univers poétique et créatif captivant.

Objectif pour l'enfant : composer des formes/décors étonnants à partir de matériaux de récupération à divers degrés de transparence.

Posture de l'enfant : composer et expérimenter les potentiels créatifs des matériaux transparents ou non. L'enfant peut partager son imaginaire, exprimer sa fantaisie et également raconter des histoires.

Scénario : des boîtes équipées de lumières et d'une variété d'objets/matières invitent les visiteurs à explorer les jeux d'ombres. Les participants sont encouragés à créer des scènes ou des compositions abstraites en expérimentant avec des superpositions et la polarisation de la lumière. L'utilisation de matériaux diversifiés tel que des textiles, plastiques et ustensiles suscitent la créativité et incitent à concevoir des petits théâtres d'ombres uniques.

**De vraies toiles d'araignée 3.2**

Type d'élément : objet scientifique

Propos : la transparence existe dans la nature sous plusieurs formes. Les humains ne sont pas les seuls créateurs de la transparence, les araignées en produisent également.

Objectif pour l'enfant : comprendre que la transparence existe dans la nature. Pouvoir observer et admirer de près une toile d'araignée et les motifs qui la composent.

Posture de l'enfant : observation.

Scénario : des toiles d'araignées sont présentées dans deux vitrines, sans les araignées qui les ont tissées.

Mystérieuses transparences dans la forêt 3.3

Type d'élément : graphisme

Propos : comme pour la toile d'araignée, la transparence se cache dans la nature, et certains insectes et animaux présentent même cette caractéristique.

Objectif pour l'enfant : trouver les animaux transparents sur une fresque, comprendre pourquoi certaines espèces sont transparentes.

Posture de l'enfant : observation active / exploration.

Scénario : sur une grande fresque illustrée, les enfants s'amuse à chercher les animaux et les insectes transparents.

Fines curiosités 3.4

Type d'élément : manipulation

Propos : la relation entre la transparence et la finesse est souvent observée. Dans le cas de certaines matières, qu'elles soient fabriquées ou naturelles, une diminution de l'épaisseur de la matière est généralement associée à une augmentation de la translucidité, voire à la transparence.

Objectif pour l'enfant : appréhender la subtilité de la finesse des objets naturels ou artisanaux en observant leur métamorphose à travers l'interaction avec la lumière.

Posture de l'enfant : observation et manipulation.

Scénario : une grande vitrine présente une combinaison d'objets translucides et opaques, classés par type de matière (bois, porcelaine, papier, matières organiques...), pour permettre des comparaisons entre leur finesse. Les enfants manipulent des lampes pour révéler, grâce à la lumière, des secrets dissimulés par l'opacité, comme de mini-trésors à déceler.

Scenocosme, Brumes, 2024 3.5

Type d'élément : œuvre.

Scenocosme est un couple d'artistes constitué de Grégory Lasserre et Anaïs met den Ancxt.

Propos : *Brumes* est une œuvre interactive originale, spécifiquement pensée pour cette première exposition du Palais des enfants. Elle interroge le dialogue entre la transparence et l'opacité. La question de l'opacité, comme contraire de la transparence, est en effet une dimension essentielle du propos de l'exposition et de l'apprentissage pour les enfants. L'opacité, mise en avant dans l'environnement de la forêt, joue le rôle de contrepoint à la transparence.

Objectif pour l'enfant : susciter un rapport sensible à l'opacité.

Posture de l'enfant : stimulation multisensorielle qui engage le corps : le toucher, l'écoute, la parole... et la collaboration.



Le ciel

Cet espace ouvert évoque un ciel baigné par la lumière du Soleil. On s'y promène comme en plein air, en explorant les degrés et les effets de la transparence dans l'atmosphère. On y manipule la lumière, on y découvre les effets de la réfraction et de la réflexion en traversant le *Passage Intime* (œuvre de Dan Graham) ou en observant les nuages. Enfin, le ciel questionne la transparence dans les matières artisanales, par l'étude de leur finesse.

Dans cet espace, les enfants expérimentent que la transparence se décline autant dans la nature (dans le ciel, dans l'eau) que dans des matières créées par les humains. On s'amuse ici des effets d'illusion que peuvent provoquer la rencontre de certains matériaux avec la lumière.

Dan Graham, *Passage intime*, 2015 4.1

Type d'élément : œuvre

Verre semi-réfléchissant et acier inoxydable, 230 x 514 x 270 cm, Galerie Marian Goodman, New-York/Paris.

Propos : élément fort de l'environnement, cette œuvre oriente la déambulation des élèves en leur proposant une immersion dans une transparence et des reflets en mouvement, grâce à leur corps. Le *Passage Intime* de Dan Graham est un chemin dans lequel les enfants peuvent interagir – seul ou à plusieurs – et indéfiniment renouveler leur découverte de l'œuvre et de sa magie.

Objectif pour l'enfant : traverser la transparence. S'immerger dans les reflets, les déformations et les effets miroirs/transparence. Interagir avec une œuvre et d'autres visiteurs.

Posture de l'enfant : observer, explorer et interagir dans un espace à la fois transparent et réfléchissant, seul ou avec d'autres.

Scénario : l'œuvre est positionnée dans l'espace « Le ciel ». Les visiteurs peuvent la traverser librement et y faire ce que leur inspire leur fantaisie.



Passage vers les nuages 4.2

Type d'élément : audio

Propos : l'œuvre de Dan Graham s'explore comme un grand paysage. C'est en y pénétrant, en tournant autour, qu'on perçoit toute son originalité et tous ses effets de transparence et de reflets.

Objectif pour l'enfant : après avoir joué avec l'œuvre, les enfants sont invités à observer comment fonctionne *Passage intime* grâce à des surfaces réfléchissantes ou transparentes.

Posture de l'enfant : écoute.

Scénario : cet épisode du parcours sonore met en scène l'expérience de la bulle de savon qui traverse l'œuvre de Dan Graham. Elle fait part de ses sensations et donne quelques clés de compréhension sur sa matérialité. On peut écouter l'histoire à l'aide d'un casque audio, en déclenchant le son grâce à bouton tactile. Plusieurs casques sont proposés, pour permettre une écoute partagée adulte/enfant.

Lentilles optiques convergentes 4.3

Type d'élément : objets scientifiques

Propos : une lentille convergente a son centre plus épais que ses bords. Tous les rayons lumineux qui la traversent se retrouvent en un point : le point focal. En fonction de l'emplacement du point de traversée de la lentille, les rayons sont plus ou moins déviés, ce qui a pour conséquence de déformer les éléments observés de l'autre côté de lentille, voire de les renverser.

Objectif pour l'enfant : percevoir la transparence de la lentille convergente ainsi que les modifications optiques engendrées par sa forme et s'en amuser avec d'autres visiteurs.

Posture de l'enfant : engagement du corps et observation, seul ou à plusieurs et toucher.

Scénario : se positionner devant ou derrière dans l'axe de la lentille afin d'observer à travers un camarade, un adulte accompagnant ou un objet. L'enfant est invité à avancer et reculer, pour observer une drôle de transparence, qui fait varier l'apparence des choses selon la distance : l'image est successivement agrandie, très agrandie, ou même renversée !

Cache-cache nuages 4.4

Type d'élément : manipulation

Propos : les objets blancs, tels que la mousse ou le sucre, sont formés de petits éléments transparents comme des bulles ou des cristaux. La lumière se réfléchit dans toutes les directions, donnant une apparence blanche. Les nuages, bien qu'apparemment translucides ou opaques, sont en réalité composés de gouttelettes d'eau transparentes, expliquant la perception de leur blancheur dans différents contextes.

Objectif pour l'enfant : faire réaliser qu'un nuage est constitué d'une accumulation de microparticules transparentes – des gouttes d'eau.

Posture de l'enfant : manipulation.

Scénario : l'opacité créée par la superposition de couches transparentes permet de cacher ce qui se trouve derrière. Les enfants jouent à faire disparaître le Soleil, en positionnant le maximum de nuages transparents ou translucides devant la source lumineuse.

Dans les bulles 4.5

Type d'élément : multimédia

Propos : les bulles, symboles de transparence, sont légères et s'envolent. Elles peuvent également se lier les unes aux autres sans éclater.

Objectif pour l'enfant : s'émerveiller et jouer avec la physique des bulles pour interagir avec les autres personnes.

Posture de l'enfant : souffler, bouger.

Scénario : des enfants soufflent pour créer des bulles de savon virtuelles. D'autres enfants, positionnés face à un grand mur, se retrouvent sous la forme d'avatars, s'envolant à l'intérieur de ces grandes bulles. Les bulles peuvent s'associer, se télescoper... Lorsqu'elles éclatent, les enfants descendent avec une *Diphylla grayi* (fleur qui devient transparente lorsqu'elle est mouillée), telle un parachute.

**La grotte**

Cette grotte est conçue comme un écrin, pour explorer les degrés de transparence de la matière minérale. À l'état brut ou travaillés par la main humaine, des cristaux de toutes les nuances de transparence et de couleurs se donnent en spectacle et dialoguent avec le buste en résine et marbre de la *Vierge voilée*, un moulage d'une œuvre du sculpteur italien Giovanni Strazza (1818-1875). Ils donnent à admirer la virtuosité de la nature et de l'artiste dans la fabrication de la transparence.

Giovanni Strazza, *Vierge voilée*, 1854 et 2023 5.1

Type d'élément : œuvre

Moulage en résine chargée de marbre, 2023, 51 x 30 x 23 cm, Atelier de moulage GrandPalaisRmn.

Propos : la *Vierge voilée* de Giovanni Strazza illustre le paradoxe d'une matière qui est opaque (le marbre) mais qui apparaît transparente à nos yeux grâce à la virtuosité de l'artiste.

Objectif pour l'enfant : comprendre que la transparence peut s'exprimer en dehors de la traversée de la lumière d'un matériau.

Posture de l'enfant : observation et toucher.

Scénario : les enfants peuvent toucher l'œuvre (le recours au moulage permet un contact direct et sans risque pour l'original). Elle est associée aux cristaux, puisqu'ils partagent avec le marbre la même origine minérale (le marbre est constitué de cristaux de calcite).

Princesse et cristaux 5.2

Type d'élément : audio

Propos : grain de sel, pierres précieuses et marbre ont en commun d'être des cristaux. Certains sont transparents à l'état brut, alors que d'autres doivent être taillés ou travaillés par la main de l'homme pour le devenir. D'autres encore ne pourront jamais laisser passer la lumière, mais pourront donner l'illusion de la transparence, en la représentant : c'est le cas de la sculpture de la *Vierge voilée*, qui se livre en dialoguant avec la bulle de savon et les cristaux.

Objectif pour l'enfant : comprendre que l'on peut rencontrer la transparence minérale aussi bien dans la salière sur la table qu'au musée.

Posture de l'enfant : écoute.

Scénario : on peut écouter l'histoire à l'aide d'un casque audio, en déclenchant le son grâce à un bouton tactile. Plusieurs casques sont proposés, pour permettre une écoute partagée adulte/enfant.

Cristaux du Muséum national d'histoire naturelle 5.3

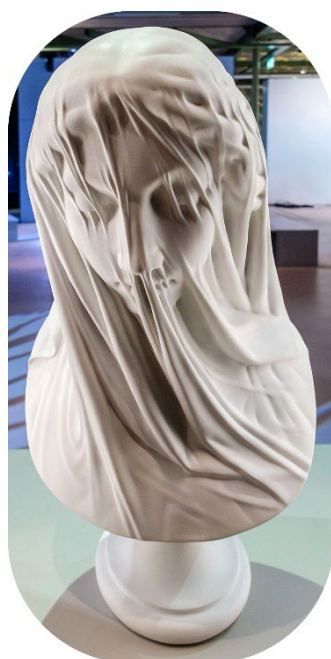
Type d'élément : objets scientifiques

Propos : Les cristaux ne sont pas de simples minéraux. Ils se définissent par leur organisation atomique qui est très régulière. La nature en produit de toutes sortes (dimensions, formes, couleurs).

Objectif pour l'enfant : s'émerveiller et comprendre que la Terre recèle des trésors transparents que l'on peut extraire et tailler.

Posture de l'enfant : observation et toucher.

Scénario : la sélection est présentée dans une vitrine et éclairée de façon spectaculaire et de manière à mettre en valeur sa variété (dans les nuances et les couleurs de la transparence).



Dévier la lumière 5.4

Type d'élément : manipulation

Propos : la lumière change de comportement selon la matière ou la forme des objets qu'elle rencontre. Quand elle atteint un objet transparent, une partie de son faisceau rebondit sur la surface : c'est la réflexion. Une autre partie rentre dans la matière en changeant de direction : c'est la réfraction.

Objectif pour l'enfant : découvrir différents comportements de la lumière dans des milieux transparents.

Posture de l'enfant : expérimentation, jeu de logique.

Scénario : trois expériences sont proposées. Dans chacune, l'élève doit diriger un faisceau laser vers une cible transparente. La première met en jeu un prisme, révélant un phénomène de réflexion. La deuxième utilise une forme en demi-lune, permettant d'observer à la fois réflexion et réfraction. La troisième fait appel à un cylindre, traversé par le laser, pour illustrer deux réfractions successives.

Sous l'océan

Avant de plonger sous l'océan, les élèves sont invités à expérimenter les effets de la transparence de l'eau. Ils reproduisent le phénomène de la réfraction visible dans l'œuvre d'Agathe May (*Portrait en pied*), en mettant – virtuellement – les pieds dans l'eau. Ils s'amuse ici des jeux de la lumière dans l'eau, un milieu transparent bien spécifique. Les enfants se rendent compte qu'on peut voir quelque chose qui est immergé dans l'eau (ici, les pieds). Mais cette transparence déforme ce que l'on voit à travers. Les jeunes visiteurs sont déroutés, et cet étonnement est un moteur de leur exploration.

Après avoir traversé ce sas, ils découvrent un espace calme et serein, magnifié par l'œuvre *Unwoven Light* de Soo Sunny Park, qui joue avec la transparence et la lumière. On s'arrête sous les abysses subtilement illuminés par les effets d'iridescence de l'œuvre, pour s'émerveiller, rêver et imaginer. Un coin pour bouquiner offre d'autres regards sur la transparence, sous forme d'albums, de cahiers multisensoriels et d'histoires à écouter. Cet espace est ponctuellement habité par des médiations humaines, sous des formes variées.

Les enfants sont donc invités à s'émerveiller devant la beauté de la transparence, à être saisis par cette ambiance douce, pour s'offrir un moment de rêverie et d'évasion qui stimulera leur imaginaire.

Agathe May, Portrait en pied, 1999 6.1

Type d'élément : œuvre

Chalcographie, dimension de la feuille : 93,5 x 29,5 cm, Atelier de chalcographie GrandPalaisRmn.

Propos : l'œuvre évoque une situation familière, les pieds dans l'eau, comme à la plage ou la piscine. La réfraction est clairement visible. L'eau et sa transparence déforment la perception que l'on a de nos pieds, il s'agit d'un phénomène scientifique qui est ici mis en avant par l'artiste.

Objectif pour l'enfant : la limite eau/air révèle le phénomène de la réfraction : la lumière est déviée, on a un effet « chevilles coupées ».

Posture de l'enfant : observation.

Scénario : l'œuvre est accrochée à hauteur d'enfant. Elle est accompagnée d'un multimédia pour qu'il expérimente par lui-même le phénomène évoqué.

Les pieds dans l'eau 6.2

Type d'élément : multimédia

Propos : l'eau déforme l'image de nos pieds, comme dans l'œuvre d'Agathe May.

Objectif pour l'enfant : s'amuser avec la réfraction et la déformation, s'immerger dans l'œuvre d'Agathe May.

Posture de l'enfant : observer et bouger.

Scénario : l'élève est invité à se positionner devant un écran affichant l'image de l'œuvre : dès qu'il est détecté par une caméra, il contrôle les pieds représentés dans l'œuvre. Il peut ainsi bouger, jouer dans l'eau, faire varier le niveau de l'eau grâce à une molette à tourner et se rendre compte du phénomène optique se produisant à l'interface entre les deux milieux.



André Steiner, Verre à la paille, 1938 6.3

Type d'élément : œuvre

Photographie (impression moderne, Agence Photo GrandPalaisRmn), 23,7 x 17,7 cm, Collection du CNAC-GP.

Propos : l'œuvre évoque une situation familière : une paille dans un verre d'eau. On peut voir que l'image est artistique avec le jeu de noir et blanc. L'eau et le verre (transparents) déforment la perception que nous avons de la paille, il s'agit d'un phénomène optique qui est ici mis en avant par l'artiste : la réfraction.

Objectif pour l'enfant : percevoir que l'eau et le verre biseauté interrompent la diagonale de la paille. Découvrir comment les artistes utilisent la transparence dans leurs œuvres.

Posture de l'enfant : observation.

Scénario : l'œuvre est positionnée à hauteur d'enfant. Elle est accompagnée d'un objet de décor pour qu'il observe le phénomène évoqué.

Paille dans un verre d'eau 6.4

Type d'élément : objet de décor

Propos : le changement de milieu déforme la perception, il s'agit d'un phénomène optique qui s'appelle la réfraction.

Objectif pour l'enfant : avec une situation du quotidien, observer la limite eau/air qui révèle le phénomène de la réfraction : la lumière est déviée et l'on a l'impression que la paille est coupée.

Posture de l'enfant : observation.

Scénario : observer une paille dans un verre d'eau.

Mystérieuses transparences sous l'océan 6.5

Type d'élément : graphisme

Propos : la transparence se cache dans la nature. Certains animaux présentent même cette caractéristique, en particulier dans les fonds marins, où la lumière se fait rare.

Objectif pour l'enfant : trouver les animaux transparents sur une fresque. S'émerveiller devant les raffinements, étrangetés et beautés de la nature.

Posture de l'enfant : observation active / exploration.

Scénario : sur une grande fresque illustrée, les enfants découvrent les animaux transparents cachés dans les abysses. Des intrus (sac plastique, bouteille en plastique, bris de verre...) sont camouflés au milieu de cette faune. Sauront-ils les détecter ?

La transparence en mouvement des méduses Aurélie 6.6

Type d'élément : audiovisuel

Propos : la transparence recèle une part de mystère : elle est impalpable, changeante, tout en étant distincte de l'invisibilité. On peut la rencontrer dans la nature et plus particulièrement chez certains animaux, comme les méduses. La grâce et l'étrangeté de ces créatures fascinent petits et grands. Les regarder évoluer dans la mer a quelque chose de magique.

Objectif pour l'enfant : être immergé sous l'océan et s'en trouver « médusé » !

Posture de l'enfant : observation.

Scénario : un grand audiovisuel présente des méduses évoluant dans la mer. Leur transparence rend ces créatures fascinantes et presque féériques !

Soo Sunny Park, Unwoven light, 2013 6.7

Type d'élément : œuvre

Grillage soudé, plexiglass, éclairage naturel et artificiel. Studio de l'artiste.

Propos : suspendue au plafond, cette installation est constituée d'une résille métallique qui intègre des carrés de plexiglas polarisés. L'artiste décompose la lumière afin de faire apparaître une multitude de couleurs grâce aux fragments de plexiglass qui jouent comme autant de prismes. L'espace de l'œuvre s'étend à tout l'environnement touché par la lumière... Les reflets rappellent ceux de l'eau et ses courbes, celles des vagues.

Objectif pour l'enfant : plonger dans un univers onirique et ressentir de la surprise et de l'émerveillement.

Posture de l'enfant : immersion et observation.

Scénario : l'œuvre est située dans l'espace « sous l'océan » et remplit la pièce de ses reflets. Un éclairage dynamique modifie sa perception, en suivant un cycle d'une heure : cela crée du mouvement et des modifications des reflets et ombres portées sur les murs et sur le sol. Il s'agit d'un espace calme dédié à la médiation et à l'apaisement des enfants, qui peuvent profiter de l'iridescence grandiose de l'œuvre.



Magie de la lumière 6.8

Type d'élément : audio

Propos : la bulle de savon invite l'enfant à observer les effets de la lumière sur l'œuvre en comparant ces jeux lumineux à ceux de l'eau, des gouttelettes de pluie ou d'un arc-en-ciel. L'installation devient alors une créature magique, une dragonne lumineuse qui scintille et danse. Le propos mêle poésie et émerveillement pour faire ressentir la beauté des phénomènes lumineux ordinaires, rendus extraordinaires par l'expérience sensible.

Objectif pour l'enfant : faire ressentir à l'enfant la magie des phénomènes lumineux ordinaires en éveillant son imaginaire, sa curiosité et son sens de l'observation à travers une expérience sensorielle et poétique guidée par la bulle de savon.

Posture de l'enfant : écoute et contemplation.

Scénario : l'enfant vient de pénétrer dans un espace baigné de reflets changeants. La bulle de savon, qui l'accompagne tout au long de l'exposition, lui parle dans le casque. Elle lui décrit l'œuvre avec des mots sensibles et métaphoriques, le conduisant à percevoir l'installation comme un être vivant, presque féérique. Le récit l'incite à observer les changements de lumière autour de lui... et sur lui-même. Cette expérience intime et contemplative renforce le lien entre science, sensation et imaginaire, dans un moment de calme et d'enchantement.

Le coin pour bouquiner 6.9

Propos : bienvenue aux petits et aux grands curieux dans cet espace dédié à l'observation et à la lecture ! Collections d'images, d'expériences, albums illustrés, jeux photographiques... Des ressources multiples et adaptées à chaque âge ou situation de handicap sont ici proposées. Enfants et adultes peuvent feuilleter et regarder ce qui est mis à leur disposition, pour se constituer leur propre cabinet de curiosités mental.

Objectif pour l'enfant : un endroit pour changer de rythme et se reposer. Un retour au calme.

Posture de l'enfant : lecture et calme.

Scénario : un coin pour bouquiner avec des espaces pour se poser.

L'espace de médiation 6.10

Des médiations viendront ponctuellement enrichir l'expérience.

Ressources

Les éditions autour de l'exposition

Le cahier d'activités de l'exposition *Transparence* pour les 4/7 ans.

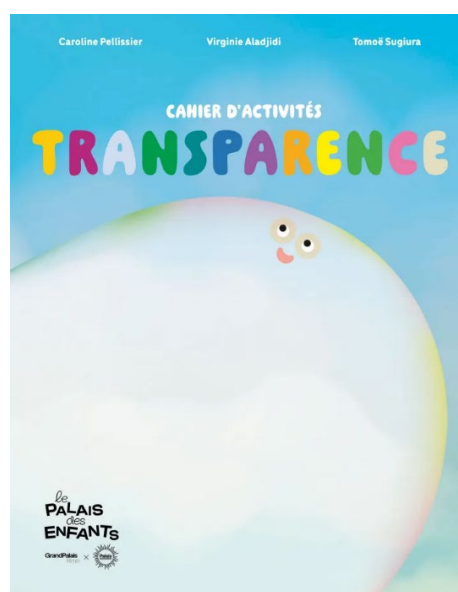
<https://www.palais-decouverte.fr/decouvrir/cahier-dactivites-transparence>

Avec ce cahier plein de jeux et d'expériences simples à réaliser, les petits curieux comprennent comment la lumière circule autour d'eux. Par des jeux d'ombres et de lumière, ils découvrent un monde merveilleux peuplé d'animaux et de végétaux étonnants, ou la formation d'un arc-en-ciel. Toute une aventure !

Textes de Virginie Aladjidi et Caroline Pellissier et illustrations de Tomoë Sugiura.

24 pages / 40 illustrations (5,90 €)

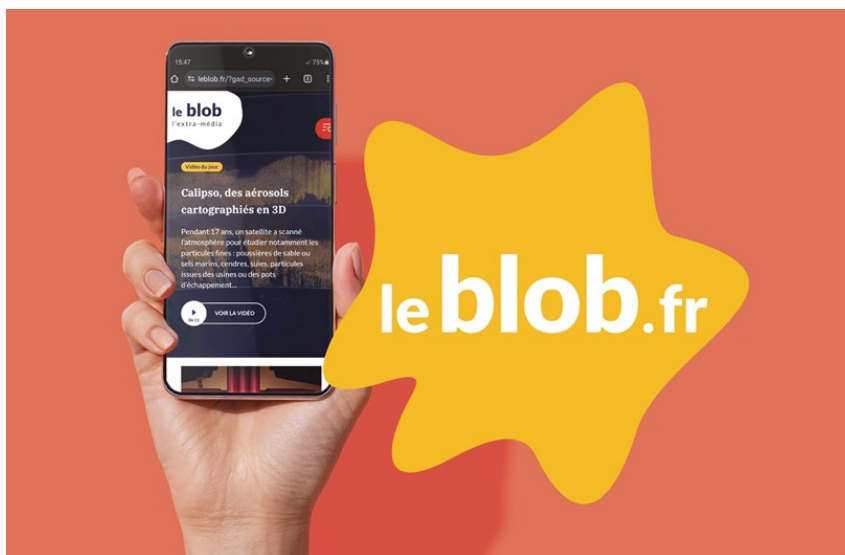
Coédition GrandPalaisRmn Éditions / Palais de la découverte



Sitographie

Sur le blob

Universcience, l'établissement public qui réunit la Cité des sciences et de l'industrie et le Palais de la découverte, a lancé en mars 2019 [le blob, l'extra-média](https://leblob.fr/). Gratuit, sans abonnement et sans publicité, le blob est un média de service public. Le blob propose une nouvelle vidéo à la une chaque jour, avec un fil d'actualité scientifique quotidien et des enquêtes mensuelles sur les grands enjeux contemporains, mêlant donc sujets de fond et actualité « chaude ».



Biologie et transparence dans le vivant

- **Grenouille de verre : les secrets de sa transparence**

Cette vidéo présente la grenouille *Hyalinobatrachium fleischmanni*, capable de rendre ses organes invisibles pendant le sommeil grâce à un mécanisme de camouflage sanguin.

<https://leblob.fr/videos/grenouille-de-verre-les-secrets-de-sa-transparence>.

- **Un colorant rend la peau d'une souris transparente**

Des chercheurs ont développé un colorant permettant de rendre la peau de souris transparente, facilitant l'observation des organes internes.

<https://leblob.fr/videos/un-colorant-rend-la-peau-une-souris-transparente>.

- **Art de la marche : tout est dans le circuit (cérébral)**

Ce dossier explore comment la transparence naturelle du poisson-zèbre aide les chercheurs à étudier les circuits cérébraux et la locomotion.

<https://leblob.fr/videos/art-de-la-marche-tout-est-dans-le-circuit-cerebral>.

- **Un ancêtre carnivore, transparent et gélatineux**

Un article sur les cténophores, animaux marins translucides et iridescents, offrant un aperçu de la transparence dans le monde marin.

<https://leblob.fr/archives/un-ancetre-carnivore-transparent-et-gelatineux>.

Lumière, perception et rythmes biologiques

- **Aux rythmes de la lumière**
Cette vidéo explique l'impact de la lumière sur notre horloge biologique, le sommeil et les fonctions cognitives.
<https://leblob.fr/videos/aux-rythmes-de-la-lumiere>.
- **Éclairage nocturne, un danger pour la santé ?**
Une exploration des effets de la pollution lumineuse nocturne sur la santé humaine.
<https://leblob.fr/videos/eclairage-nocturne-un-danger-pour-la-sante>.

Technologies optiques et innovations

- **Marion Chabot et les technologies de la lumière**
Portrait d'une étudiante en physique spécialisée dans les technologies de la lumière, mettant en lumière les défis et les opportunités dans ce domaine.
<https://leblob.fr/videos/marion-chabot-et-les-technologies-de-la-lumiere>.
- **Avatars de lumière**
Une série explorant les avancées technologiques liées à la lumière, telles que la réalité augmentée, les lasers ultraperformants et la bio-impression.
<https://leblob.fr/series/avatars-de-lumiere>.
- **Li-Fi : quand la lumière révolutionne la communication sans fil**
Présentation de la technologie Li-Fi, utilisant la lumière pour transmettre des données sans fil de manière rapide et sécurisée.
<https://leblob.fr/archives/li-fi-quand-la-lumiere-revolutionne-la-communication-sans-fil>.
- **Hybrider lumière et matière**
Découverte de recherches sur des particules hybrides combinant lumière et matière, ouvrant de nouvelles perspectives en optique.
<https://leblob.fr/videos/hybrider-lumiere-et-matiere>.

Ailleurs

Arts et sciences : plateformes interdisciplinaires

Art|Sci Center – UCLA

Le Art|Sci Center de l'UCLA (University of California, Los Angeles) est un espace de convergence entre art, science, technologie et design. Il propose des expositions, des résidences d'artistes, des conférences et des ateliers explorant des thèmes tels que la lumière, la perception et la transparence. À titre d'exemples, cherchez l'installation *[SUN]Flower Plasma* (<https://sunflowerplasma.com/>) ou la série de conférences LASER (Leonardo Art Science Evening Rendezvous, <https://www.lasertalks.com/>).
<http://artsci.ucla.edu> (GB).

Transparence et perception visuelle

The art of transparency

Auteurs : B. Sayim et P. Cavanagh

i-Perception (2011) volume 2, pages 679-696

Cet article (GB) explore les techniques artistiques utilisées pour représenter la transparence, en s'appuyant sur des recherches en psychologie de la perception. Il offre une analyse approfondie des méthodes employées par les artistes pour créer des illusions de transparence.

https://www.researchgate.net/publication/233397385_The_Art_of_Transparency.

Art Term Tuesday: Transparent, Translucent & Opaque

Un article pédagogique (GB) qui définit et illustre les concepts de transparence, translucidité et opacité dans l'art, avec des exemples concrets et des applications pratiques.

<https://fwmoa.blog/2019/10/08/art-term-tuesday-transparent-translucent-opaque/>.

An Illusory Swimming Pool par Leandro Erlich

Cette installation crée l'illusion d'une piscine remplie d'eau, bien que celle-ci n'ait que 10 cm de profondeur, soutenue par une épaisse couche de verre transparent. Elle est exposée de manière permanente au 21st Century Museum of Contemporary Art, Kanazawa, Japon.

<https://www.ignant.com/2016/01/07/an-illusory-swimming-pool-by-leandro-erlich/> (GB).

Archives et bases de données en art numérique

Archive of Digital Art (ADA)

L'ADA est une base de données dédiée à l'art numérique, incluant des œuvres explorant les thèmes de la transparence et de la lumière. À titre d'exemples, cherchez les œuvres *Reflection* (Uršula Berlot), *Phenakisti-scopes of Light*, *Whiteout* ou *4 Space*.

<https://digitalartarchive.at/> (GB).

Projets éducatifs et expérimentaux

Beyond Black Boxes – MIT Media Lab

Ce projet du MIT Media Lab vise à rendre les technologies scientifiques plus accessibles et esthétiques. Il explore comment la transparence, tant physique que conceptuelle, peut être intégrée dans la conception d'outils éducatifs.

Beyond Black Boxes: Bringing Transparency and Aesthetics Back to Scientific Investigation

Auteurs : M. Resnick, R. Berg et M. Eisenberg

Journal of the Learning Sciences (2000) volume 9, Issue 1, pages 7-30

Cet article souligne l'importance de rendre les instruments scientifiques transparents dans leur fonctionnement, pour que les élèves puissent voir et comprendre les mécanismes internes. Cette transparence conceptuelle et physique favorise une appropriation active des savoirs et évite que la science reste une « boîte noire » inaccessible.

https://www.researchgate.net/publication/2595870_Beyond_Black_Boxes_Bringing_Transparency_and_Aesthetics_Back_to_Scientific_Investigation.

Idées d'activités en classe, avant ou après la visite

Sur le site internet de la Main à la pâte

Le site internet de la fondation « La Main à la pâte » (<https://fondation-lamap.org/>) regorge d'activités dont certaines sont en lien avec l'exposition *Transparence*.

Trois activités ont un lien fort et explicite avec la transparence :

- Les couleurs en maternelle ;
- Préparer des peintures naturelles aux cycle 1 et cycle 2 ;
- Les bulles.

Elles peuvent être mobilisées directement dans le cadre d'ateliers ou de médiations liés à l'exposition *Transparence*, notamment pour des publics scolaires (cycle 1 à cycle 3).

Les couleurs en maternelle

Dans cette séquence, les enfants expérimentent comment la lumière colorée influence la perception des couleurs des objets. En utilisant des lampes de poche équipées de filtres colorés, ils observent les changements de couleur des objets éclairés, ce qui introduit les concepts de transparence et de filtration de la lumière.

https://fondation-lamap.org/sites/default/files/sequence_pdf/les-couleurs-en-maternelle.pdf.

Préparer des peintures naturelles aux cycle 1 et cycle 2

L'activité 5 (« Histoire des techniques de peinture »), destinés au cycle 2 uniquement, explore les techniques artistiques utilisées par Léonard de Vinci, notamment l'utilisation de glais pour créer des effets de transparence. Les élèves découvrent comment les artistes du passé obtenaient des pigments naturels et les appliquaient pour produire des couleurs translucides, en combinant histoire de l'art et chimie des matériaux.

<https://fondation-lamap.org/sites/default/files/pdf/Preparer-des-peintures-naturelles-au-cycle%202-activite-5.pdf>.

Les bulles

Cette activité en huit séquences permet aux élèves de comprendre la formation des bulles de savon, leur structure et leur comportement. En observant la transparence et les reflets colorés des bulles, les enfants abordent des notions de physique et de chimie tout en développant leur créativité à travers des expériences ludiques.

<https://fondation-lamap.org/sites/default/files/pdf/les-bulles-de-savon.pdf>.

Enfin, à titre d'activité complémentaire, le projet interdisciplinaire **Ombres et lumière** en cinq séquences peut servir d'introduction à la distinction entre transparence et opacité. Bien que centré sur l'ombre, il implique la compréhension des matériaux opaques, transparents et translucides, nécessaires pour comprendre la formation des ombres. Il combine sciences, arts visuels et maîtrise de la langue.

Les élèves explorent les phénomènes d'ombres et de lumière, créent des productions artistiques en jouant avec les silhouettes et les sources lumineuses, et développent des récits fictionnels basés sur leurs observations.

https://fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/ressources/activites/48442/OMBRES%20ET%20LUMIERE_2016_V2.pdf.

Titre de l'activité	Cycle - Âge cible	Compétences visées	Lien avec la transparence	Lien direct avec l'exposition
Les couleurs en maternelle	Cycle 1 (3-5 ans)	Sciences de la lumière, exploration sensorielle	Filtres colorés, transmission de la lumière	✓
Préparer des peintures naturelles	Cycle 2 (6-8 ans)	Histoire de l'art, chimie des matériaux, observation	Glacis, effets de superposition, translucidité	✓
Les bulles	Cycle 2 et 3 (6-10 ans)	Observation, expérimentation, phénomènes physiques	Transparence des bulles, irisations, interfaces minces	✓
Ombres et lumière	Cycle 2 et 3 (6-10 ans)	Observation, langage, compréhension des matériaux	Matériaux opaques/translucides, ombres portées	◆ (complémentaire)

Ces ressources peuvent être intégrées à des parcours de visite ou utilisées comme base pour des ateliers de médiation. Elles offrent un pont entre les expériences muséales et les programmes scolaires, tout en encourageant l'éveil scientifique et artistique des enfants.

Activités destinées aux cycles 1, 2 et 3

Cycle 1 : petite, moyenne et grande section

Exploration sensorielle

Jouer avec des matières transparentes, translucides, opaques (papier calque, plastique, tissu, etc.), les manipuler, les superposer devant des sources de lumière.

Objectif : comprendre avec le corps la différence entre ce qui laisse passer la lumière ou non.

Déroulé : mettre à disposition une table lumineuse ou une simple lampe torche avec des matériaux variés : plastique transparent, papier calque, carton opaque, tissus légers, papiers colorés. L'enfant manipule, superpose, joue avec la lumière pour voir ce qui change.

Prolongement : photographier les superpositions créées par les enfants pour réaliser un affichage collectif.

Jeux d'ombres et de lumière

Créer des silhouettes avec des objets transparents et opaques, observer comment la lumière passe ou ne passe pas.

Objectif : découvrir comment la lumière interagit avec les objets.

Déroulé : installer un espace avec une lampe orientée sur un mur blanc. Proposer des objets transparents, opaques et translucides. Laisser les enfants tester, créer des ombres nettes ou floues. Observer ce qui se passe quand on approche ou éloigne les objets.

Prolongement : filmer les jeux d'ombres et proposer un visionnage pour que les enfants racontent ce qu'ils ont vu.

Peinture sur vitres ou plexiglas

Utiliser des encres ou peintures transparentes pour expérimenter la superposition des couleurs.

Objectif : expérimenter la superposition des couleurs et l'effet de transparence.

Déroulé : utiliser des peintures vitrales (ou encres diluées) sur des plaques de plexiglas ou des feuilles plastiques. Encourager les enfants à superposer les couleurs, à observer les changements. Suspendre les œuvres près des fenêtres pour jouer avec la lumière naturelle.

Prolongement : observer à différents moments de la journée comment la lumière change les œuvres.

Contes sur la transparence

Lire des histoires où le thème de la transparence est abordé, comme les vitraux, les bulles, l'eau.

Objectif : aborder le thème par l'imaginaire.

Déroulé : lire des albums où la transparence est en jeu (exemple : une bulle de savon qui éclate, un poisson transparent). En discuter : « Pourquoi la bulle disparaît ? », « Qu'est-ce qu'on voit à travers l'eau ».

Prolongement : imaginer avec les enfants une histoire de personnage transparent et la mettre en scène avec des marionnettes ou dessins.

Cycle 2 : CP – CE1 – CE2**Expériences simples**

Tester quels objets laissent passer la lumière, créer des tableaux avec des filtres colorés.

Objectif : comprendre ce qu'est la transparence, la translucidité, l'opacité.

Déroulé : donner différents objets (verre, plastique, carton, papier sulfurisé). Questionner : « La lumière passe-t-elle ? » (avec une lampe pour vérifier). Classer les objets en trois catégories : transparents, translucides, opaques.

Prolongement : faire un tableau récapitulatif avec des dessins ou des photos.

Observation de la nature

Étudier des éléments naturels plus ou moins transparents (ailes d'insectes, eau, givre sur les vitres).

Objectif : voir comment la transparence existe dans la nature.

Déroulé : observer des ailes d'insectes (coccinelles, libellules) à la loupe. Observer l'eau dans différents états : liquide (transparente), glace et givre (plus ou moins translucide).

Prolongement : faire des dessins d'observation ou des frottages.

Création d'un vitrail

Faire un collage avec des papiers de soie de couleurs sur un support transparent pour imiter un vitrail.

Objectif : comprendre l'art du vitrail et la notion de superposition colorée.

Déroulé : utiliser du papier calque ou du papier de soie coloré, à coller sur un cadre (carton évidé). Superposer les couleurs, voir comment elles se mélangent. Exposer sur les fenêtres.

Prolongement : associer avec l'observation de vitraux réels (photos d'églises ou musées).

Langage et lexique

Enrichir le vocabulaire autour des notions de transparence, opacité, translucidité à travers des jeux de mots et de descriptions.

Objectif : enrichir le vocabulaire.

Déroulé : lister ensemble des objets transparents, translucides, opaques. Introduire les mots associés : translucide, opaque, reflet, réverbération, diffusion, absorption. Jouer au « Qui est-ce ? » en décrivant un objet sans le nommer (exemple : « Je suis transparent, je suis sur la table du salon, je laisse passer la lumière » → une vitre).

Prolongement : créer un imagier collectif illustré.

Début de cycle 3 : CM1 – CM2

Expériences sur la réfraction

Observer comment un crayon dans un verre d'eau semble déformé, comprendre le phénomène de réfraction.

Objectif : découvrir comment la lumière est déviée dans différents milieux.

Déroulé : plonger un crayon dans un verre d'eau et observer l'illusion d'optique. Expliquer la réfraction de la lumière avec un schéma simple.

Prolongement : tester avec d'autres objets, observer les caustiques (motifs lumineux) au fond d'un bol d'eau.

Art et science

Étudier des œuvres d'art utilisant la transparence (exemple : Claude Monet et le brouillard), puis créer des œuvres inspirées en utilisant différentes matières.

Objectif : comprendre comment l'art traduit des phénomènes physiques.

Déroulé : observer des tableaux impressionnistes (ex. Monet, série de tableaux *Charing Cross Bridge*, *Les Nymphéas*). Discuter des effets de lumière, de flou, de transparence dans le brouillard ou l'eau. Produire une œuvre en tentant de représenter un phénomène similaire avec encres diluées, aquarelle, craies grasses et dilution.

Prolongement : relier avec les notions de diffusion et de transmission de la lumière.

Discussion philosophique

Engager une discussion sur le thème de la transparence au sens figuré (ce qui est visible ou caché), adaptée à leur âge.

Objectif : aborder la notion de transparence au sens figuré (se montrer tel qu'on est, cacher des choses).

Déroulé : lancer une discussion : « Faut-il tout dire pour être transparent ? », « Peut-on tout montrer ? ». Utiliser des supports : proverbes (« Mieux vaut prévenir que guérir » vs. « Vivre caché pour être heureux »).

Prolongement : écrire une petite fable ou histoire illustrant l'idée.

Sciences et techniques

Expérimenter avec des lentilles, des miroirs, observer les effets de la lumière sur différents matériaux.

Objectif : comprendre les principes de réflexion et réfraction.

Déroulé : utiliser des lentilles convexes/concaves et des miroirs. Observer comment la lumière change de direction, forme des images. Faire un schéma de l'expérience (rayons, positions des lentilles).

Prolongement : relier avec des objets du quotidien (loupe, lunettes, rétroprojecteurs).

Idées d'activités pendant la visite

Voici quelques activités que les enfants (et leurs accompagnateurs) pourraient réaliser **pendant** la visite de l'exposition. Elles sont pensées pour être simples, stimulantes, adaptées à la tranche d'âge (cycle 1 à début de cycle 3), tout en s'intégrant dans la logique du parcours libre, sensible et interactif du Palais des enfants.

Le carnet des transparences

 **Objectif** : observer, dessiner, décrire ce qui est transparent, translucide ou opaque dans l'exposition. Chaque enfant reçoit un petit carnet avec trois symboles (👁️ pour transparent, ➡️ pour translucide, ⛔ pour opaque).

À chaque œuvre ou dispositif, il colle un autocollant ou fait un dessin correspondant à ce qu'il voit. En cycle 2 ou 3 : il peut aussi noter une sensation (« c'est froid », « c'est doux », « ça scintille »).

 **À prévoir** : carnets simplifiés par niveau, autocollants ou crayons.

Chasse aux effets de lumière

 **Objectif** : développer l'observation fine des phénomènes lumineux.

Mission : « Trouve un endroit où la lumière traverse quelque chose et crée... une ombre colorée / un reflet / un scintillement / une forme floue. »

L'enfant coche ce qu'il a repéré (grille de type bingo).

En fin de visite, partage oral : « Qu'as-tu vu ? Qu'est-ce qui t'a étonné ? »

 **Variante CM** : relever l'œuvre ou le dispositif et expliquer ce qui se passe selon eux.

La posture du détective

 **Objectif** : analyser les œuvres comme des indices pour comprendre la transparence.

L'adulte accompagnateur dit à l'enfant : « À ton avis, que voulait montrer l'artiste (ou le scientifique) ?

Pourquoi a-t-il utilisé la transparence ? »

L'enfant formule une hypothèse, qu'il peut garder pour lui ou dessiner/écrire sur une fiche.

En CM, on peut lui demander d'expliquer : « *Qu'est-ce qui est rendu visible grâce à la transparence ici ?* ».

L'œuvre à travers mon corps

 **Objectif** : vivre l'œuvre de façon sensorielle et incarnée.

Dans les installations à traverser, traverser *en silence*, les yeux à demi fermés, en se concentrant sur ce que l'on ressent.

Ensuite, l'enfant mime ce qu'il a vécu : « Marche comme si tu étais toi-même transparent », « Montre avec ton corps comment tu te sens dans cette lumière ».

Peut se faire en cercle avec l'adulte.

Photo-souvenir mentale

 **Objectif** : travailler la mémoire, l'attention, la verbalisation.

Demander à chaque enfant de choisir *un* moment fort de sa visite.

Le guider à le « prendre en photo mentale » : « Regarde bien, ferme les yeux, garde l'image dans ta tête. »

À la fin : il le décrit, le mime, le dessine ou en parle.

Activités qui impliquent les adultes accompagnateurs

Raconte-moi ce que tu vois

 Un adulte lit la description d'une œuvre à un enfant... sans la lui montrer ! L'enfant la cherche dans l'espace.

En cycle 2 et 3 : peut se faire en binôme élève-élève.

Les trois émotions de la visite :

   En fin de visite, chaque enfant choisit :

- ce qui lui a fait plaisir ()
- ce qui l'a fait réfléchir ()
- ce qui l'a étonné ()

Il le partage à voix haute, ou par un dessin dans un espace prévu (type « livre d'or » sensoriel).

Liens avec les programmes scolaires

Cycle 1 : petite, moyenne et grande section

L'exposition *Transparence* constitue un espace d'expérimentation culturelle et sensorielle parfaitement aligné avec les finalités du cycle 1. Elle offre des situations réelles et motivantes qui sollicitent la totalité des domaines d'apprentissage de l'école maternelle, en valorisant la curiosité, le plaisir, la créativité et la relation aux autres.

Domaine 1 – Mobiliser le langage dans toutes ses dimensions

 **Langage oral** : l'exposition propose une narration continue portée par une « bulle de savon » qui guide les enfants. Cela favorise l'expression orale, la compréhension d'histoires, les jeux de langage, les dialogues autour des objets ou phénomènes observés.

Lexique : les termes « transparence », « opaque », « translucide », ou encore « matière », « lumière », « ombre » sont rendus accessibles par des expériences concrètes. Le vocabulaire est enrichi à travers la manipulation, les expériences et les interactions.

Production de langage : les enfants sont encouragés à décrire, à raconter, à reformuler, à commenter ce qu'ils vivent. L'exposition fournit ainsi des situations variées pour des usages riches de la langue.

Domaine 2 – Agir, s'exprimer, comprendre à travers l'activité physique

 L'exposition comprend des espaces à traverser, à explorer avec le corps. Les dispositifs immersifs (grotte, océan, forêt, palais des glaces) sollicitent les déplacements, les changements de posture, l'équilibre. Ces activités répondent aux besoins moteurs des enfants et permettent d'associer mouvement, exploration sensorielle et émerveillement.

Domaine 3 – Agir, s'exprimer, comprendre à travers les activités artistiques

 Les enfants sont invités à contempler, manipuler, créer avec des matières transparentes ou translucides. Ils peuvent jouer avec les effets de lumière, les couleurs, les formes, les ombres. Les œuvres présentes dans le parcours proposent différents niveaux de lecture esthétique et sensorielle. La liberté de création est encouragée, sans modèle imposé, dans une démarche proche du « tinkering ».

Domaine 4 – Acquérir les premiers outils mathématiques



L'expérimentation de la transparence permet de classer, comparer, organiser des observations : transparent / opaque / translucide ; solide / liquide ; matière naturelle / matière transformée. Certains dispositifs invitent à résoudre de petits problèmes ou à anticiper un résultat : que voit-on si on regarde à travers telle surface ? Quel effet produit la lumière sur tel objet ?

Domaine 5 – Explorer le monde



L'exposition met en scène des phénomènes naturels (ombre, brouillard, réfraction, condensation...) accessibles à l'observation et à l'expérience directe.

L'enfant est mis en situation d'observer, de manipuler, de découvrir des propriétés physiques par ses sens : transparence, lumière, matières, eau, verre, etc.

Une ouverture sur la diversité des perceptions (notamment pour les enfants en situation de handicap visuel) permet aussi d'aborder la notion de différence.

Transversalité et approches croisées



Apprendre en jouant : le parcours favorise la liberté d'exploration et le jeu sensoriel.

Apprendre en coopérant : le dispositif est pensé pour les fratries, les groupes, les interactions enfants-adultes.

Apprendre en se remémorant : le fil narratif (bulle de savon) et les dispositifs immersifs permettent de raconter ensuite ce qui a été vécu.

Relation enfant-adulte : le parcours engage aussi les adultes dans des postures de facilitateur, d'accompagnateur ou de joueur, renforçant la relation et le plaisir du partage.

Cycle 2 : CP – CE1 – CE2

L'exposition *Transparence* est un outil très riche pour le cycle 2 : elle permet d'ancrer les apprentissages dans des expériences concrètes, sensorielles et poétiques. Elle facilite les croisements entre arts, sciences, langage et citoyenneté, tout en donnant du sens aux apprentissages fondamentaux par l'émerveillement et la manipulation.

Domaine 2 : méthodes et outils pour apprendre

Observer, questionner, expérimenter, décrire



L'exposition sollicite pleinement la démarche d'investigation par l'exploration active.

Les dispositifs favorisent l'observation, la manipulation, le questionnement et l'expression du vécu.

Français



L'exposition mobilise les compétences langagières à l'oral comme à l'écrit :

Langage oral

Décrire une œuvre, un phénomène, une sensation.

Reformuler une observation, exprimer une émotion ou une hypothèse.

Participer à des échanges (questionner, répondre, argumenter avec des mots simples).

Lecture / compréhension de l'écrit

Lecture d'étiquettes, pictogrammes, textes courts en lien avec les dispositifs.

Lecture d'images et interprétation de ce qui est vu (ex : effets lumineux, transformations).

Écriture

Production de phrases simples pour raconter l'expérience de visite.

Activités de copie ou de production de petits textes en prolongement de la visite.

Questionner le monde



C'est le domaine le plus directement mobilisé par l'exposition :

La matière

Observer et classer les matériaux selon leur interaction avec la lumière : transparents, translucides, opaques.

Expérimenter des effets lumineux : reflets, ombres, couleurs, réfractions.

Les objets

Identifier les propriétés et usages de certains objets (vitres, miroirs, lentilles, etc.).

Comprendre les principes de fonctionnement de dispositifs simples dans l'exposition.

Le vivant / Le corps humain

Sensibilisation aux perceptions sensorielles (vue, toucher, ouïe), avec une ouverture sur la diversité des expériences (handicap visuel notamment).

Le temps et l'espace

Vivre un parcours structuré dans un espace donné, comprendre un enchaînement logique, se repérer.

Observer la lumière selon l'heure ou la position (ombre, intensité).

Mathématiques



Grandeurs et mesures

Comparer, classer des objets selon des critères visuels (forme, taille, transparence).

Utiliser des instruments simples d'observation (miroir, loupe, règle de symétrie...).

Organisation et gestion de données

Classer des matériaux en fonction de critères observés, réaliser des tableaux ou des schémas à partir de l'expérience.

Enseignements artistiques



Arts plastiques

Observer et décrire des œuvres mettant en jeu la lumière et la matière.

Produire une création en utilisant des matériaux transparents ou en jouant avec la lumière.

Éducation musicale

Jeux d'écoute autour des sons transparents / étouffés.

Éveil sensoriel transversal (lien entre perception sonore et visuelle).

Enseignement moral et civique



Vivre ensemble, inclusion, respect

Activités et dispositifs conçus pour valoriser l'écoute, le respect des différences, la coopération.

Présence de dispositifs accessibles et mise en avant de la diversité des perceptions (cf. enfants malvoyants).

Responsabilité environnementale

Mise en valeur d'un parcours écoresponsable : réemploi de matériaux, production raisonnée, sensibilisation au cycle de vie des objets.

Début de cycle 3 : CM1 – CM2

L'exposition *Transparence* est parfaitement adaptée aux élèves de CM1 et CM2, avec un fort potentiel interdisciplinaire. Elle insiste particulièrement sur l'aspect sensoriel, expérimental, ainsi que sur l'accompagnement explicite des élèves dans leurs découvertes scientifiques et artistiques. Les enseignants pourront aisément exploiter ses ressources pour répondre aux objectifs pédagogiques spécifiques de ces niveaux.

Domaine 2 : méthodes et outils pour apprendre



Observer, expérimenter, formuler des hypothèses

Développement de la démarche expérimentale avec les dispositifs interactifs proposés.

Encouragement à l'autonomie et à l'esprit critique grâce à des activités ouvertes et sans « bonne ou mauvaise réponse ».

Français



Langage oral

Partage des expériences et des émotions face aux œuvres interactives ou installations scientifiques. Entraînement à exprimer clairement des observations ou hypothèses scientifiques en respectant les consignes de prise de parole.

Lecture et compréhension

Exploitation de textes courts adaptés, notamment poétiques ou documentaires sur les phénomènes lumineux et la matière (réfraction, réflexion, transparence naturelle ou artificielle).

Écriture

Rédaction de petits textes explicatifs, créatifs ou poétiques autour des impressions ressenties dans l'exposition (lumières, couleurs, reflets, sensations).

Sciences et technologie



Explorer le monde de la matière

Observation des interactions lumière/matière (transparent, translucide, opaque).

Expériences pratiques dans l'exposition pour comprendre les phénomènes physiques liés à la lumière (réflexion, réfraction, diffusion).

Objets techniques et matériaux

Identification des matériaux selon leurs propriétés optiques (classement des matériaux par transparence ou opacité).

Mathématiques



Grandeurs et mesures

Utilisation pratique d'instruments simples pour observer les propriétés géométriques liées à la lumière (angles de réflexion, symétrie, formes géométriques associées aux reflets).

Organisation et gestion de données

Activités de classement et de représentation graphique simples, par exemple sur le tri des matériaux en fonction de leurs propriétés optiques.

Arts plastiques



Pratiques artistiques

Manipulation libre et créative de matériaux transparents et translucides pour réaliser des œuvres personnelles.

Initiation à l'analyse sensible des œuvres proposées par l'exposition, permettant aux élèves de justifier leurs choix esthétiques et artistiques.

Éducation musicale



Sensibilisation au son

Expérimentation sonore autour de l'idée de transparence sonore (sons clairs ou étouffés selon les matériaux), en parallèle avec l'expérience visuelle proposée par l'exposition.

Enseignement moral et civique



Respect d'autrui, inclusion et égalité

Activités inclusives de sensibilisation au handicap visuel par une approche multisensorielle, permettant de développer l'empathie et le respect des différences.

Mise en valeur des femmes artistes et scientifiques, pour sensibiliser à l'égalité filles-garçons et aux stéréotypes de genre.

Responsabilité environnementale

Engagement écoresponsable de l'exposition, permettant aux élèves de réfléchir aux enjeux du recyclage et de l'éco-conception.

Éducation physique et sportive



Interagir physiquement avec l'environnement

Expériences corporelles (traversée d'œuvres, jeux sensoriels et moteurs proposés par l'exposition) en lien avec l'objectif d'explorer ses possibilités motrices et spatiales.

Pistes bibliographiques

Sources scientifiques

L'exposition s'appuie sur des notions physiques telles que l'interaction lumière-matière, l'indice de réfraction, les phénomènes d'iridescence, de translucidité, etc. Pour ces thématiques, voici quelques suggestions :

Optique par E. Hecht, éd. Pearson Education, 2005.

Cet ouvrage est une référence en optique, couvrant des sujets tels que l'optique géométrique, l'optique physique, les ondes, etc. Il est riche en illustrations et exercices, offrant une compréhension claire des concepts fondamentaux.

Light and Color in Nature and Art par S. Williamson et H. Cummings, éd. John Wiley & Sons, 1983 (GB).

Ce livre introduit la science de la lumière et de la couleur, avec des applications en photographie, art, phénomènes naturels, etc.

Articles du *Journal of Materials Science* (GB) ou *Optical Materials* (GB), pour les nouvelles recherches sur les matériaux transparents et leurs propriétés optiques.

Sources artistiques

L'exposition met en avant la manière dont les artistes ont utilisé la transparence comme matériau et concept.

Olafur Eliasson : Reality Projector, catalogue d'exposition (GB), texte de G. Sutton, éd. Maurice & Paul Marciano Art Foundation, 2018.

Ce catalogue accompagne l'installation *Reality Projector* d'Olafur Eliasson à Los Angeles, une œuvre spécifique au site utilisant la lumière projetée et l'architecture existante pour créer un jeu d'ombres dynamique.

<https://olafureliasson.net/exhibition/reality-projector-2018>

<https://olafureliasson.net/publication/reality-projector-2018/>

https://res.cloudinary.com/olafureliasson-net/image/upload/pdf/from-cinematic-abstraction-to-digital-compression-olafur-eliasson-s-reality-projector_17223.pdf

La transparence dans l'art du XX^e siècle, catalogue d'exposition, Musée des Beaux-Arts André Malraux, Le Havre, 14 septembre - 26 novembre 1995 par F. Cohen, C. Béret, S. Thompson, U. Czartoryska, L. Lang et L. Bouquin, éd. Adam Biro / MuMa, 1995.

<https://www.muma-lehavre.fr/fr/expositions/la-transparence-dans-lart-du-xxe-siecle>

Sources interdisciplinaires (art-science)

L'exposition valorise un dialogue étroit entre les arts et les sciences.

Illuminations. Cosmos et esthétique par J.-P. Luminet, éd. Odile Jacob, 2010.

L'auteur, astrophysicien français renommé pour ses travaux sur les trous noirs et la cosmologie, propose une exploration des liens entre la science et l'art, en particulier dans le contexte de la cosmologie moderne.

https://www.odilejacob.fr/catalogue/sciences/astronomie-astrophysique-cosmologie/illuminations_9782738125620.php

Lumen Naturae. Visions of the Abstract in Art and Mathematics par M. Marcolli, éd. MIT Press, 2020 (GB).

Physicienne théorique, Matilde Marcolli croise les champs de l'art moderne, des mathématiques et de la physique pour montrer comment des concepts tels l'espace, le hasard ou l'entropie trouvent un écho dans les œuvres de Cézanne, Rothko, Klee ou Dali.

<https://mitpress.mit.edu/9780262043908/lumen-naturae/>

De l'art de faire de la science par B. Latour, revue *Mouvements*, janvier 2012, pp. 90-93.

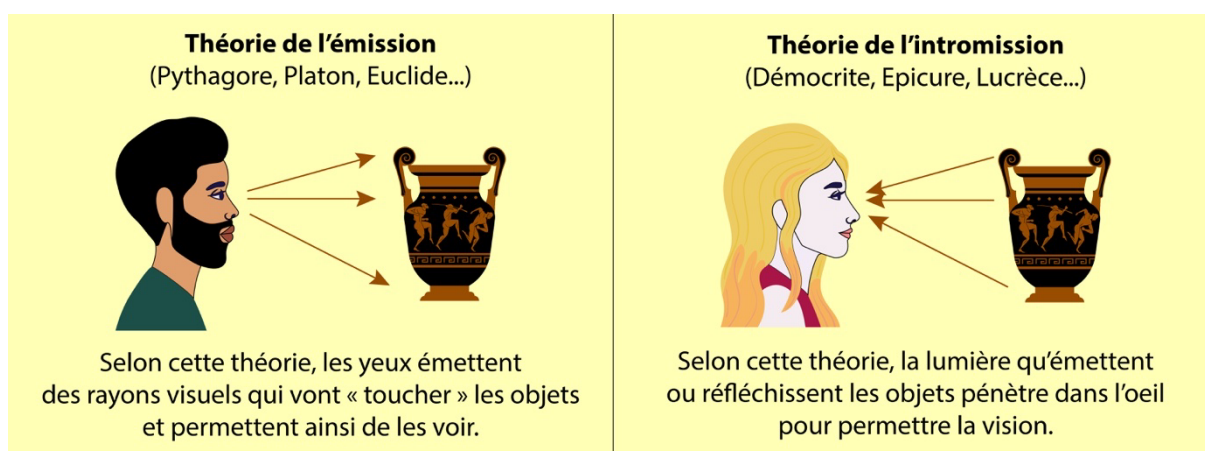
Bruno Latour interroge les frontières entre art et science, en questionnant la manière dont ces deux domaines peuvent interagir et s'enrichir mutuellement.

<https://sciencespo.hal.science/hal-00973026v1/document>

Compléments scientifiques

En préambule, la modélisation de la lumière et des rayons lumineux

Dans l'Antiquité, la théorie dominante concernant le phénomène de la vision, dite *théorie de l'émission*, supposait que des rayons visuels partaient de l'œil et allaient éclairer les objets observés. Elle fut successivement soutenue et développée par de très grands noms comme Pythagore et ses disciples, Empédocle, Platon, Euclide, Ptolémée et Galien. La théorie concurrente, dite de *l'intromission*, affirmait que la lumière allait des corps lumineux vers nos yeux. Elle fut promue par Démocrite, Epicure et Lucrèce. La validité de cette seconde théorie fut établie scientifiquement par le savant médiéval Alhazen et précisée au XVII^e siècle par Kepler, le père de l'optique moderne.



Si la compréhension du phénomène de la vision a pris autant de temps, c'est qu'elle est loin d'être évidente et innée. D'ailleurs, n'utilise-t-on pas encore des expressions comme « foudroyer du regard » ou « lancer un regard noir » qui indiquent une émanation émotionnelle depuis les yeux ?

De nombreuses études en didactique des sciences montrent que les enfants (et même certains adolescents ou adultes non scientifiques) ont spontanément tendance à adhérer à une forme de théorie de l'émission. Ils imaginent souvent que la vision fonctionne « comme une lampe » placée dans les yeux, qui éclaire les objets, et que l'attention ou le regard a un pouvoir d'action, renforçant cette idée d'un rayon émis par l'œil. C'est une représentation très naturelle mais erronée du point de vue scientifique. C'est pourquoi il est souvent nécessaire de faire émerger cette idée spontanée, pour mieux la déconstruire et d'introduire progressivement la notion de lumière émise ou réfléchie par les objets, L'activité suivante propose de tester une idée intuitive : nos yeux émettent-ils de la lumière ?

Lumière sur la vision : pourquoi voit-on un objet ?

Objectif : comprendre que la lumière est nécessaire à la vision parce qu'elle entre dans l'œil, et qu'elle doit provenir d'une source lumineuse (émise ou réfléchie).

Matériel : une boîte en carton percée d'un petit trou d'observation, des objets placés à l'intérieur (par exemple : une bille, un papier de couleur, une figurine), une lampe de poche (ou lumière ambiante contrôlée), du papier pour dessiner ce que l'on voit.

Déroulement

1. Observation dans le noir complet : l'élève observe à travers le trou la boîte fermée, sans lumière → il ne voit rien.

2. Observation avec éclairage indirect : on éclaire légèrement l'intérieur par une fente
→ l'élève commence à distinguer quelque chose.

3. Observation avec lumière forte dirigée : on éclaire franchement l'intérieur
→ L'élève voit nettement l'objet.

Questionnement guidé :

Pourquoi ne voyait-on rien au début ?

Qu'est-ce qui a changé ?

La lumière vient-elle de l'objet, de l'œil, ou d'ailleurs ?

Dans quel sens va-t-elle ?

Conclusion attendue (à formuler avec eux) :

Pour voir un objet, il faut que de la lumière vienne de lui (qu'elle soit émise ou réfléchie) et entre dans notre œil. Ce n'est pas notre œil qui envoie quelque chose vers l'objet.

Ainsi, la lumière, qui se déplace en ligne droite, est émise par des corps lumineux par eux-mêmes (ce sont les sources primaires) ou réfléchie par des corps éclairés (ce sont les sources secondaires) avant d'atteindre l'œil. La finitude de sa vitesse de propagation fut prouvée au XVII^e siècle par Römer.

Quant à sa nature, Newton lui attribua un caractère corpusculaire. Toutefois, des expériences d'interférences menées au début du XIX^e siècle ne purent s'interpréter que dans un cadre ondulatoire : la lumière était une onde !... jusqu'à ce qu'Einstein, en 1905, ravive la théorie des « quanta de lumière » (qui furent baptisés plus tard « photons ») pour expliquer certains phénomènes autrement incompréhensibles. Alors, la lumière, onde ou particule ?

Tout cela à la fois... mais aussi une tout autre chose, qui transcende cette dichotomie apparente : la dualité onde-corpuscule, au cœur de la mécanique quantique, permet d'attribuer à la lumière, selon les expériences et les énergies mises en jeu, plutôt un comportement ondulatoire ou plutôt un comportement corpusculaire.

A – Les principes physiques de la transparence

La transparence est une propriété optique qui résulte de l'interaction entre la lumière et la matière, constituée d'atomes et de molécules. Plus précisément, un matériau est dit transparent lorsqu'il laisse passer la lumière visible sans l'absorber de manière significative.

A.1 L'interaction entre lumière et matière

Quand la lumière (modélisée par des photons) traverse un matériau, elle peut être :

- absorbée : l'énergie du photon est transférée à la matière, ce qui peut exciter un électron ou induire une vibration dans les liaisons moléculaires (cas typique de l'absorption) ;
- réfléchi : le photon rebondit sur la surface ou l'interface ;
- réfracté : le photon change de direction lorsqu'il entre dans un autre milieu avec un indice de réfraction différent ;
- transmise sans déviation : si le matériau est homogène et transparent.

Un matériau est transparent lorsque l'énergie des photons du spectre visible ne correspond pas aux niveaux d'énergie que les électrons du matériau peuvent absorber. Les photons passent alors sans interagir fortement avec les électrons.

Ainsi, le verre est transparent à la lumière visible car ses électrons ne peuvent pas absorber l'énergie des photons visibles – il absorbe toutefois les ultraviolets.

A.2 Comprendre la réfraction « avec les mains »

Pourquoi donc la lumière change-t-elle de direction lorsqu'elle passe d'un milieu à un autre ? L'explication réside dans l'application du **principe de Fermat**, un des principes fondateurs de l'optique. Celui-ci nous apprend que, *pour aller d'un point à un autre, un rayon lumineux suit toujours le chemin qui prend le moins de temps*.

Tant que le rayon reste dans le même milieu, il suit une ligne droite. En effet, la ligne droite est le plus court chemin entre deux points mais c'est aussi le chemin qui prend le moins de temps à parcourir puisque la lumière conserve sa vitesse dans le milieu considéré.

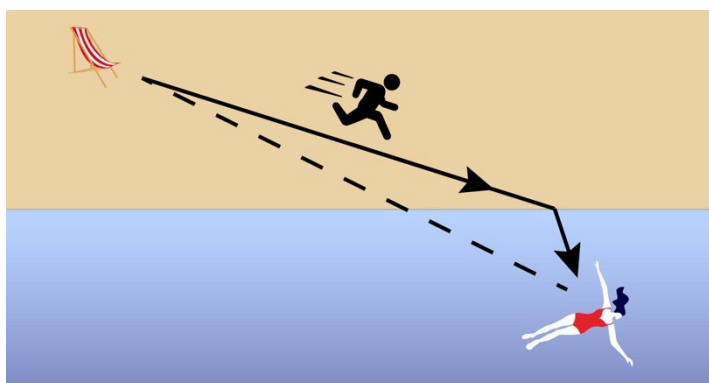
Mais attention, quand un rayon lumineux doit aller d'un point situé dans un milieu à un point situé dans un autre milieu, ce n'est plus pareil ! Prenons l'exemple d'un rayon lumineux allant d'un point situé dans l'air, milieu où il se déplace à près de 300 000 km/s, à un point situé dans l'eau, milieu où il se déplace moins vite, à 225 000 km/s environ. Une partie du trajet se fait à grande vitesse (dans l'air), l'autre à vitesse plus faible (dans l'eau).

→ Le trajet qui prend le moins de temps n'est généralement plus la ligne droite passant par les points de départ et d'arrivée.

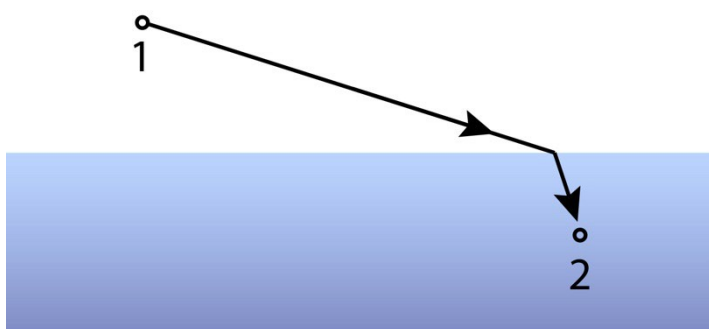
Pour bien appréhender le cœur de ce problème, on présente souvent une analogie frappante, celle du « sauveteur en mer ».

Imaginez donc un sauveteur qui aperçoit, depuis la plage, une nageuse en détresse. Quel chemin doit-il suivre pour mettre le moins de temps possible à l'atteindre ?

Bien évidemment, ce sauveteur court beaucoup plus vite qu'il ne nage. Sa vitesse sur le sable est bien supérieure à sa vitesse dans l'eau. Il est donc dans l'intérêt de la nageuse en détresse que le sauveteur diminue la distance à parcourir dans l'eau, même si cela implique un allongement de la distance à parcourir sur le sable.



Notre sauveteur mettra moins de temps en suivant le chemin brisé qu'en suivant la ligne droite entre sa chaise et la nageuse en détresse.



De même, le rayon lumineux doit mettre le moins de temps possible pour aller du point 1 (dans l'air) au point 2 (dans l'eau). Comme il va plus vite dans l'air que dans l'eau, il n'a d'autre choix que de suivre le chemin brisé.

A.3 La réfraction : pour aller plus loin

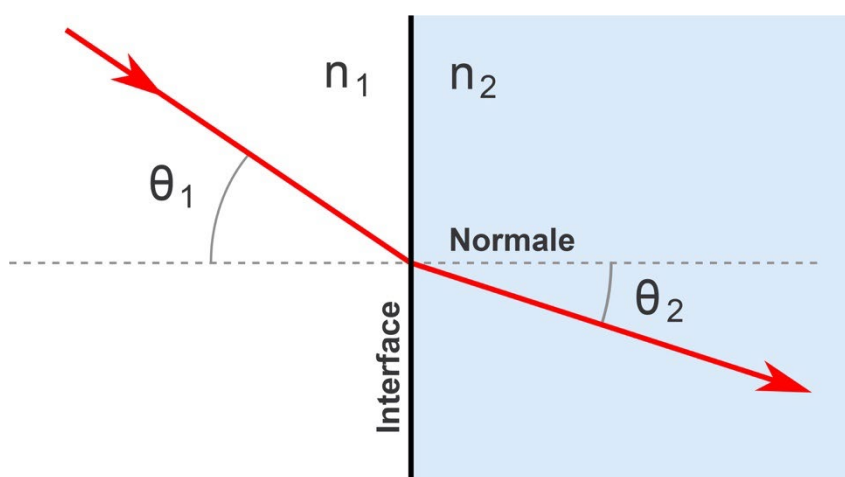
Même si un matériau est transparent, il ralentit la lumière. Ce ralentissement est quantifié par l'**indice de réfraction** n du matériau, défini comme :

$$n = \frac{c}{v}$$

où c est la vitesse de la lumière dans le vide (299 792,458 km/s) et v la vitesse de la lumière dans le matériau. Pour l'air sec, cet indice vaut approximativement 1,0003, pour l'eau 1,33 et pour le verre courant 1,5. Quand la lumière passe d'un matériau à un autre avec un indice différent, il est possible de calculer son changement de direction grâce à la loi de Snell-Descartes :

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

où n_1 et n_2 sont les indices des milieux 1 et 2, θ_1 est l'angle d'incidence et θ_2 l'angle de réfraction. Ces angles sont mesurés par rapport à la normale à l'interface entre les deux milieux.



Ici, $n_2 > n_1$ puisque le rayon réfracté se rapproche de la normale.

Lorsque les angles sont petits (typiquement inférieurs à 10°), on peut assimiler le sinus d'un angle à cet angle, exprimé en radian : $\sin(\theta) \approx \theta$, ce qui permet de simplifier la loi de Snell-Descartes.

La réfraction est responsable, par exemple, du « cassé » apparent d'un bâton plongé dans l'eau. Ce phénomène se produit aussi de manière continue dans un milieu transparent dont la masse volumique n'est pas uniforme, ce qui est le cas de l'atmosphère.

En effet, la masse volumique de l'air diminue avec l'altitude ; aussi la lumière émise par un astre ne nous parvient pas en ligne droite, mais pendant la traversée de l'atmosphère, elle suit une trajectoire curviligne, ce qui a pour effet de relever la hauteur de l'astre : il est vu plus haut dans le ciel qu'il ne l'est réellement. Lorsque le limbe inférieur du Soleil touche l'horizon... l'astre du jour est en réalité déjà couché.

A.4 La transparence partielle : la translucidité

Entre transparence et opacité, certains matériaux sont translucides : ils laissent passer la lumière, mais diffusent celle-ci dans différentes directions, empêchant de distinguer clairement ce qui est derrière. Le papier calque et le verre dépoli sont translucides.

B – Exemples de transparence dans la nature

La transparence dans la nature n'est jamais absolue ; elle varie selon les matériaux, les conditions (température, pression, pureté) et les longueurs d'onde de la lumière. C'est une propriété évolutive et souvent fonctionnelle dans les milieux naturels.

B.1 L'eau et la glace

L'eau pure possède une couleur intrinsèque bleutée. Pour s'en convaincre, il suffit d'observer une source de lumière blanche à travers un long tuyau rempli d'eau purifiée et fermé à ses extrémités par du plastique transparent. L'eau doit sa couleur au fait que, dans le spectre visible, elle absorbe plus efficacement les longueurs d'onde correspondant à la couleur rouge que les autres. Après avoir traversé plusieurs mètres d'eau, la lumière blanche, privée d'une partie de sa composante rouge, apparaît donc bleue à un observateur. Pour l'immense majorité des substances, l'absorption dans le spectre visible résulte de transitions électroniques. Celles de l'eau se situant dans l'ultraviolet, elles ne peuvent être responsables de sa couleur. À notre connaissance, le bleu de l'eau constitue le seul exemple où la couleur a pour origine, non pas des transitions électroniques, mais des transitions vibrationnelles, qui donnent un faible pic d'absorption vers $0,74 - 0,76 \mu\text{m}$.

Dans les mêmes conditions expérimentales, quelle serait la couleur de l'eau lourde D_2O ?

En raison de la masse élevée de la molécule, les deux transitions vibrationnelles impliquées sont décalées vers les grandes longueurs d'onde. On les retrouve dans l'infrarouge, vers $1\text{ }\mu\text{m}$. Conclusion : l'eau lourde est incolore !

Nous avons examiné la couleur d'une source de lumière blanche vue à travers une certaine quantité d'eau. Autrement dit, nous n'avons traité que de la transmission de la lumière à travers l'eau. Qu'en est-il des autres phénomènes ? Pourquoi, par exemple, la mer est-elle bleue ?

On entend souvent dire qu'elle n'acquiert sa couleur que parce qu'elle réfléchit la couleur du ciel. Cette réponse est lacunaire et doit être complétée, non seulement par l'absorption intrinsèque décrite plus haut, mais aussi par une diffusion de la lumière par les particules (vivantes ou minérales) en suspension dans la mer. Ainsi, la teinte bleue produite par l'absorption de l'eau peut-elle retourner vers la surface et être observée. La contribution relative de la réflexion du ciel et de la rétrodiffusion de la lumière depuis les profondeurs dépend fortement de l'angle d'observation.

Les sels minéraux et les gaz dissous dans l'eau n'ont pas d'effet sur ses propriétés d'absorption dans le visible. En revanche, les complexes des métaux de transition sont capables de modifier la couleur des eaux. Ainsi, $[Ti(H_2O)_6]^{3+}$ et $[Cr(H_2O)_6]^{3+}$ leur donnent une teinte violette tandis que $[CoCl_4]^{2-}$ et $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ renforcent leur couleur bleue naturelle.



L'eau sous ses trois phases : solide (l'iceberg), liquide (la mer) et gazeuse (la vapeur d'eau, invisible).

Crédit : Kim Hansen / CC BY-SA 3.0 – [Wikimedia Commons](#).

La transparence de la glace dépend de sa structure : une glace pure et dense (comme celle formée par compression dans les glaciers) peut être presque aussi transparente que l'eau mais si elle contient des bulles d'air ou des microfissures, elle devient translucide car la lumière est diffusée. Notons que dans les régions polaires ou glaciaires, des blocs de glace très pure peuvent sembler bleutés par absorption du rouge, tout comme l'eau liquide.

B.2 Cristaux et minéraux

Certains minéraux sont naturellement transparents car leur structure cristalline est régulière et sans défauts majeurs, permettant à la lumière visible de les traverser sans être absorbée ni diffusée. Un cristal de quartz pur est transparent, mais des inclusions (impuretés, bulles, fissures) peuvent réduire cette transparence ou donner des couleurs – l'améthyste est un quartz violet qui doit sa teinte aux traces de fer qu'il contient.

La couleur des béryls comme l'émeraude ou l'aigue-marine est due à la présence d'ions métalliques (chrome, fer, etc.) qui colore le cristal sans nécessairement altérer sa transparence dans certaines directions.



À gauche, un quartz. Crédit : Eva Kröcher / CC BY-SA 3.0 – [Wikimedia Commons](#).

À droite, une émeraude (une variété de béryl). Crédit : Géry Parent – [Wikimedia Commons](#).

B.3 Les animaux transparents

La transparence biologique est une stratégie adaptative, surtout dans les milieux où la lumière est faible ou diffuse, comme les abysses ou les grottes. La transparence permet aux animaux de se cacher en réduisant leur visibilité. Voici quelques exemples d'animaux transparents :

- les méduses. Une grande partie de leur corps est composée d'eau et de tissus très peu pigmentés. Les différences d'indice de réfraction entre leurs tissus et l'eau environnante sont minimales, rendant leur corps presque invisible ;
- les poissons des abysses. Certains poissons ont des écailles quasi-inexistantes et une peau fine pour minimiser la diffusion de la lumière. La perte de pigments est une adaptation classique à la transparence ;
- les grenouilles de verre. Présentes en Amérique centrale, elles ont une peau translucide, laissant apparaître leurs organes internes. Cela leur permet de se cacher efficacement sur les feuilles ;
- les insectes des grottes. Certains insectes ou crustacés cavernicoles, vivant dans des environnements totalement obscurs, perdent à la fois leur pigmentation et parfois leurs yeux. Leur transparence est une conséquence du désinvestissement énergétique dans la production de pigments devenus inutiles ;

La transparence biologique est rarement parfaite : elle implique aussi une minimisation de la diffusion (éviter que les organes ne diffusent trop la lumière), un ajustement de l'indice de réfraction (proche de celui de l'eau ou de l'air), et une réduction des structures opaques comme les muscles ou les organes internes.



Vue ventrale d'une *Cochranella pulverata* de la famille des Centrolenidae dont les espèces sont appelées « grenouilles de verre ». Crédit : Geoff Gallice / CC BY 2.0 – [Wikimedia Commons](#).

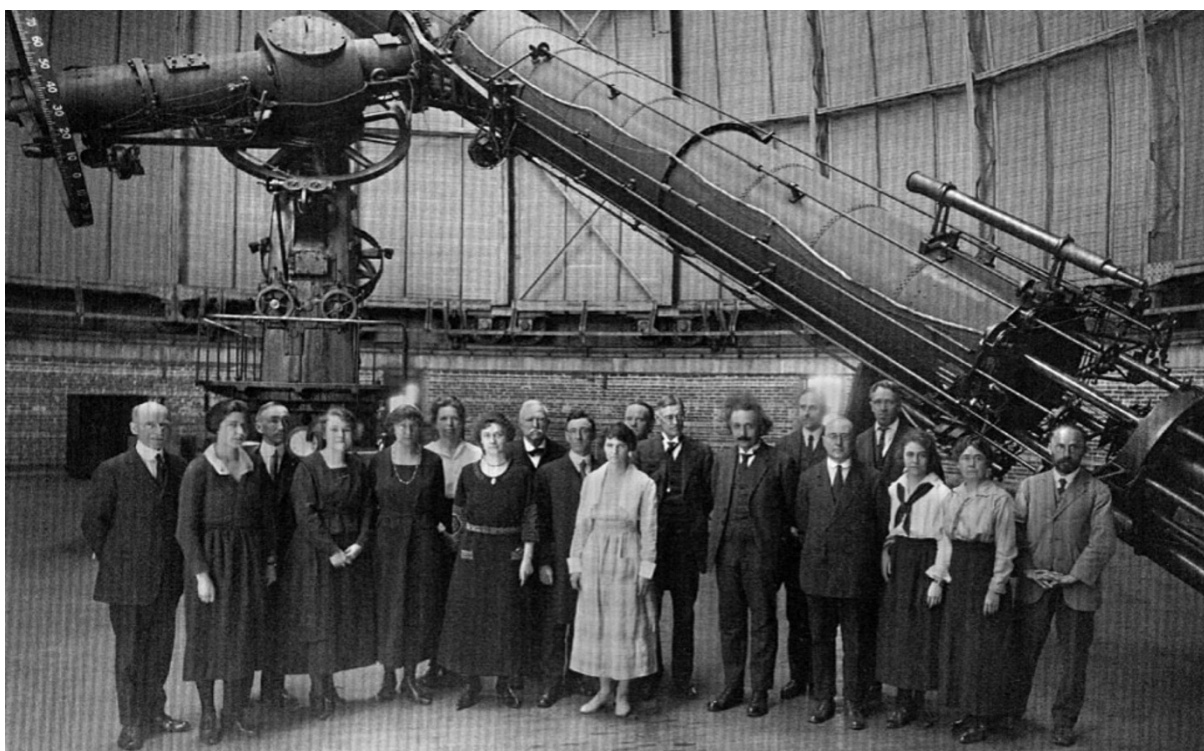
C – Applications scientifiques et technologiques

La transparence est une propriété exploitée dans de nombreuses technologies, notamment en optique, imagerie et matériaux innovants. Ces applications jouent souvent sur la capacité des matériaux à laisser passer certaines longueurs d'onde tout en interagissant avec d'autres.

C.1 Optiques et lentilles

Microscopes et lunettes astronomiques reposent sur l'utilisation de lentilles transparentes. Les lentilles permettent de focaliser la lumière en exploitant la réfraction (le changement de direction de la lumière lorsqu'elle traverse un matériau d'indice différent). Les propriétés optiques dépendent de l'indice de réfraction du matériau :

- le verre borosilicate (du type pyrex) avec $n \approx 1,47$;
- le quartz pur. Transparent aux ultraviolets, il possède un indice $n \approx 1,55$;
- les verres spéciaux. Certains sont conçus pour être transparents à l'infrarouge ou aux ultraviolets, selon les besoins.



La grande lunette de l'observatoire Yerkes (université de Chicago, Wisconsin) en mai 1921, lors d'une visite d'Albert Einstein (7^e en partant de la droite). L'objectif de la lunette, une lentille de 102 cm de diamètre, fut la deuxième plus grande jamais construite. Crédit : Yerkes Observatory – [Wikimedia Commons](#).

C.2 Matériaux innovants : les verres intelligents

Les verres opacifiants électriques (aussi appelés verres électrochromes) ont une transparence variable sous l'effet d'un courant électrique. En effet, l'application d'une tension provoque un changement de l'ordre des molécules à l'intérieur du matériau, modifiant ainsi sa capacité à transmettre la lumière. Ces verres sont utilisés dans les bâtiments intelligents, les vitrages d'avions (comme les hublots du Boeing 787 Dreamliner) ou encore les pare-brise de voitures haut de gamme.

Les verres photochromes changent de transparence sous l'effet des ultraviolets (lunettes qui foncent au soleil) car les molécules contenues dans le verre réagissent aux ultraviolets en se réarrangeant, absorbant davantage de lumière.

Enfin, les verres thermochromes changent de transparence en fonction de la température.

C.3 L'imagerie médicale

L'imagerie médicale utilise la transparence relative des tissus biologiques dans différents domaines de longueurs d'onde. La peau est opaque dans le domaine visible car elle diffuse et absorbe la lumière. En rayons X, toutefois, les tissus mous (peau, muscles, organes) sont relativement transparents, tandis que les os bloquent les rayons : c'est le principe de la radiographie.

De même, la tomographie en cohérence optique est une technique non invasive qui exploite la lumière proche de l'infrarouge pour observer en haute résolution les structures internes de l'œil ou de la peau, car ces tissus sont semi-transparents à cette longueur d'onde.



Tirage de l'une des premières radiographies de la main gauche de son épouse Anna Bertha Ludwig, par le physicien allemand Wilhelm Röntgen (1845–1923), découvreur des rayons X.

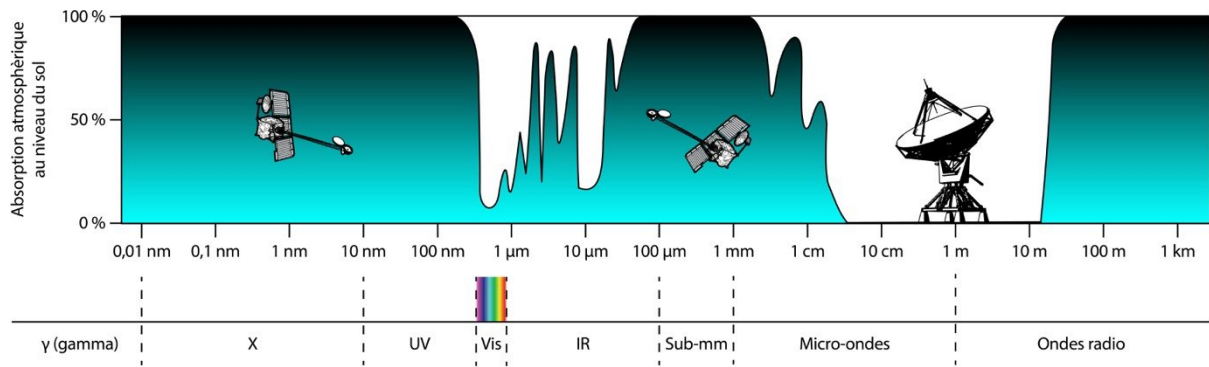
Crédit : Wilhelm Röntgen – [Wikimedia Commons](#).

D – Bonus : transparence et opacité en astronomie

En astronomie, transparence et opacité prennent tout leur sens dans le contexte des interactions entre la lumière et les milieux traversés : atmosphères planétaires, milieu et nuages interstellaires, étoiles, Univers primordial... L'observation astronomique dépend entièrement de ces propriétés, car tout ce que nous savons du cosmos provient des rayonnements captés.

D.1 L'atmosphère terrestre

L'atmosphère terrestre n'est pas transparente à toutes les longueurs d'onde. Elle agit comme un filtre naturel, ne laissant passer que certaines bandes du spectre électromagnétique. Les fenêtres de transparence sont le spectre visible (400 nm – 750 nm) et certaines bandes dans les ondes radio. Les zones d'opacité concernent l'ultraviolet (majoritairement bloqué par la couche d'ozone), les rayons X et gamma (totalement absorbés par l'atmosphère) et l'infrarouge (partiellement bloqué par la vapeur d'eau et le CO₂ atmosphériques). L'illustration suivante donne l'opacité de l'atmosphère terrestre au niveau du sol en fonction de la longueur d'onde.

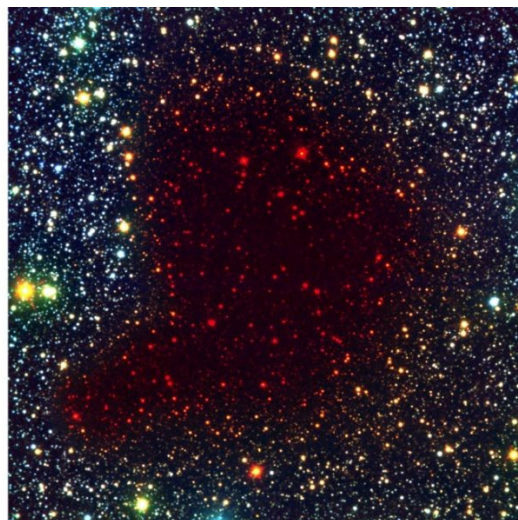


Les télescopes radio et optiques peuvent donc fonctionner au sol. Une atmosphère très sèche autorise même l'observation dans quelques fenêtres de l'infrarouge. Elle permet ainsi la construction de télescopes sensibles à ce domaine de longueur d'onde au sommet des montagnes, comme au Chili.

Pour observer les sources émettrices d'infrarouge, d'ultraviolet, de rayons X ou gamma, il faut donc utiliser des télescopes spatiaux. Ceux-ci bénéficient en outre de l'absence de turbulence atmosphérique qui amoindrit la qualité des images.

D.2 Les nuages de gaz et de poussière

Les nébuleuses obscures sont des nuages de poussières qui absorbent et diffusent la lumière visible des étoiles situées derrière elles, les rendant invisibles dans ce domaine. Cependant, ces nuages deviennent quasiment transparents en infrarouge. Cela permet de voir au travers des nébuleuses obscures et d'observer la formation d'étoiles cachées dans ces nuages (grâce aux télescopes fonctionnant dans l'infrarouge comme le télescope spatial *James Webb*). Les deux images ci-dessous montrent Barnard 68, un nuage moléculaire très froid situé à environ 500 années-lumière dans la constellation d'Ophiucus. Barnard 68 est vraisemblablement une future zone de formation d'étoiles. L'image de gauche a été prise à travers des filtres B (440 nm), V (550 nm) et I (900 nm, dans le proche infrarouge). Celle de droite est une composition en fausses couleurs réalisée à partir de photographies prises travers des filtres B, V et K (2160 nm, dans l'infrarouge). Sur cette seconde image, le bleu représente le visible, le vert le proche infrarouge et le rouge, l'infrarouge. Comme la lumière des étoiles situées derrière le nuage moléculaire n'est visible qu'en infrarouges, elles apparaissent rouges.



Crédit : ESO (<https://www.eso.org/public/images/eso0102c/>).

D.3 Étoiles et trous noirs

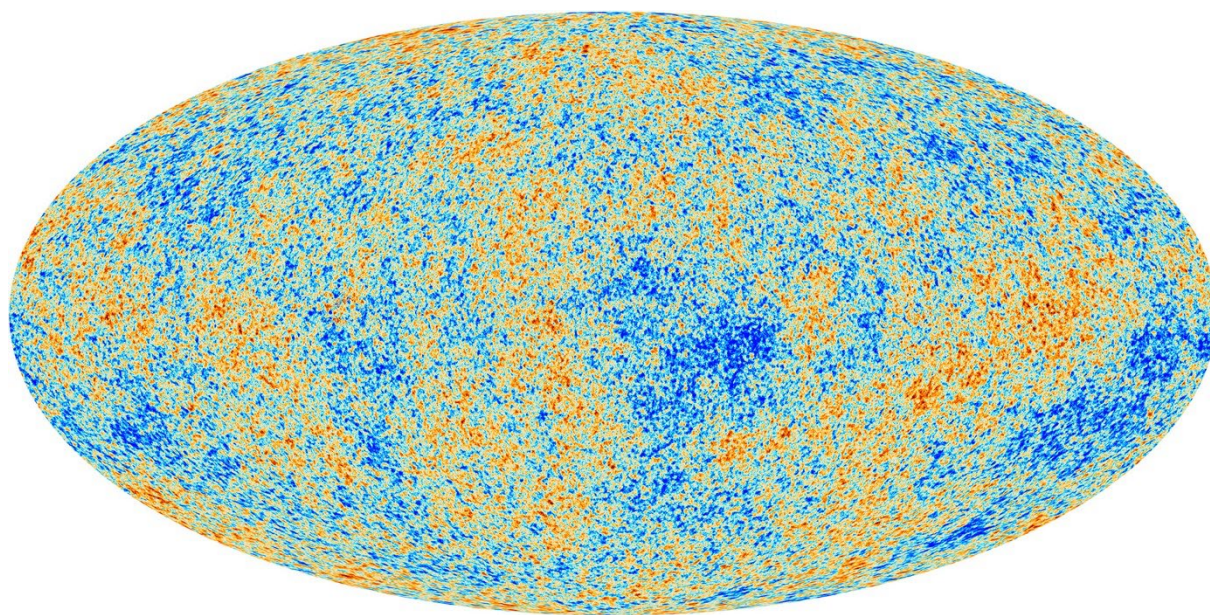
L'intérieur d'une étoile est opaque : la lumière très énergétique créée en son cœur par des réactions nucléaires est sans cesse absorbée et réémise par les particules du plasma qui la constitue (principalement des électrons libres et des atomes fortement ionisés). Cette opacité permet la diffusion de l'énergie des couches internes vers l'extérieur. Seules les couches superficielles (la photosphère) sont partiellement transparentes, permettant à la lumière de s'échapper.

Un trou noir est totalement opaque car aucune lumière ne peut s'en échapper une fois franchi l'horizon des événements. Autour du trou noir, dans le disque d'accrétion, le gaz chauffé devient très lumineux par friction mais en-deçà de l'horizon... plus rien n'est visible.

D.4 L'Univers primordial : du brouillard au cosmos transparent

Juste après le Big Bang, l'Univers n'était qu'une soupe chaude de particules et de photons en expansion. Ces photons étaient constamment absorbés et réémis par les électrons libres : l'Univers était donc opaque. Ce n'est que 380 000 ans plus tard que la température de l'Univers, descendue sous les 3000 °C, a permis ainsi aux protons de capturer les électrons pour former des atomes neutres d'hydrogène. À partir de ce moment, les photons ont pu voyager librement à travers un Univers devenu transparent. Ces photons forment aujourd'hui le fond diffus cosmologique, observable dans le domaine des micro-ondes.

Le satellite européen *Planck* a cartographié cette lumière fossile, qui nous renseigne sur les conditions de l'Univers jeune.



Crédit : ESA and the Planck Collaboration

(https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2013/03/Planck_CMB).

Cette carte, la toute première « photographie » dont nous disposons de l'Univers, montre les fluctuations de températures dans le fond diffus cosmologique. Les régions bleues sont les plus froides, alors que les rouges sont les plus chaudes. Toutefois, l'écart maximal de température entre les zones rouge et bleu ne s'élève qu'à... 0,000 1 °C. Ces minuscules fluctuations seraient le reflet des premières variations de densité à l'origine des grandes structures de l'Univers.

Informations pratiques

Adresse

Palais des enfants
Grand Palais – Palais de la découverte, niveau -1
Entrée square Jean Perrin
17 Avenue du Général Eisenhower
75008 Paris
<https://www.palais-decouverte.fr/le-palais/le-palais-des-enfants>
<https://www.grandpalais.fr/fr/le-palais-des-enfants>

Accès

Métro : Champs-Élysées Clémenceau (ligne 1 et ligne 13) ou Franklin Roosevelt (ligne 9)
Bus : 28, 42, 52, 63, 72, 73, 80, 83, 93
R.E.R. : Invalides (ligne C)

Horaires d'ouverture

Du mardi au vendredi : 9 h 30 – 17 h
Week-end et vacances scolaires* : 9 h 30 – 19 h
* Zone C et vacances d'été

Important !

- La réservation est obligatoire.
- Pour effectuer une demande de réservation, le nombre d'élèves doit être supérieur ou égal à 10.
- Les élèves sont placés sous l'entière responsabilité de leurs accompagnateurs.

Réservation groupes

Deux moyens de réservation vous sont proposés :

- Par téléphone : 01 56 43 20 25 de 9 h à 17 h, du lundi au vendredi.
- Par mail : groupes.palais@universcience.fr

Forfait jusqu'à 25 personnes :

- Groupes scolaires et extrascolaires : 125 €
- Groupes scolaires REP/REP+ : 70 €

Forfait jusqu'à 40 personnes :

- Groupes scolaires et extrascolaires : 200 €
- Groupes scolaires REP/REP+ : 110 €

Les accompagnateurs sont inclus dans les forfaits. Au-delà des forfaits, le tarif est de 6 € par accompagnateur adulte supplémentaire.

Prévoyez 1 accompagnateur pour 5 enfants en maternelle, 1 accompagnateur pour 7 enfants en élémentaire. Plus d'informations ici :

<https://www.palais-decouverte.fr/preparer-ma-visite/enseignants/enseignants-au-palais-de-la-decouverte>.