

# Parcours « La couleur à l'œuvre »

## DOSSIER ENSEIGNANT

### SOMMAIRE

- **Descriptif et liens avec les programmes scolaires :** page 2
- **Préparation de la sortie :** page 3
- **Correction du parcours élève :** page 4
- **Compléments pour la classe avant et après la visite :** page 8
- **Quelques ressources documentaires :** page 11

## DESCRIPTIF ET LIENS AVEC LES PROGRAMMES SCOLAIRES

Ce parcours propose, à partir d'observations de plusieurs œuvres d'arts utilisées comme supports de situations-problèmes, de s'interroger sur les propriétés physiques et physiologiques de la couleur et de la lumière.

Il est en particulier adapté :

Au collège :

- Dans le cadre des E.P.I. (Enseignements pratiques interdisciplinaires) pour un projet autour des arts plastiques et des sciences, dans les thèmes « *Culture et création artistiques* » et « *Sciences, technologie et société* ».

Au lycée :

- Dans une séquence sur le thème « arts et sciences » dans les enseignements scientifiques d'exploration de seconde M.P.S. (méthodes et pratiques scientifiques) ou S.L. (sciences de laboratoire).
- Dans le cadre des programmes de physique chimie de première L, ES (partie *Représentation du monde*) de première S (partie *Couleur, vision et image*)
- Dans un projet T.P.E., dans les thèmes « *Structures* » (*arts et structures*), « *La mesure* » (*Mesure et arts ; peut-on tout mesurer ; mesures par les êtres vivants*), « *L'aléatoire, l'insolite, le prévisible* ».

## PREPARATION DE LA SORTIE

**Voici quelques éléments pour aider à préparer le programme de la journée ou demi-journée de visite au Palais et pour présenter le parcours de visite *La couleur à l'œuvre*.**

- L'itinéraire est conçu pour être traité en 45 minutes environ, et pour laisser à l'élève une certaine liberté de cheminement et de réflexion dans des espaces d'exposition proches et restreints: les deux premières zones de la salle Lumière (premier étage du Palais de la découverte) et les stands des illusions d'optique de l'espace Euréka, à proximité, dans les coursives du premier étage.
- Il peut être complété lors de la visite, avant ou après, par la médiation *Lumière sur les couleurs* proposée par le Palais de la découverte au fond de la Salle *Lumière*, réservable dans le cadre de l'inscription d'une visite de groupe au *bureau des groupes* : 01.56.43.20.25.
- Les œuvres picturales ont été choisies en tenant compte de la proximité des lieux où ces toiles sont exposées (Musée d'Orsay, Musée d'art moderne de la ville de Paris), de telle sorte qu'il peut être organisé par l'enseignant une visite jumelée le même jour du Palais de la découverte et d'un de ces musées, par exemple sur la thématique de la couleur.
- Le document élève, téléchargeable en pdf, est à éditer en couleur impérativement, en format livret, de manière à obtenir un petit carnet de 12 pages. Cela correspond en pratique à l'impression de trois feuilles A4 recto-verso.
- On pourra faire remarquer aux élèves que les couleurs observées sur ce document sont le résultat d'une série de reproductions qui depuis la photographie des œuvres jusqu'à la photocopie subissent des déformations et ne traduisent pas la réalité physique des couleurs des peintures des tableaux... la seule manière de profiter pleinement des subtilités des tableaux est d'aller admirer ces œuvres, seule manière de vérifier les rendus complexes des couches, vernis, reliefs des peintures, sous différentes incidences de lumière.
- On pourra inciter à prendre des photographies pour compléter le travail effectué puis éventuellement les collecter et les exploiter de retour en classe.

# CORRECTION DU PARCOURS ELEVE

## LA COULEUR, FILLE DE LA LUMIERE

Quelle est la couleur habituelle d'une meule de foin? **Jaune**

Comparez les couleurs des meules de foin des différentes toiles : **Les couleurs varient avec de nombreuses nuances subtiles selon les quatre tableaux**

### DES LUMIERES DIFFERENTES

**Reliez les propositions.**

La lumière du soleil ou d'une lampe de lumière blanche	■	■	est composée uniquement de radiations jaune-orangé.
La lumière d'une lampe recouverte d'un filtre rouge (en forme d'ampoule rouge)	■	■	est composée d'une infinité de radiations du rouge au violet.
La lumière d'une lampe jaune-orangé au sodium	■	■	est composée d'une infinité de radiations du rouge au vert.

De quoi sont composées les lumières émises par différentes sources ?

- De multiples radiations colorées**
- Des mêmes radiations colorées
- De radiations blanches
- Différemment suivant les sources**

### QUAND DES LUMIERES COLOREES SE SUPERPOSENT

Pour comprendre comment un mélange complexe de radiations peut être perçu d'une seule couleur, observez les trois spots bleu, rouge et vert de la première salle. Donnez les résultats de *synthèse additive des couleurs* :

La couleur	cyan	magenta	jaune	blanche
peut être obtenue en ajoutant des lumières de couleurs	<b>vert + bleu</b>	<b>rouge + bleu</b>	<b>rouge +vert</b>	<b>rouge + vert + bleu</b>

## DES COULEURS CHANGEANTES

Bouton 1 : Lumière blanche	Bouton 2 : Lumière jaune composée de radiations du rouge jusqu'au vert	Bouton 3 : Lumière jaune orangée « pure » (lampe à sodium)
Bleu	<b>Bleu assombri, légèrement vert</b>	<b>Très sombre</b>
Rouge	<b>Rouge</b>	<b>Très sombre</b>
Jaune	<b>Jaune</b>	<b>Jaune orangé</b>

Remarque : plusieurs réponses possibles, qui montrent le caractère subjectif de l'appréciation des couleurs. Une discussion peut être menée sur la persistance chez certaines personnes de l'observation de la couleur que l'on connaît de l'objet, dont on se rappelle (par exemple bleu alors que cette teinte n'est plus objectivement présente). En théorie un objet bleu éclairé en jaune devrait apparaître noir, mais à condition de se comporter comme un filtre bleu parfait. Une discussion peut être menée, lors de la correction, sur la différence entre les résultats théoriques énoncés ou expérimentés en cours avec des filtres très sélectifs, et la réalité plus complexe des objets colorés.

Le ruban de tissu jaune a-t-il toujours la même teinte selon les éclairages ? **Non, sa teinte varie selon l'éclairage.** Consultez les informations données par l'écran tactile. Les pigments qui colorent les peintures sont-ils ?

- Des émetteurs sélectifs de lumière
- Des transformateurs de lumière
- Des absorbeurs sélectifs de lumière**

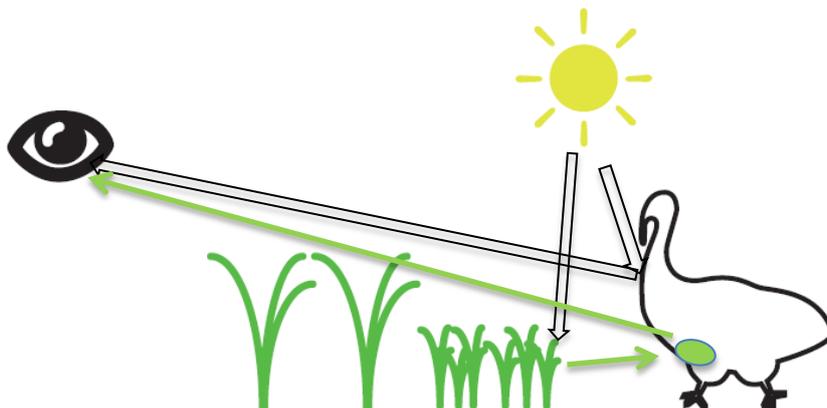
Le tissu jaune absorbe **les radiations bleues violettes** et renvoie **les autres radiations du turquoise au rouge**.  
Éclairé en lumière jaune-orangé, le tissu jaune renvoie **les radiations jaune-orangé**.  
Éclairé en lumière jaune, le ruban de tissu rouge renvoie **les radiations rouges**.  
Éclairé en lumière jaune-orangé pure, le ruban de tissu bleu **ne renvoie quasiment pas de lumière**.

En conclusion, la couleur perçue d'un objet correspond à la superposition des radiations colorées que l'objet **absorbe** et dépend donc de cet objet mais aussi **de la composition de la lumière** qui l'éclaire.

## LE CHEMIN DE LA LUMIERE JUSQU'À L'OEIL

Comment expliquer les teintes jaunes et verdâtres de certaines parties du plumage ? **Les herbes absorbent une partie de la lumière du soleil et diffusent de la lumière verte qui se reflète à son tour sur les plumages des dindons.**

Sur le schéma ci-dessous, fléchez le(s) trajet(s) de la lumière du soleil jusqu'à l'œil du peintre:



# LA COULEUR, UNE SENSATION

## DES COULEURS FANTOMES AUX COULEURS COMPLEMENTAIRES

Ressortez de l'espace Lumière. Rendez-vous maintenant dans l'espace Eureka et réalisez les expériences *Poisson vert et grenouille rouge*.

Qu'observez-vous après avoir longtemps fixé le poisson vert ? **Un poisson magenta**

Qu'observez-vous après avoir longtemps fixé la grenouille rouge ? **Une grenouille cyan**

Juste à côté, testez les curieuses expériences des couleurs fantômes complémentaires induites.

Quelle couleur perçoit-on quand on fait tourner rapidement

le disque rouge : **On perçoit des cercles bleu-cyan**

le disque bleu : **On perçoit des cercles jaune-orangé**

## COULEURS COMPLEMENTAIRES ET ŒIL HUMAIN

Pour comprendre ces curieux phénomènes, retournez dans l'exposition Lumière (« *La couleur : une sensation* ») :

Comparez les couleurs opposées de l'expérience des spots colorés avec celles du cercle chromatique de Chevreul: **On retrouve les mêmes paires de couleurs dans les parties opposées.**

Quelle est la couleur opposée au rouge dans l'expérience d'addition des couleurs ? **Le cyan (comme la couleur perçue dans l'expérience du poisson rouge ou du disque rouge).**

Quelles sont les couleurs perçues par les cellules en cônes C, M, et L ?

	Cônes C	Cônes M	Cônes L
Couleur dominante	<b>Bleu</b>	<b>Vert</b>	<b>Rouge</b>
Intervalle de longueurs d'ondes	<b>350 à 550 nm</b>	<b>450 à 650 nm</b>	<b>500 à 700 nm</b>

Quand on observe longtemps un objet rouge (comme la grenouille de l'expérience !), les cônes les plus sollicités sont ceux correspondant à la couleur **rouge**.

Les cônes les moins fatigués, sont les cônes **verts** et **bleus** qui réagissent davantage si on déplace le regard, et dont l'activité simultanée transmet au cerveau, selon les résultats de synthèse additive, la sensation de couleur **cyan**.

En conclusion, les couleurs complémentaires sont-elles des couleurs :

qui stimulent les mêmes cônes

qui sont éloignées l'une de l'autre dans l'arc-en-ciel

**qui stimulent des cônes différents**

Complète ce tableau des couleurs complémentaires :

Couleur	Rouge	Vert	Bleu
Couleur complémentaire	<b>Cyan</b>	<b>Magenta</b>	<b>Jaune</b>

## DES OMBRES COLOREES

*Dans de nombreuses toiles comme celle-ci, Monet teint les ombres en bleu-violet. Trouvez ces ombres bleutées.*

***Il s'agit des parties ombragées dans les zones à droite des deux meules (au sol et dans les parties supérieures des meules).***

A l'aide de ce que vous savez maintenant sur la perception des couleurs, proposez une explication de ces ombres perçues en bleu-violet par le peintre. *Indice : observez certaines teintes voisines du tableau...*

**La dominante de lumière jaune (qui stimule et fatigue les cônes sensibles au rouge et au vert), qui baigne la scène dans laquelle est plongé le peintre, induit dans les parties ombragées la vision de couleur bleu violet (les cônes bleus moins fatigués y sont plus réactifs que les deux autres types de cônes rétiniens).**

## JOUER AVEC LES SENSATIONS COLOREES

Quand Delaunay parle de couleurs « se développant dans le temps », il veut dire que :

- Les couleurs du tableau se dégradent au fil des années
- Les couleurs changent suivant l'éclairage
- Les couleurs sont perçues différemment en fonction des cellules de la rétine stimulées et de leur fatigue.**

Remarque : les peintures de Robert Delaunay sont de très grands formats que l'on peut admirer au Musée d'Art Moderne de la Ville de Paris ou au Musée d'Art Moderne G. Pompidou. Devant ces grandes toiles, l'œil du spectateur est littéralement immergé dans les couleurs, et l'invitation des formes circulaires à promener le regard au gré du hasard crée de cette observation déambulatoire une véritable expérimentation de la perception des couleurs.

# COMPLEMENTS POUR LA CLASSE : AVANT ET APRES LA VISITE

## LA COULEUR, FILLE DE LA LUMIERE

Quelques compléments et suggestions d'activités ou prolongements en classe :

Le début du questionnaire élèves (p.2) peut être abordé en classe avant la visite, en prenant les séries de tableaux de Monet comme situation-problème en point de départ du travail. On pourra aussi utiliser d'autres œuvres parmi les nombreuses séries de toiles sur *la cathédrale de Rouen* ou *les peupliers*, en les vidéo-projetant par exemple. On pourra se contenter d'une discussion orale avec les élèves où seront émises différentes hypothèses sur la variation des nuances de couleurs, leur nature, leur explication.

Voici également quelques citations de Claude Monet qui traduisent bien certaines de ses intentions dans ce travail sur les séries, et sur lesquelles l'enseignant peut s'appuyer pour enrichir une séquence :

*« ...je pioche beaucoup, je m'entête à une série d'effets différents (des meules), mais à cette époque, le soleil décline si vite que je ne peux le suivre... Je deviens d'une lenteur à travailler qui me désespère, mais plus je vais, plus je vois qu'il faut beaucoup travailler pour arriver à rendre ce que je cherche : l'instantanéité, surtout l'enveloppe, la même lumière répandue partout, et plus que jamais les choses faciles venues d'un jet me déçoivent. Enfin, je suis de plus en plus enragé du besoin de rendre ce que j'éprouve et fais des vœux pour vivre encore pas trop impotent, parce qu'il me semble que je ferai des progrès. »* (Lettre du 7 octobre 1890 de Monet à Gustave Geffroy).

*« Quand j'ai commencé, j'étais comme les autres ; je croyais qu'il suffisait de deux toiles, une pour « temps gris », une pour « soleil ». Je peignais alors des meules qui m'avaient frappé et qui faisaient un groupe magnifique, à deux pas d'ici ; un jour, je vois que mon éclairage a changé : je dis à ma belle-fille: « Allez donc à la maison, si vous voulez bien, et apportez-moi une autre toile ». Elle me l'apporte, mais peu après, c'est encore différent : une autre! encore une autre! Et je ne travaillais à chacune que quand j'avais mon effet, voilà tout. Ce n'est pas très difficile à comprendre. »* (Conversation avec le duc de Trévise qu'il reçoit dans son atelier de Giverny, 1920).

A propos du trajet de la lumière : Noter que le premier à avoir interprété de manière argumentée et à l'aide d'expériences scientifiques le phénomène de vision par le trajet de la lumière d'une source de lumière vers l'objet éclairé puis l'œil, en passant éventuellement par une source secondaire de diffusion ou réflexion, est le savant Alhazen (Ibn Al-Haytham), comme en témoigne son traité d'optique écrit entre 1015 et 1021.

Approfondissements et activités possibles en classe :

- Partir d'une question à l'ensemble de la classe « pourquoi à votre avis la lumière du jour n'est pas toujours identique et composée des mêmes rayons ? » pour faire émerger les problèmes suivants :
  - Rôle de l'atmosphère et des conditions climatiques.
  - Influence de l'inclinaison des rayons solaires suivant l'horaire et la localité.
  - Diffusion par l'environnement (atmosphère, sol, végétaux, objets entourant l'objet éclairé observé).

- Distinction entre « couleur en soi », couleur de l'objet sous un éclairage blanc plus ou moins neutre et « couleur locale », correspondant à la couleur perçue sous un certain éclairage plus ou moins coloré et traduisant le spectre de la lumière diffusée par l'objet sous cet éclairage.
- Activité en classe sur la couleur du soleil couchant ou levant.
- Expérience sur l'éclairage d'objets en lumière colorée. Prendre des fruits ou légumes colorés, par exemple des poivrons rouge, orange, vert.
  - Eclairés à l'aide d'un filtre bleu les poivrons rouge et orange apparaissent noirs ou gris sombres.
  - Eclairé à l'aide d'un filtre rouge, le poivron vert apparaît noir ou gris sombre.
  - Cependant, les élèves persistent souvent à « voir » la couleur connue de l'objet, et il peut être intéressant de faire l'expérience dans deux conditions différentes, avec et sans repérage préalable par les observateurs des couleurs des objets.
  - Ces petites expériences mettent en évidence le phénomène de *constance de couleur*, montrant cette tendance du système perceptif humain à attribuer une couleur propre à un objet en dépit des variations du spectre de la lumière (par exemple, l'herbe semble toujours verte pour un observateur non averti même dans des situations de pénombre ou d'éclairages colorés).
  - On peut donc souligner la subjectivité de notre perception des couleurs, et... le génie pionnier de peintres tels les impressionnistes à se concentrer sur leurs sensations visuelles et faire abstraction de leurs *a priori* sur les couleurs observées.
  - Eclairé en lumière rouge (avec un filtre sélectif) le poivron vert semble noir, tandis que les poivrons rouge et orange semblent quasiment de la même couleur rouge : phénomène de **métamérisme** suivant lequel deux objets de couleurs habituellement différentes peuvent paraître de la même couleur sous un certain éclairage (même couleur locale). Conséquences dans le travail de restauration d'œuvres d'arts : difficulté de retrouver une couleur identique à une peinture dégradée, et nécessité de recourir au pigment d'origine après analyse des pigments de l'œuvre.

## LA COULEUR UNE SENSATION

On pourra faire faire des recherches documentaires pour approfondir cette partie, sur les concepts de couleur complémentaire et de contraste simultané, sur le chimiste Eugène Chevreul et ses travaux, sur la naissance du pointillisme et du divisionnisme, sur les peintres Seurat, Signac, Delaunay...

Si l'utilisation empirique des couleurs complémentaires apparaît de manière empirique chez des peintres comme Delacroix avant les travaux de Chevreul (1786-1889), c'est ce chimiste, teinturier, directeur des teintures de la manufacture des Gobelins qui systématise leur étude par l'observation et l'expérimentation. C'est seulement au 20<sup>ème</sup> siècle que sera expliqué le rôle des cellules rétiniennes, en particulier des cônes.

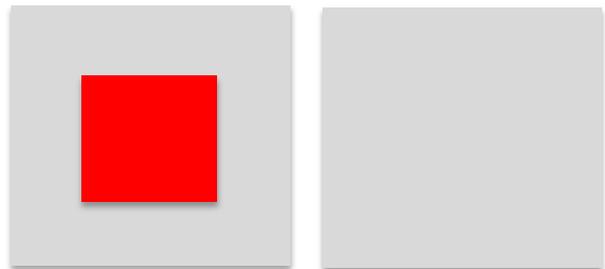
Chevreul énonce et développe la loi du **contraste simultané**, expliquant l'incidence de l'observation d'une couleur sur la perception de la couleur voisine dans l'espace ou le temps. Il affine avec une grande précision le cercle des couleurs complémentaires (voir photo p.11) et fait remarquer que lorsqu'on juxtapose deux couleurs complémentaires, leur perception est plus vive.

Ses observations ont une grande influence sur les peintres de la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, en particulier les impressionnistes et surtout les néo-impressionnistes Seurat et Signac qui fondent le divisionnisme à partir de ses travaux et de ceux d'Ogden Rood et de Charles Blanc.

Approfondissements et activités possibles en classe :

- Couleurs induites : on peut reproduire en classe de manière beaucoup plus spectaculaire l'expérience du *poisson vert ou de la grenouille rouge* à l'aide d'un vidéoprojecteur : préparer une diapositive avec un rectangle coloré (rouge par exemple) centré sur un fond gris clair puis une diapositive du même fond gris clair uniquement. Après avoir fait regarder les élèves le rectangle coloré de la première diapo fixement pendant une trentaine de seconde, on passe rapidement à la seconde diapo sur laquelle semble flotter un rectangle de la couleur complémentaire (par exemple cyan après le rectangle rouge). On peut reproduire l'expérience.

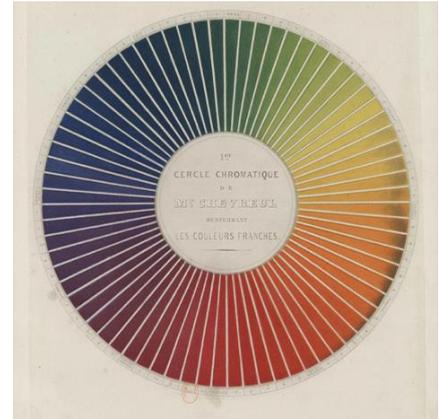
Exemples de diapositives à confectionner et à présenter successivement :



- Question aux élèves : pourquoi les salles et les blouses des personnels hospitaliers du bloc opératoire sont-elles de couleur cyan (ou couleur proche) ? Réponse : pour permettre au chirurgien et au personnel hospitalier de reposer leurs yeux, en particulier les cônes rétiniens sensibles au rouge.
- On peut aussi faire confectionner des petits et grands carrés de couleur en carton (rouge, vert, bleu, cyan, magenta, jaune et gris moyen) et faire expérimenter les élèves pour comparer la vivacité des couleurs de petits carrés selon le fond du grand carré, ou regarder les teintes que semblent prendre de petits carrés gris selon le fond coloré d'un grand carré sur lequel il est posé. Aux élèves d'établir de petits protocoles pour réaliser des expériences montrant l'influence des couleurs sur leurs couleurs voisines.
- Faire rechercher dans les publicités (affiches ou vidéos) l'usage des complémentaires (exemple : affiches anciennes et récentes pour Orangina®).

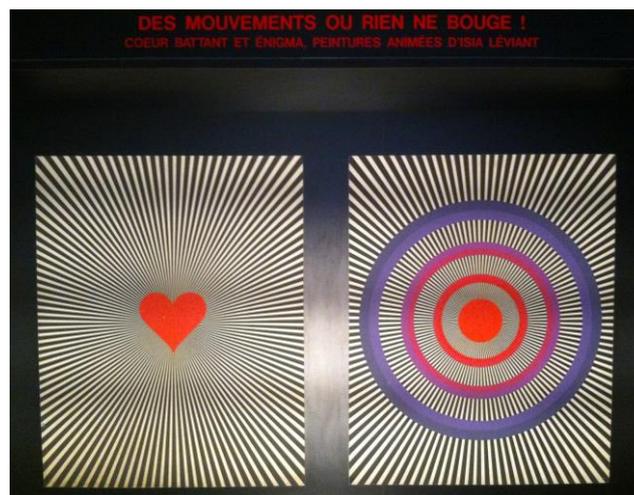
- Faire rechercher ou étudier d'autres artistes ayant utilisé intentionnellement les couleurs complémentaires (Van Gogh et l'usage des bleu-violet et jaune-orangé; plus récemment l'artiste contemporain Dan Flavin et ses installations lumineuses de néons colorés, etc....). Travailler éventuellement avec le professeur d'arts plastiques de l'établissement.

- Faire remarquer que les couleurs complémentaires des couleurs primaires lumières rouge, vert et bleu sont les trois couleurs primaires peintures cyan (improprement appelé bleu primaire), magenta (improprement appelé rouge primaire) et jaune. Revenir sur les distinctions entre synthèse additive et soustractive et faire le lien avec les tableaux de couleurs complémentaires.



- Faire retrouver la place des six couleurs rouge, vert, bleu, magenta, cyan, jaune sur le cercle des couleurs complémentaires de Chevreul ci-contre.

- On pourra aussi évoquer les expérimentations récentes autour de la perception lumineuse, menées par les artistes du mouvement Art cinétique (exemple Victor Vasarely, Julio Le Parc) qui mettent en évidence de nombreux phénomènes perceptifs que l'on ne sait pas encore forcément expliquer, comme ceux procurés par les œuvres suivantes, Cœur battant et Enigma, de l'artiste Isia Leviant (1914-2006) visibles dans la zone Explora du Palais de la découverte :



#### Quelques ressources documentaires :

- *La couleur dans tous ses états*, Bernard Valeur (Belin, Pour La science).
- *La couleur*, Maurice Dériberé (P.U.F., collection Que sais-je).
- *La couleur. Lumière, vision et matériaux*, Mady Elias et Jacques Lafait (Belin, collection Echelles).
- *Couleur, optique et perception*, Moritz Zwimpfer (Dessain et Tolra). Malheureusement épuisé.
- Vidéos de la collection Palettes (Arte) : *La Couleur de l'instant « la série des bassins aux nymphéas » de Monet* (<http://boutique.arte.tv/f87-palettesmonet>); *L'utopie orange vert pourpre « Un dimanche à la Grande Jatte » de Georges Seurat*
- Logiciel gratuit *Chroma* de Serge Lagier (<http://www.sciences-edu.net/physique/chroma/chroma.htm>).