

21 JUIN 2024 / 30 SEPTEMBRE 2026

FANTASTIQUE PHYSIQUE!

LUMIÈRE ET COULEURS

EXPOSITION MUSÉE NATIONAL DE L'ÉDUCATION



CANOPÉ
MUNAÉ
LE MUSÉE NATIONAL DE L'ÉDUCATION

EXPOSITION
FANTASTIQUE
PHYSIQUE!

21 JUIN 2024
30 SEPTEMBRE 2026

MUSÉE NATIONAL DE L'ÉDUCATION
CENTRE D'EXPOSITIONS
185, RUE EAU-DE-ROBEC - ROUEN

Jean Siquet, Mesure de l'intensité électrique, exposition IPN, Londres, 1955. © Réseau Canopé/Munaé

Plus d'informations sur munaefr

 @MuseeEducation #Munaefr
 Musée national de l'Éducation - Canopé
 @munaefr_rouen



ANNÉE 2023-2024
DE LA PHYSIQUE



CANOPÉ
MUNAÉ
LE MUSÉE NATIONAL DE L'ÉDUCATION

SOMMAIRE

3 LIENS AVEC LES PROGRAMMES SCOLAIRES

3 MISE AU POINT

4 SUGGESTIONS DE PISTES PÉDAGOGIQUES

4 Sciences

8 Histoire

8 Arts plastiques

9 Histoire des arts

11 Lire, écrire

12 BIBLIOGRAPHIE

12 Ouvrages et mémoire

12 Dossiers pédagogiques

13 Webographie

Directrice de publication

Marie-Caroline Missir

Directrice de l'édition

transmédia

Tatiana Joly

Directrice du Munaé

Marie Brard

Chef de projet

Émily Busato

Auteur du dossier

Séverine Chaumeil

Chargé de suivi éditorial

Quentin Ganteil

Mise en pages

Isabelle Soléra

Iconographie

Laurence Geslin

Sources et crédits

photographiques :

sauf mentions contraires, Rouen,

Musée national de l'Éducation.

© Réseau Canopé/Collection

du Munaé.

ISSN : 2425-9861

© Réseau Canopé

[établissement public

à caractère administratif]

Téléport 1 – Bât. @ 4

1, avenue du Futuroscope

CS 80158

86961 Futuroscope Cedex

LIENS AVEC LES PROGRAMMES SCOLAIRES

Ce dossier s'adresse aux élèves de tous niveaux des enseignements généraux, techniques et technologiques. Il fait intervenir un large champ de disciplines (sciences, arts plastiques, histoire des arts, lettres) et propose des pistes pédagogiques adaptables pour les primaires, les collèges et les lycées.

MISE AU POINT



Disque de Newton, 1890 (inv. 1978.00994).

La décomposition de la lumière : Isaac Newton, au XVII^e siècle, fut le premier à démontrer que la lumière blanche peut être décomposée en un spectre de couleurs lorsqu'elle traverse un prisme, et qu'elle peut être recomposée lorsqu'elle traverse un deuxième prisme. La lumière blanche pénètre dans le prisme à l'intérieur duquel la lumière polychromatique (formée de plusieurs rayons) est séparée en 7 rayons monochromatiques (formés par un seul rayon), soit le rouge, l'orange, le jaune, le vert, le bleu, l'indigo et le violet.

Les « longueurs d'onde » de la lumière monochromatique s'expriment en nanomètre (nm) [notre œil est sensible à une gamme de radiations qui va de 400 à 800 nm, entre l'ultraviolet et l'infrarouge.] qui est la valeur mathématique de référence [fixées par la Commission internationale de l'éclairage, la CIE, en 1931].

La synthèse additive [couleurs « lumière »] : au début du XIX^e siècle, James Clerk Maxwell montre qu'en superposant 3 rayons de lumière colorée [rouge, vert, bleu] on peut fabriquer de nombreuses couleurs [Un écran est composé de pixels, chacun constitué des trois « lumières » rouges, vertes, bleues (système RVB)]. Les différentes couleurs sont obtenues en fonction des lumières activées sur chaque pixel. En faisant varier l'intensité de ces 3 couleurs dans la lumière parvenant à l'œil, on peut afficher à l'écran, et donc produire dans le cerveau, des impressions de toutes les couleurs ou nuances. Pour obtenir du blanc, on allume toutes les lumières avec des intensités équivalentes ; pour le noir, elles sont toutes éteintes.]

La synthèse soustractive (couleurs « matière ») : si les 3 couleurs primaires (cyan, magenta, jaune) sont appliquées successivement, chacune absorbant la précédente, aucune lumière ne se réfléchit : on obtient du noir.

L'autochrome, lié à l'apparition de la photographie argentique en couleurs (le procédé, mis au point par Gabriel Doublier, est breveté par les frères Lumière en 1903) : l'image vue par transparence est constituée d'une mosaïque de points de couleurs violet, vert et orangés.

Le **Technicolor** : dans les années 1930, Herbert Kalmus met au point la caméra Technicolor trichrome qui permet de filmer en couleurs. Il s'agit d'une caméra argentique qui utilise 3 négatifs noir et blanc : l'un est sensible au rouge, l'autre réagit au bleu et le dernier au vert. Le premier film d'animation des studios Disney, *Blanche-Neige et les sept nains*, est tourné avec ce procédé (1937).

La **quadrichromie** : les 3 couleurs primaires (rouge, jaune, bleu) et le noir.

SUGGESTIONS DE PISTES PÉDAGOGIQUES

SCIENCES

La propagation de la lumière : sa trajectoire, sa vitesse, sa longueur d'onde, sa réflexion

Comment renvoyer la lumière ?

Éclairer à l'aide du miroir des cibles désignées, faire « rebondir » la lumière, réfléchir au rôle réfléchissant de la Lune (« source secondaire »), qui renvoie la lumière du Soleil (« source primaire »), mais ne la produit pas.

RESSOURCES

<https://fondation-lamap.org/documentation-scientifique/la-lumiere>

<https://fondation-lamap.org/sequence-d-activites/miroirs-et-reflexions> (séquence 5)

Lumière naturelle, lumière artificielle

Le rôle de la lumière

Les objets n'ont pas de « couleur » à proprement parler, ils ont une capacité variable à réfléchir la lumière en fonction des pigments dont ils sont recouverts. Ces pigments absorbent ou diffusent plus ou moins les différentes radiations qu'ils reçoivent.

La couleur d'un objet dépend :

- de la composition de la lumière qui l'éclaire, de sa longueur d'onde ;
- des caractéristiques de l'objet : interactions lumière/matière ;
- de l'œil qui reçoit la lumière diffusée ;
- du cerveau qui traite l'information reçue par l'œil.

Mettre en évidence la réflexion de la lumière, le parcours de la lumière.

Prendre conscience que certaines couleurs de vêtements diffusent mieux la lumière que d'autres. (Pourquoi doit-on porter un gilet jaune lorsque l'on roule à vélo la nuit ?)

RESSOURCES

<https://fondation-lamap.org/defi/defi-scientifique-objets-diffusants>

[Application FizziQ](#)

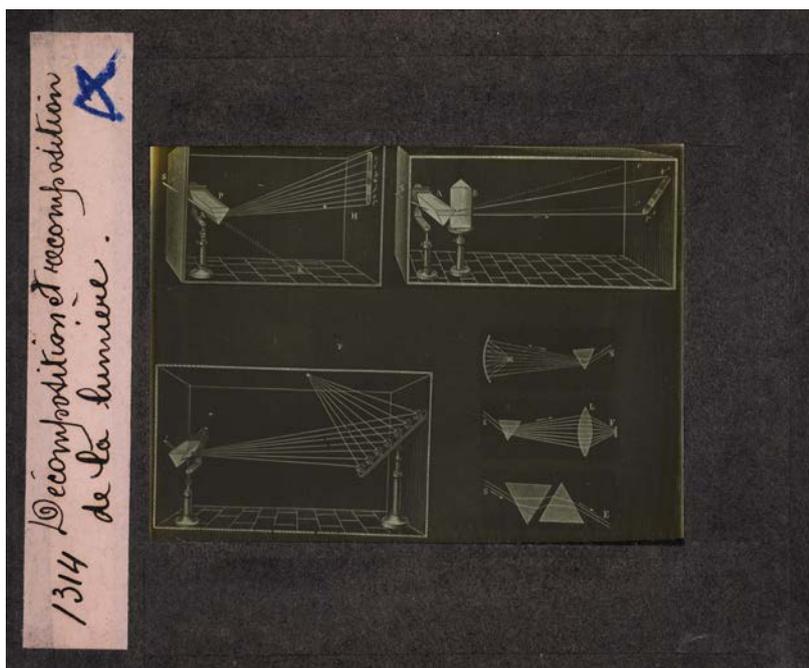
Mesurer l'éclairement.

Analyser la courbe de sensibilité spectrale de l'œil.

RESSOURCES

<https://fondation-lamap.org/documentation-scientifique/en-voir-de-toutes-les-couleurs>

La synthèse additive



Optique et acoustique : décomposition et recombinaison de la lumière, vue sur verre, vers 1900 (inv. 0003.00622.12).

Recomposer la lumière blanche [qui est la superposition de radiations lumineuses de couleurs différentes, chaque radiation se caractérisant par sa longueur d'onde] à partir de lampes émettant une lumière colorée correctement dosée, ou faire défiler toutes les lumières de l'arc-en-ciel en jouant sur le dosage des intensités lumineuses.

Confronter les résultats obtenus par différents types de mélanges (lumière verte + lumière rouge = jaune X pigment vert + pigment rouge = marron foncé)

Découvrir les couleurs « cachées » de la lumière blanche grâce à un système dispersif.

RESSOURCES

https://fondation-lamap.org/sites/default/files/sequence_pdf/composer-des-couleurs-a-partir-de-matiere-ou-de-lumiere.pdf
(séance 3)

Mettre en évidence les couleurs « primaires » de la télévision.

RESSOURCES

https://fondation-lamap.org/sites/default/files/sequence_pdf/composer-des-couleurs-a-partir-de-matiere-ou-de-lumiere.pdf
(séance 4)

La théorie de l’arc-en-ciel

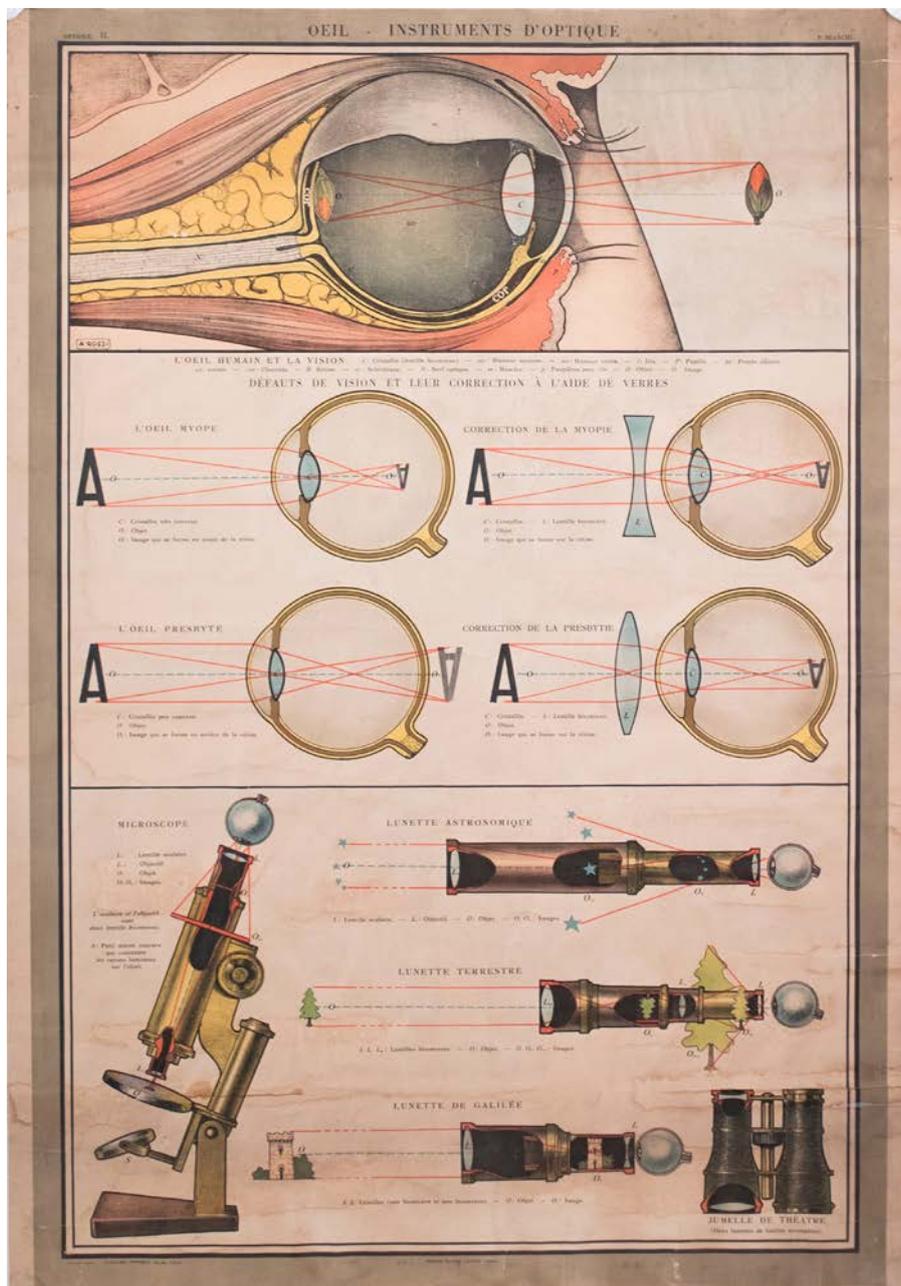
Conditions d’observation [rôle des gouttes de pluie, position de l’observateur/source de lumière/eau], angles de déviation de la lumière du soleil/longueurs d’onde caractérisant chaque couleur, arc-en-ciel intérieur (primaire)/arc-en-ciel extérieur (secondaire)/« bande sombre d’Alexandre ».

RESSOURCES
<https://fondation-lamap.org/documentation-scientifique/l-arc-en-ciel>

La vision des couleurs

Déterminer le rôle de l’œil : les stimuli qui permettent de relier la vision humaine aux radiations lumineuses (la lumière est constituée de photons), les 3 types de cellules/cônes de l’œil humain, les couleurs monochromatiques (formées d’un seul type de rayon)/couleurs polychromatiques.

Lorsque la lumière arrive dans notre œil, celui-ci transmet des informations au cerveau : la couleur et l’intensité lumineuse.



P. Bianchi (auteur),
 A. Rossi (illustrateur), *Optique II : œil - instruments d’optique*, planche didactique, Paris, Fernand Nathan, vers 1900 (inv. 1978.05304.3).

Déterminer le rôle du cerveau : le cerveau synthétise une impression colorée à partir d'informations fournies par 3 types de cellules (cônes) de la rétine : chaque cône est sensible à une partie réduite de toutes les couleurs, mais ensemble, les 3 cônes permettent de percevoir l'intégralité du spectre des couleurs visibles par l'œil humain.

RESSOURCES

<https://fondation-lamap.org/documentation-scientifique/l-oeil>

https://fondation-lamap.org/sites/default/files/sequence_pdf/on-en-voit-de-toutes-les-couleurs.pdf (activité 2)

<https://fondation-lamap.org/sequence-d-activites/de-l-oeil-au-cerveau>

Les centres sensoriels du cerveau (les 5 sens, la représentation olfactive, acoustique de la couleur)

Utilisation de l'IRM dans l'exploration de la vision en couleur

La perception de la couleur : la vision des animaux, les pathologies humaines (le daltonisme, par exemple), la couleur pour les non-voyants, etc.

L'énergie visible à l'œil nu

Les aurores boréales, la phosphorescence, la fluorescence.

Le transfert d'énergie : distinguer le rayonnement émis (la source, l'objet lumineux) de l'absorption du rayonnement (l'objet diffusant).

Altération des couleurs

Par la lumière : peroxydation par exemple ; par réactions chimiques : hydrolyse par exemple ; par changement d'état physique : émulsion par exemple.

La couleur objective/la couleur ressentie

L'action de la couleur sur la psyché : la couleur du ciel, des aliments, etc., le vert ressenti comme reposant, le rouge ressenti comme excitant, etc.

Les couleurs « appétantes », le pouvoir des couleurs appliqué au marketing, l'usage des colorants alimentaires : « psychologie » de la vision colorée (les yeux sont les outils de mesure de notre cerveau), toxicité ou innocuité, préjudice/santé (on a tendance à penser que le naturel est meilleur pour la santé que le synthétique : la chasse aux colorants de synthèse [auxquels on attribue le code E] pratiquée dans les années 1970, ainsi que la consommation importante de caroténoïdes [molécule naturelle considérée comme bénéfique], par exemple, en sont l'illustration.

RESSOURCES

<https://fondation-lamap.org/dossier-prime-prix-lamap/la-couleur-des-aliments>

La fonction adaptative de la couleur : stimulation, camouflage, avertissement, thermorégulation, photoprotection, etc.

HISTOIRE

Quelles sont les différentes techniques inventées par l'homme au cours des siècles pour créer des sources de lumière ?

RESSOURCES

<https://fondation-lamap.org/documentation-scientifique/domestiquer-la-lumiere>

ARTS PLASTIQUES

Les couleurs

Les couleurs primaires en peinture, dites pures (ne peuvent pas être produites par mélange, de même qu'un nombre premier, en mathématiques, n'a d'autres diviseurs que 1 et lui-même).

Les couleurs **secondaires** (cyan + jaune, jaune + magenta, cyan + magenta).

Les couleurs **complémentaires**, les couleurs **chaudes/froides**, **le cercle chromatique** (en 12 parties, selon Johannes Itten).

Utiliser la chromatographie pour mettre en évidence les couleurs primaires.

RESSOURCES

<https://fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/comm/defis/5-8%20ans%20Comment%20se%CC%81parer%20%20les%20couleurs.pdf>

La matière colorée

Les pigments d'origine minérale, organique ou synthétique, dissous ou en suspension dans différents milieux, appliqués sur différents supports, de diverses manières, avec différents instruments, etc. en résultent différents aspects de la matière colorée. Il n'y a pas une seule couleur, mais une infinité de matières colorées.

Dresser une liste non-exhaustive de différents noirs : goudron, satin, suie, etc. (cf. Pierre Soulages [1919-2022], le « noir-lumière » ou l'« outrenoir »).

La théorie du « contraste simultané des couleurs »

Elle est élaborée par le chimiste français du XIX^e siècle Michel-Eugène Chevreul (1786-1889) : l'intensité d'une couleur varie en fonction de celles qui se trouvent à proximité, en particulier si une couleur primaire se trouve au contact de sa complémentaire (principe à l'origine des recherches pointillistes).

Utiliser des contrastes de valeurs (clair > foncé), de couleurs complémentaires, de formes, de matières (mat/brillant, opaque/transparent).

Reproduire une scène en couleurs en noir et blanc, et l'inverse.

Les nuances, les camaïeux, l'intensité, la saturation

Identifier et classer les couleurs autour de soi (nécessité d'un critère objectif pour proposer un classement des couleurs les unes par rapport aux autres/nuances).

Fabriquer des gris colorés à partir des 3 couleurs primaires (sans noir/blanc).

Se limiter à 3 couleurs : couleurs limitées, variations grâce aux aplats, hachures, points, lignes, surfaces, etc. (cf. Jean Dubuffet [1901-1985], Piet Mondrian [1872-1944]).

La construction par la couleur

La perspective colorée ou atmosphérique permet de suggérer une illusion de profondeur [usage codifié des couleurs, saturées au premier plan, qui s'estompent à l'arrière-plan].

L'espace se construit grâce à une alternance de plans colorés, les uns de couleurs froides [qui s'éloignent de notre œil], les autres de couleurs chaudes [qui paraissent se rapprocher]. Ex : Paul Cézanne (1878-1879) organise, structure l'espace par la couleur.

Le contraste s'opère par la couleur.

Ex : Entre 1912 et 1914, Fernand Léger (1881-1955) réalise une série de toiles qu'il nomme des *Contrastes de formes*, construites sur le principe de « l'opposition des valeurs, des lignes et des couleurs contraires ». Pour lui, « la couleur est une nécessité vitale. C'est une matière première indispensable à la vie, comme l'eau et le feu. On ne peut concevoir l'existence des hommes sans une ambiance colorée » [Extrait de « La couleur dans le monde », texte d'une conférence donnée par Fernand Léger en 1937, reproduit dans *Fonctions de la peinture*, de Fernand Léger, collection « Folio Essais », n° 309, Gallimard, 1997] (*Les grands plongeurs noirs*, 1944 : bleu, rouge, jaune, vert + noir).

Le monochrome

Kasimir Malevitch (1879-1935), *Carré blanc sur fond blanc*, 1918 ; Yves Klein (1928-1962).

Le régime chromatique, Sophie Calle, 1997**Les coloristes**

Francis Bacon, Henri Matisse, Paul Klee

L'architecture colorée

Le Centre Pompidou, Friedensreich Hundertwasser (1928-2000).

La lumière et la couleur

Mark Rothko (1903-1970), peintre expressionniste abstrait américain, utilise les vibrations des couleurs pour transcrire des émotions ; Pierre Soulages (1919-2022) joue avec la lumière sur ses « outrenoirs » ; Diane Benoit du Rey (1989-) hypnotise avec des dégradés chromatiques.

Josef Albers (1888-1976), initiateur de l'Op Art (art optique)

Il se focalise sur l'effet optique de la couleur et se consacre à partir de 1950 à une série *Hommage au carré* : dispositif permettant l'analyse du comportement des couleurs. Au revers de chaque toile, Albers indique sa **recette**, les outils, les pigments utilisés. Il invite à faire l'expérience de la couleur, conciliant art et pédagogie. [*L'Interaction des couleurs* publié en 1963 prône la démarche expérimentale.]

La lumière et l'espace

Dan Flavin (1933-1996), artiste minimaliste américain, se consacre à partir de 1963 au matériau qu'est la lumière, transformant l'espace architectural grâce à des installations spectaculaires de tubes fluorescents colorés ; James Turrell (1943-), artiste américain, dont les principaux media d'expression sont l'espace et la lumière naturelle ou artificielle.

La lumière et l'ombre

François Morellet (1926-2016) s'appuie sur le principe de la citation dans sa série « Lightly », œuvres composées de néons et d'ombres portées ; Timothy Noble (1966-) et Susan Webster (1967-), artistes britanniques, composent des « œuvres fantômes », « Light works » et « Shadow works », des sculptures de l'ombre incorporant divers matériaux.

L'œuvre existe-t-elle quand elle est éteinte ?

Où commence et où finit l'œuvre ?

La couleur en mouvement

Les couleurs peuvent créer l'illusion du mouvement comme chez Sonia (1885-1979), Robert Delaunay (1885-1941) et Victor Vasarely (1906-1997).

Elles invitent le spectateur à se déplacer : un mouvement est induit en fonction du point de vue, comme dans les œuvres de Yaacov Agam (1928-), figure de l'art cinétique.

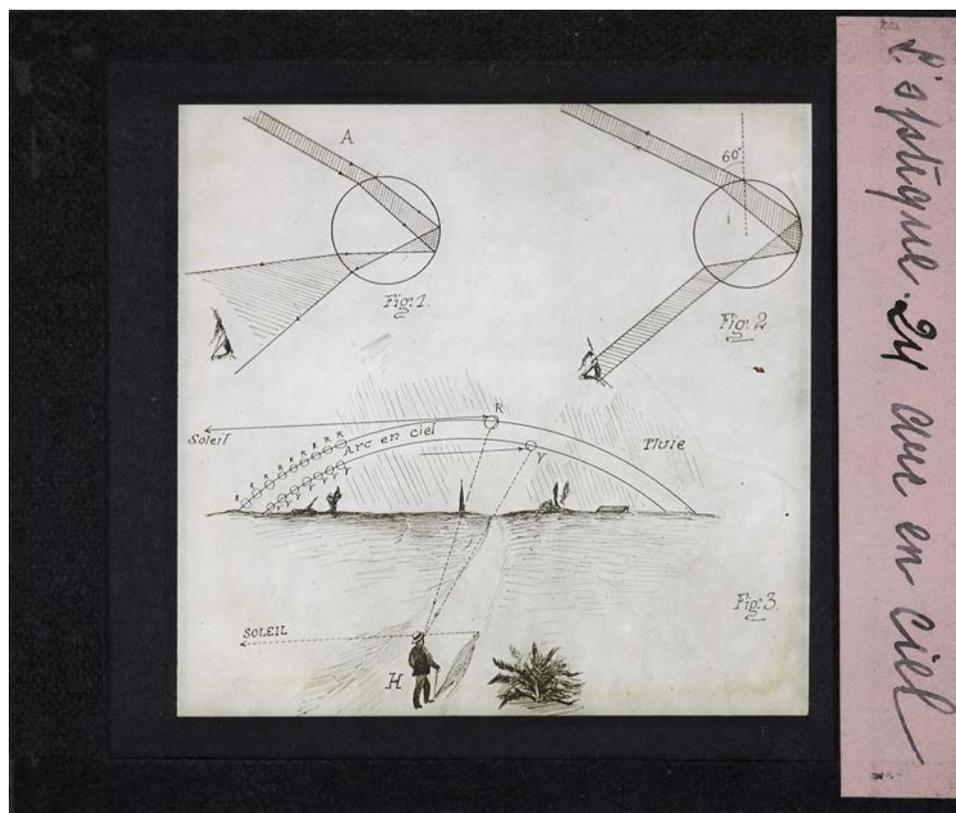
Conçus pour produire l'illusion du volume, les *Rotoreliefs*, créés par Marcel Duchamp (1887-1968) en 1935, constituent un ensemble de 6 disques colorés aux motifs psychédélics avant l'heure, qui s'utilisent sur un phonographe, déployant des effets de creux ou de reliefs fascinants sous l'effet de leur rotation.

Liens entre peinture et musique

La gamme/les harmonies/la composition/les dissonances : František Kupka (1871-1957), *La Gamme jaune*, 1907, huile sur toile, 79x79 cm, Centre Pompidou.

L'anamorphose : le regard, acteur de l'œuvre

LIRE, ÉCRIRE



Phénomènes généraux de l'optique et applications : arc-en-ciel, vue sur verre, vers 1911 (inv. 0003.00555.24).

L'arc-en-ciel : mythes et légendes

Dans la Genèse, il représente l'entente entre Dieu et Noé après le déluge ; en Irlande, il indique l'emplacement d'un chaudron rempli d'or ; selon la mythologie africaine, c'est un serpent géant qui porte la malchance.

Noms et adjectifs de couleur

Nombreuses combinaisons lexicales [ajouter un adjectif : clair, foncé, etc., combiner 2 termes de couleur : bleu-vert, jaune-orangé, etc., ajouter un suffixe : verdâtre, bleuté, etc., ajouter un référent végétal, minéral, géographique, etc. : bleu pervenche, bleu saphir, bleu de Delft, etc.]

Des goûts et des couleurs

Les noms de couleurs empruntés au domaine des aliments : aubergine, prune, orange, marron, saumon, abricot, etc.

Les expressions « colorées »

Se faire des cheveux blancs, avoir des idées noires, être vert de jalousie, avoir le sang bleu, être blanc comme neige, voir la vie en rose, faire grise mine, avoir une peur bleue, en voir de toutes les couleurs, etc.

Voyelles

D'Arthur Rimbaud (1854-1891), écrit en 1871, et publié en 1883 dans la revue *Lutèce*.

Les couleurs dans la poésie de Charles Baudelaire (1821-1867) (*Les Fleurs du mal*, 1857)

La terre est bleue comme une orange, Paul Éluard (1895-1952) (*L'amour la poésie*, 1929)

Couleur et culture

Notre rapport à la couleur est étroitement lié à notre environnement culturel. Les Inuits, par exemple, n'ont qu'un mot pour désigner le rouge, mais plusieurs pour le blanc.

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES ET MÉMOIRE

BARRDAHL Myrto Ingrid, « Les couleurs dans Les Fleurs du mal de Baudelaire », mémoire, université de Göteborg (Norvège), 2016.

ITTEN Johannes, *Art de la couleur*, trad. par Sylvie Girard, Dessain & Tolra, 1981 [1961].

JACQUOT Muriel, FAGOT Philippe, VOILLEY Andrée, *La couleur des aliments, De la théorie à la pratique*, TEC & Doc, 2012.

LÉNA Pierre, QUÉRÉ Yves, SALVIAT Béatrice, *29 notions clés pour savourer et faire savourer la science*, Le Pommier, 2009.

PASTOUREAU Michel, *Le petit livre des couleurs*, Panama, 2005.

DOSSIERS PÉDAGOGIQUES

« La Couleur », dossier pédagogique, Centre Pompidou, 2011.

https://mediation.centrepompidou.fr/education/ressources/ENS-Cpmobile_cambrai/cpmobile_lacouleur_cambrai.pdf ?

« Jeux de lumière », dossier pédagogique, Cité des sciences et de l'industrie, 2014.

https://www.cite-sciences.fr/fileadmin/fileadmin_CSI/fichiers/vous-etes/enseignant/Documents-pedagogiques/_documents/Expositions-permanentes/Jeux-de-lumiere/Jeuxdelumiere-dossierenseignants-cycle3.pdf

« Lumière et image : optique, photographie et cinéma », dossier de l'enseignant, musée des Arts et métiers, 2018.

<https://www.arts-et-metiers.net/musee/dossier-de-lenseignant-lumiere-et-image-optique-photographie-et-cinema>.

WEBOGRAPHIE

Site de la Cité des sciences et l'industrie : <https://www.cite-sciences.fr/fr/ressources/expositions-passees/jeux-de-lumiere/approfondir-en-ligne>.

Site de la fondation La main à la pâte :

<https://fondation-lamap.org/documentation-scientifique/la-lumiere>

<https://fondation-lamap.org/sequence-d-activites/miroirs-et-reflexions>

<https://fondation-lamap.org/documentation-scientifique/en-voir-de-toutes-les-couleurs>

https://fondation-lamap.org/sites/default/files/sequence_pdf/on-en-voit-de-toutes-les-couleurs.pdf

https://fondation-lamap.org/sites/default/files/sequence_pdf/composer-des-couleurs-a-partir-de-matiere-ou-de-lumiere.pdf

<https://fondation-lamap.org/documentation-scientifique/l-arc-en-ciel>

<https://fondation-lamap.org/sequence-d-activites/la-theorie-de-l-arc-en-ciel-d-al-farisi>

<https://fondation-lamap.org/documentation-scientifique/l-oeil>

<https://fondation-lamap.org/sequence-d-activites/de-l-oeil-au-cerveau>

<https://fondation-lamap.org/dossier-prime-prix-lamap/la-couleur-des-aliments>

<https://fondation-lamap.org/documentation-scientifique/domestiquer-la-lumiere>

<https://fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/comm/defis/5-8%20ans%20Comment%20se%20CC%81parer%20%20les%20couleurs.pdf>

<https://fondation-lamap.org/defi/defis-sur-la-lumiere-ombres-et-couleurs>

<https://fondation-lamap.org/sequence-d-activites/composer-des-couleurs-a-partir-de-matiere-ou-de-lumiere>

<https://fondation-lamap.org/sequence-d-activites/les-couleurs-en-maternelle>».

Si vous avez des besoins spécifiques ou complémentaires en matière de ressources, n'hésitez pas à contacter le Service éducatif du Munaé.