

Physique - Optique

Les couleurs

**Séquence de cours de 10-11èmes années Harmos, au
Secondaire I :**

**Analyse didactique et création de documents d'activités,
fiches de synthèse théorique et exercices d'évaluation.**

**DAES 1 - Didactique des sciences naturelles - Bachelor
Université de Fribourg, Suisse**

**Carrupt Alexia
Ikikardes Ömer
Mermoud Gaël
Rothen Julie**

**Semestre de Printemps 2018
23 mai 2018**

Dirigé par Prof. Sanchez Eric



Sommaire

Résumé du dossier	3
Introduction	4
1.1 Transposition didactique	4
1.1.1 Un savoir savant	5
1.1.2 Un savoir transposé	7
1.1.3 Place dans le PER et objectifs d'apprentissage:	8
1.2 Notions prérequis	9
2. Synopsis détaillé de la séquence et instructions pour les enseignants	10
2.1 Activité 2: Le modèle trichromique et la synthèse additive	10
2.2 Activité 3 : qu'est-ce qu'un filtre ?	13
2.3 Activité 4 : La couleur des objets	15
3. Documents	19
4. Argumentation scientifique	67
4.1. Les conceptions des élèves et les situations-problèmes	67
4.1.1 Définitions	67
4.1.2 La prise en compte des conceptions des élèves dans notre séquence	70
4.2. Modélisation	71
4.2.1 Définition	71
4.2.2 La modélisation dans notre séquence	71
4.3 Démarche expérimentale	73
4.3.1 Définition	73
4.3.2 La démarche expérimentale dans notre séquence	73
5. Conclusion	75
6. Bibliographie	76

Résumé du dossier

Ce dossier présente la planification d'une séquence de cours sur la thématique des couleurs. Elle s'articule en trois activités prenant la forme d'une démarche de résolution de problème. L'objectif mis en évidence tout au long de cette séquence est la distinction entre la couleur "lumière" et la couleur "matière".

Dans la première partie de ce dossier, le contexte théorique du cours (le savoir savant) est introduit ainsi que les objectifs visés pour l'apprentissage. Puis, un synopsis détaillé de notre séquence est présenté. Il comprend un résumé du déroulement de chaque activité et des étapes d'institutionnalisation, ainsi que des indications concernant leur mise en oeuvre. Les indications relatives au matériel nécessaire à la réalisation des activités, ainsi que les objectifs généraux et spécifiques visés à chaque étape sont également précisés.

La troisième partie du dossier comprend tous les documents utilisables en classe : les fiches d'activités, une fiche d'évaluation proposant des exercices permettant de vérifier l'acquisition de connaissances, ainsi que les fiches de synthèse. Ces dernières présentent un résumé des notions que les élèves doivent connaître, sont utilisées lors de la phase d'institutionnalisation et constituent le support théorique lorsque les élèves révisent leur cours. Enfin, dans la dernière partie du dossier, notre planification fait l'objet d'une argumentation scientifique afin de justifier nos choix didactiques.

1. Introduction

Comme nous allons le détailler dans le chapitre 4, les conceptions erronées des élèves au sujet de la lumière et des couleurs sont nombreuses. Certaines sont particulièrement ancrées dans les esprits et rendent la progression des apprentissages impossible. L'un des obstacles fondamentaux de la thématique est la distinction entre la couleur "lumière" et la couleur "matière". Cette distinction est cruciale dans le processus de compréhension du phénomène de perception des couleurs. C'est pourquoi nous avons jugé intéressant de construire notre séquence de cours autour de cet objectif-obstacle (Martinand, 1989) de manière à ce qu'elle prenne la forme d'une démarche de résolution de problème.

Notre séquence comporte trois activités, dont chacune vise une étape dans le processus de compréhension de la thématique. Le schéma d'apprentissage dans les différentes activités est presque toujours de la forme suivante : formulation d'hypothèses basées sur les conceptions → observations contraires aux attentes → formulation de nouvelles hypothèses. Ainsi, la matière n'est pas exposée par l'enseignant: le cours est construit de façon à ce que les élèves viennent à découvrir petit à petit et par eux-mêmes les notions de synthèses additive et soustractive et que la distinction entre couleur "lumière" et couleur "matière" devienne apparente. Les questions sont formulées de manière à les orienter sur cette piste. Le cours débute par un conflit cognitif (Perret-Clermont, 1979) chez les élèves lorsque les observations ne concordent pas avec leurs attentes. Les élèves prennent note de leurs observations puis le cours se poursuit par une exploration de la portée de ces dernières à l'aide d'outils de modélisation. La troisième activité vise à faire découvrir le principe du filtre, toujours par le biais d'observations et de formulation hypothèses. La dernière activité a pour but d'offrir un moyen aux élèves de réaliser les similitudes entre les objets, les filtres et les pigments de la peinture. La découverte pourra alors être cristallisée lors d'une institutionnalisation finale (Brousseau, 1998).

1.1 Transposition didactique

La transposition didactique est un ensemble de moyen qui va permettre de transformer un savoir savant ou institutionnalisé en un savoir enseignable. De manière équivalente, Yves Chevallard (1985, 1991) définit la transposition didactique comme "*le travail qui d'un objet de savoir à enseigner en fait un objet d'enseignement*". Cette définition, aussi développée par Verret (1975) implique le processus (non exhaustif) suivant :

Décontextualisation et recontextualisation du savoir : Circonstances dans lesquelles le savoir a été produit n'est pas pris en compte et le savoir à introduire est rattaché à une situation d'apprentissage ou à un nouveau problème adapté à un contexte scolaire.

Dépersonnalisation : Volonté de séparer le travail d'un savant de lui-même pour représenter le savoir indépendamment de son producteur.

Désyncrétisation : Il s'agit de la division et de la délimitation du savoir.

Axiologisation. Sélection du savoir selon sa pertinence, son utilité et sa « valeur » à des fins éducatives.

Programmation : Il s'agit de l'ordre de la présentation du savoir dans l'enseignement et l'ordre de son apprentissage.

Enfin, cet ensemble de processus peut entraîner une **dogmatisation** du savoir, la rendant immuable, décontextualisé et détaché de l'interdisciplinarité.

1.1.1 Un savoir savant

Nous nous fondons sur le manuel de physique de Joseph Kane et Sternheim (1989) et du livre d'André Brahic et Isabelle Grenier (2008), *Les lumières d'étoiles*.

La lumière, deux modèles

La lumière peut être interprétée de deux manières différentes.

D'une part, elle est considérée comme une particule élémentaire, appelée photon, faisant partie de la famille des leptons et ne possédant théoriquement pas de masse.

D'autre part, on dit que la lumière possède un comportement ondulatoire : elle est considérée comme une onde électromagnétique car celle-ci est le résultat d'un champ électrique couplé à un champ magnétique sur deux plans.

Ces deux conceptions sont issues d'un principe fondamental en physique quantique appelé principe de dualité onde-corpuscule, un principe selon lequel la lumière peut être interprétée de ces deux manières différentes; la lumière serait à la fois onde et particule. C'est en 1924 que Niels Bohr explique par le principe de complémentarité que tout objet quantique ne peut être observé simultanément sur les deux plans. C'est le cas de la lumière. La célèbre expérience des fentes de Young permet de l'illustrer. De manière plus concise, les modèles ondulatoires et corpusculaires sont les deux modèles que les scientifiques utilisent pour interpréter la lumière.

Le spectre

La lumière, si elle est émise selon une fréquence d'onde, puisqu'il s'agit d'une onde électromagnétique, adopte une couleur particulière, parfois non visible par l'œil humain à des fréquences extrêmes. À chaque fréquence correspond une certaine couleur que l'on appelle couleur monochromatique.

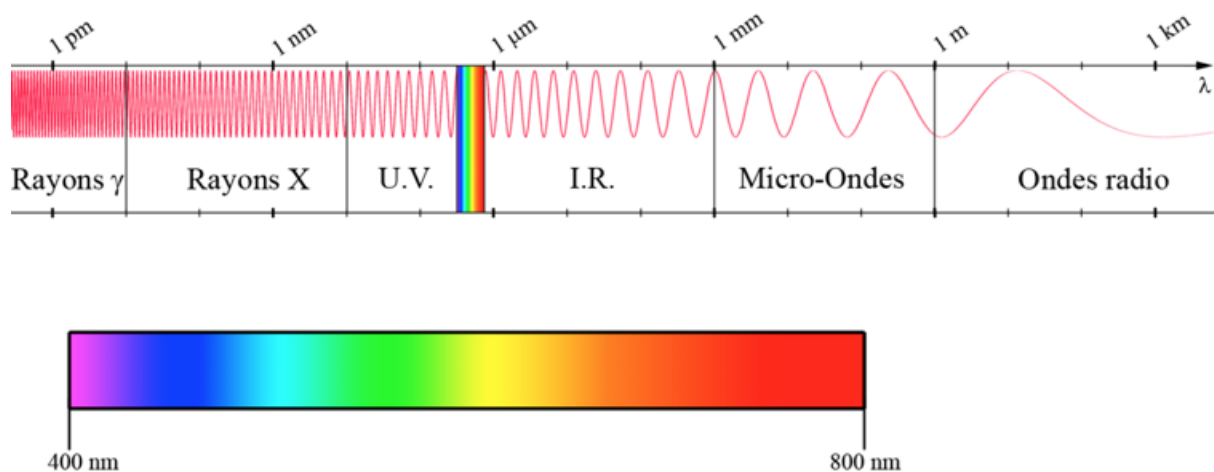
Les basses fréquences sont de couleurs bleues tandis que les hautes fréquences sont de couleurs rouges. La décomposition de la lumière blanche permet d'obtenir toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. On dit que la lumière blanche possède un **spectre continu** par le fait que l'on passe d'un couleur à l'autre en permanence en changeant graduellement de nuance.

Le spectre d'**émission** et d'**absorption** d'un élément chimique sont les spectres de fréquences de rayonnements électromagnétiques (lumière) émis et absorbés dus à un changement d'état d'excitation d'un électron de l'élément en question.

Pour passer d'un état fondamental à un niveau supérieur ou en changeant de couche électronique si l'on se réfère au modèle de Bohr, l'électron absorbe un photon qui lui apporte l'énergie nécessaire pour changer d'état. C'est un phénomène que l'on observe lorsque de la lumière traverse un milieu matériel, les éléments chimiques de ce milieu absorbant certaines longueurs d'onde. L'ensemble de ces fréquences d'ondes absorbées correspond au spectre d'absorption de l'élément et l'absorption dépend de la composition atomique de la matière et d'autres facteurs.

En repassant à un son état fondamental, il réémet cette énergie sous forme de photons. L'ensemble de ces fréquences d'ondes émises correspond au spectre émission de l'élément. La fréquence de l'onde émise dépend de l'énergie de transition.

Il existe plusieurs états d'excitation possibles pour un élément et donc plusieurs transitions possibles pour ce même élément. Ainsi un élément peut absorber ou émettre plusieurs rais (lumière monochromatique) correspondant à une certaine fréquence d'onde. Les spectres d'absorption et d'émission sont complémentaires : si on les superpose, on obtient le spectre continu.



Source : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spektre_%C3%A9lectromagn%C3%A9tique.png

1.1.2 Un savoir transposé

Dépersonnalisation : Le savoir à enseigner, tel qu'il apparaîtra dans nos activités, ne fait pas référence à des expériences ou à des observations précises, ni à des scientifiques. C'est un travail qui est nécessaire afin d'effacer les erreurs et les réflexions inutiles pour rendre le savoir enseignable. Nous ne ferons en aucun cas références à des noms comme Planck, Young, Newton, Einstein, Bohr etc... Les élèves vont être amenés à découvrir les savoirs liés à la lumière et à la couleur par eux-mêmes à l'aide de nos activités.

Décontextualisation et recontextualisation : Les savoirs liés aux concepts de lumière et de couleur que nous avons évoqués plus haut vont ainsi être décontextualisés. La lumière ne sera pas considérée comme une particule (photon), non plus comme une onde électromagnétique car tous les savoirs liés aux ondes ne sont plus traités en mathématiques (trigonométrie) dans le PER. En conséquence, le terme de «spectre» ne sera également pas utilisé pour parler de couleur. L'énergie, telle qu'elle est définie à ce niveau d'enseignement, c'est-à-dire comme étant synonyme de chaleur, ne peut en aucun cas être mise en parallèle avec la notion de couleur. En contrepartie, le savoir que nous allons introduire sera recontextualisé. Nous changeons l'origine du problème en passant de la question " Quelle est l'origine de la couleur ?" à "Quelles sont les différences dans le mélange de couleurs?"

Nous parlerons donc de synthèse additive, de synthèse soustractive (mais aussi de filtres et de couleurs d'objets) à la place de spectre d'émission et d'absorption qui sont tout à fait représentatifs de ces modèles savants à un niveau scolaire. Ainsi, la transposition s'opère ici par le choix des modèles. Nous nous concentrons donc sur ce qui est apparent aux yeux de l'apprenant au lieu de se focaliser sur la nature électromagnétique de la couleur. Enfin, le rayon sera le principal modèle qui sera utilisé pour représenter la lumière et sa trajectoire rectiligne.

L'expérimentation et la modélisation principalement seront des supports qui vont aider à transposer le savoir.

Désyncrétisation : Comme nous l'avons dit, il s'agit de la division et de la délimitation du savoir. On distingue ainsi notre séquence de physique du cours d'arts visuels en marquant les différences. Nous développerons cette partie dans les cadres de rationalités.

Axiologisation : Nous ne reprenons pas toutes les notions de la physique afin de transmettre les valeurs principales qui sont nécessaires à des fins éducatives. Les raisons qui nous amène à enseigner ce cours d'optique sur les couleurs, est la compréhension du monde des couleurs. La pertinence et les finalités des objectifs sont décrites dans le prochain paragraphe.

Programmation : L'ordre des thématiques est la suivante : synthèse soustractive, synthèse additive, couleur des objets sous une lumière colorée, couleur des objets à travers un filtre. L'ordre est choisi en fonction de la complexité des thématiques. En effet, les activités sur la couleur perçue d'un objet demande des capacités de réflexion plus importantes que pour la

synthèse additive et soustractive. Les savoirs se construisant sur d'autres savoirs, il est ainsi primordial de commencer par les différents types de mélange de couleurs pour passer à un niveau plus complexe. Nous détaillons l'ordre de la séquence dans "Synopsis détaillé de la séquence et instructions pour les enseignants.

1.1.3 Place dans le PER et objectifs d'apprentissage:

La thématique que nous avons choisie est traitée selon le Plan d'étude romand entre la 10ème et la 11ème année Harmos et s'inscrit dans l'objectif général MSN 36 : *analyser des phénomènes naturels et des technologies à l'aide de démarches caractéristiques des sciences expérimentales en utilisant un modèle pour expliquer et/ou prévoir un phénomène naturel ou le fonctionnement d'un objet technique.*

Le PER¹ prévoit pour la séquence sélectionnée le développement de la compétence générale suivante: *"l'élève est capable d'interpréter la couleur perçue d'un objet à l'aide du modèle trichromique en établissant des liens avec l'arc-en-ciel et les mélanges de couleurs en peinture".*

Pour ce faire, le PER donne pour indication pédagogique que *l'élève expérimente lui-même la part objective et la part subjective de ce qu'il perçoit de la couleur d'un objet et qu'il soit ainsi amené à différencier clairement la réalité physique de la représentation mentale (la couleur comme propriété de l'objet et les mélanges de pigments en peinture) qu'il se fait de la situation.*

Afin de respecter les prescriptions, nous avons premièrement défini les objectifs spécifiques de la séquence traitée et nous les avons exprimés en termes de compétences.

Objectifs spécifiques pour la séquence *Modèle trichromique - synthèse additive - synthèse soustractive - filtres - lumières colorées* :

A l'issue de la séquence, l'élève est capable de/d' :

- ... faire la distinction entre source primaire et secondaire de lumière et d'utiliser cette notion pour déterminer si la couleur perçue a été obtenue par synthèse additive ou par synthèse soustractive.
- ... définir et nommer ce que sont les couleurs primaires et complémentaires pour les deux types de synthèses et prévoir les couleurs qui seront perçues en fonction de la configuration.
- ... expliquer à l'aide d'un exemple (par ex: pixels d'ordinateurs) ce que signifie synthèse additive.
- ... modéliser les observations de la synthèse additive et soustractive sous forme d'un diagramme de Venn
- ... utiliser des logiciels de modélisation pour émettre des hypothèses sur les synthèses additive et soustractive
- ... prévoir la couleur perçue d'un objet en fonction de la couleur d'une lumière et des filtres utilisés (synthèse soustractive) et coder le phénomène
- modéliser l'effet d'un filtre sur une lumière colorée à l'aide des codes propres à l'optique

¹ Plan d'étude romand pour l'enseignement des sciences naturelles en 11ème année Harmos (https://www.plandetudes.ch/web/guest/MSN_36/)

- ... prévoir la couleur perçue d'un objet en fonction des lumières colorées et coder le phénomène
- ... modéliser l'effet de la lumière colorée sur un objet et en déduire la couleur perçue

1.2 Notions prérequis

Le traitement de la séquence choisie nécessite de la part des élèves certaines notions prérequis au sujet de la lumière. Ces dernières auront dans l'idéal été abordées lors d'une double séance précédente. Ainsi, au début de la séquence de cours présentée dans ce dossier, les élèves auront été introduits sur les notions suivantes:

- La lumière est émise par certains objets, diffusée ou absorbée par d'autres. Elle se propage de manière rectiligne.
- Il existe des sources primaires et secondaires de lumière.
- On ne voit pas la trajectoire de la lumière mais les objets qu'elle éclaire.
- La lumière blanche est composée d'un ensemble de couleurs.

Les élèves auront découvert ces différentes notions lors d'expériences mettant à l'épreuve leurs représentations erronées. Ils se rendront notamment compte avec l'expérience de projection de lumière à travers de la buée ou de la fumée, que l'on ne voit pas directement la lumière, mais uniquement les objets qui sont éclairés. Un élément probablement surprenant est de découvrir par l'expérience du prisme que la lumière blanche est composée de toutes les couleurs. Ils seront ainsi capables d'expliquer un phénomène qui leur est familier : l'arc-en-ciel. Pour notre séquence, le défi principal est qu'ils développent une compréhension du phénomène de la perception de la couleur des objets.

2. Synopsis détaillé de la séquence et instructions pour les enseignants

Comme notre séquence est prévue à la suite d'un premier chapitre d'introduction sur la lumière, nous ouvrons donc notre cours par le chapitre 2 et par l'activité 2.

Ce chapitre comprend les différents objectifs généraux et spécifiques des séquences, le matériel requis pour les différentes activités, leur déroulement, ainsi que des instructions particulières à l'attention des enseignants.

2.1 Activité 2: Le modèle trichromique et la synthèse additive

Objectif général : il y a une distinction entre la couleur "matière" (peinture) et la couleur "lumière"

Activité 2.1 (10 min)

Matériel:

- De la peinture, des pinceaux, du papier
- Journaux de protection
- Gobelet d'eau
- Palettes, assiettes ou berlingots découpés en 2 (support pour la peinture)

Déroulement :

- a) Par groupes, les élèves font des mélanges de couleurs. Ceci permet de rappeler ce qu'ils ont appris en arts visuels (couleurs primaires, couleurs obtenues par des mélanges,...). Cette première phase d'activité constitue donc une phase de repêchage de connaissances, essentielles pour appréhender la thématique.

Indications pour l'enseignant:

L'enseignant met à disposition des tubes de peinture en veillant à ce que ces derniers portent l'indication des noms précis de couleurs qui seront abordées en classe, entre autres, cyan et magenta. Il est important, dès le début d'utiliser ces termes. Lors de l'activité, il observe les connaissances des élèves en matière de mélange de couleurs.

Activité 2.2 (10 min)

Objectifs spécifiques à l'activité:

L'élève est capable de:

- prédire la couleur perçue en fonction des mélanges de couleurs RVB
- déterminer de quelle lumière colorée élémentaire est constituée une lumière CMJ

- déterminer que de la lumière blanche peut être obtenue grâce à 3 couleurs RVB

Matériel:

- Les mélanges de couleurs de la première partie d'activité
- Trois lampes de couleurs RVB
- Un écran blanc

Déroulement:

- a) L'enseignant installe le dispositif à la vue des élèves.
- b) Individuellement, les élèves remplissent un tableau avec leurs prédictions concernant les couleurs obtenues en superposant différentes lumières. On peut s'attendre à ce qu'ils appliquent leurs prédictions à ce qu'ils connaissent de la peinture et de ce qu'il viennent d'observer en début d'activité. Cette étape constitue une phase d'émission d'hypothèses.
- b) Manipulation de lampes par les élèves ou démonstration par l'enseignant des couleurs obtenues par superposition de lumières colorées. Le résultat surprendra les élèves et sera source d'un conflit cognitif.
- c) Les élèves reportent leurs observations dans le tableau de manière à souligner le conflit avec leurs prédictions. Puis ils répondent à des questions permettant de mettre en évidence la différence de nature (matière puis lumière) des couleurs observées. Une autre question permet de mettre en évidence que le mélange des trois couleurs donne de la lumière blanche (modèle trichromique).
- d) Sur la base de leurs observations, les élèves présentent sous forme de diagramme de Venn la synthèse additive. Cette étape permet d'entraîner la modélisation simple à partir d'observations,
- e) Mise en commun de manière interactive: l'enseignant interroge les élèves et oriente ses questions.

Indications pour l'enseignant:

Afin de présenter le dispositif aux élèves, l'enseignant peut allumer un seul des projecteurs. Ainsi, les élèves pourront se faire une idée de la manière dont ils observeront la projection de lumière sur l'écran. Selon le matériel et le temps disponibles, l'enseignant fera lui-même la démonstration, ou bien les élèves manipulent eux-même le ou les dispositif(s). Les questions posées à la suite du tableau peuvent être difficiles, l'enseignant veillera à orienter les élèves à l'aide du dispositif et en leur posant des questions intermédiaires.

Activité 2.3 (20 min)**Objectifs spécifiques à l'activité:**

L'élève est capable de:

- déduire à l'aide d'un logiciel de modélisation les règles de la synthèse additive

- expliquer la cause de la présence des trois couleurs RVB dans les pixels en mobilisant les notions apprises précédemment

Matériel:

- Quelques ordinateurs avec un accès internet
- Quelques microscopes
- Logiciel disponible en ligne sur le portail PCCL (Physique chimie collège lycée) ²

Déroulement:

- a) Un problème est posé par l'enseignant: si l'on obtient du blanc (donc la totalité des couleurs) en superposant les lumières R, V et B, comment obtient-on une couleur en particulier ?
- b) Par groupe hétérogènes de 3 ou 4, les élèves émettent des hypothèses.
- c) Le test des hypothèses se fait, toujours par groupes, grâce à un logiciel de modélisation de la synthèse additive offrant la possibilité de varier les intensités de chaque projecteur. Par leurs manipulations, les élèves sont capables de déduire que les différentes couleurs sont obtenues par un jeu de dosage des trois couleurs élémentaires.
- d) Mise en commun en projetant le logiciel sur grand écran.
- e) Les élèves observent par groupe des écrans de smartphones au microscope puis ils mobilisent les notions découvertes précédemment pour expliquer leurs observations.
- f) Institutionnalisation (cf. ci-dessous).

Indications pour l'enseignant:

Le logiciel étant simple d'utilisation, les élèves peuvent faire leurs manipulations sans trop d'indications de la part de l'enseignant. En revanche, selon l'expérience des élèves, il sera nécessaire de les assister lors des réglages pour l'observation au microscope. Selon le matériel et le temps disponibles, l'enseignant peut également préparer lui-même le dispositif et les élèves observent l'écran de smartphone l'un après l'autre.

Institutionnalisation activité 2 (10 min)

Une première institutionnalisation se fait à la fin de l'activité 2 de manière frontale par l'enseignant. Partant de l'observation des écrans de smartphone, elle doit porter uniquement sur les objectifs visés par l'activité et doit introduire les notions de modèle trichromique et de synthèse additive. Il est intéressant de faire également un lien avec les causes biologiques du modèle trichromique (cônes et bâtonnets de l'oeil, daltonisme). L'institutionnalisation peut se faire à l'aide d'une présentation Powerpoint concise et/ou d'un documentaire vidéo, puis les fiches de synthèse sont distribuées pour être lues à la maison et pour servir de support théorique lors des révisions en vue de l'examen.

² http://www.pccl.fr/physique_chimie_college_lycee/quatrieme/optique/synthese_additive.htm

2.2 Activité 3 : qu'est-ce qu'un filtre ?

Objectif général : La lumière colorée projetée est modifiée lorsqu'elle traverse un filtre coloré.

Activité 3.1 (20 min)

Objectifs spécifiques à l'activité:

L'élève est capable de:

- Formuler une hypothèse sur la couleur d'un faisceau lumineux vu à travers un ou plusieurs filtre(s) coloré(s)
- Modéliser l'action d'un ou plusieurs filtre(s) coloré(s) sur une lumière blanche ou colorée
- Énoncer le rôle d'un filtre coloré

Matériel:

- 1 écran blanc
- 3 projecteurs de lumière blanche
- 3 filtres rouge, vert et bleu

Déroulement :

- a) En plénum, l'enseignant effectue un rappel du dernier cours (composition RVB de la lumière blanche) et présente la modélisation utilisée pour la synthèse additive.
- b) L'enseignant présente le dispositif à la classe (enlever un filtre, montrer qu'on a bien de la lumière blanche avant le filtre, remettre le filtre), puis demande aux élèves individuellement d'émettre leurs hypothèses, puis discussion rapide par banc.
- c) L'enseignant allume un projecteur après l'autre (en éteignant le précédent à chaque fois) et fait noter aux élèves les observations et leur demande d'émettre par deux une hypothèse sur le rôle du filtre.
- d) Mise en commun en choisissant des groupes donnant une explication contradictoire.
- e) Après avoir formé des groupes hétérogènes de 3-4 élèves, l'enseignant demande aux élèves de modéliser l'effet du filtre (question 3).
- f) Mise en commun par projection de 3 travaux différents et comportant de bons éléments. Correction.
- g) L'enseignant relance le travail de groupe pour effectuer le dernier exercice.
- h) L'enseignant ouvre la discussion puis donne la solution experte.

Indications pour l'enseignant:

Erreur possible : un filtre coloré ne laisse pas passer sa couleur (peut-être parce qu'on le voit justement de cette couleur donc il absorberait)

Lors de travaux de groupe, passer dans les bancs pour observer le travail effectué, ne pas répondre aux questions (sauf incompréhension de la consigne) afin d'assurer la dévolution. Avertir brièvement les élèves qui seront amenés à présenter leur travaux

Activité 3.2 (10 min)**Objectifs spécifiques à l'activité:**

L'élève est capable de:

- Déduire par l'expérimentation l'effet de la superposition de plusieurs filtres
- Dessiner le diagramme de Venn de la synthèse soustractive

Matériel:

- Une lampe diffusant de la lumière blanche par groupe
- Un set de 3 filtres (CMJ) par groupe

Déroulement:

- a) L'enseignant explique le déroulement de l'activité, puis forme des groupes hétérogènes de 3-4 élèves puis leur distribue le matériel nécessaire et laisse aux élèves un temps d'expérimentation.
- b) Mise en commun par un groupe choisi par l'enseignant avec expérimentation au tableau.

Indications pour l'enseignant:

Plusieurs possibilités sont à prévoir selon l'agencement de CMJ dans le diagramme de Venn.

Activité 3.3 (15 min)**Objectifs spécifiques à l'activité:**

L'élève est capable de:

- Comparer les synthèses additive et soustractive par l'utilisation d'une application

Matériel:

- 1 ordinateur par groupe

(http://www.ostralo.net/3_animations/swf/synthese_couleurs.swf)

Déroulement:

- a) L'enseignant présente les manipulations à effectuer pour arriver sur l'application.
- b) Il distribue un ordinateur par banc et laisse les élèves travailler et répondre aux questions.
- c) La correction se fera directement par l'enseignant en guise d'institutionnalisation.

Indications pour l'enseignant:

Cette activité fait office d'institutionnalisation. Il est important de distinguer les deux synthèses en présentant clairement leurs utilisations différentes.

2.3 Activité 4 : La couleur des objets

Objectif général : la couleur d'un objet peut être modifiée si on le voit sous une lumière colorée

Introduction (15 min)

- 1) Question de départ: pourquoi perçoit-on des objets de différentes couleurs? ou Un objet a-t-il toujours la même couleur? Les élèves formulent une hypothèse. Ensuite ils confrontent leurs idées avec une vidéo qui provoque un conflit par rapport à ce qu'ils pensaient.
- 2) L'enseignant présente la théorie, le principe d'absorption et de réfraction. Que se passe-t-il lorsqu'on regarde avec une lumière colorée?

Activité 4.1 (10 min)**Objectif spécifique à l'activité:**

L'élève est capable de:

Formuler une hypothèse sur les couleurs des objets vus sous une lumière colorée

Matériel:

- Objets de couleurs différentes (rouge, cyan et jaune)
- 3 lumières colorées (magenta, vert, bleu)

Déroulement :

- a) L'activité 4.1 avec les objets, a comme objectif la représentation de la couleur sous forme de schéma et de leur faire déduire progressivement que les objets se comportent comme des filtres.
- b) L'enseignant entrepose des objets de couleurs rouge, cyan et jaune et des dispositifs émettant des lumières colorées (magenta, vert et bleu) sur une table. L'association des objets et des lumières colorées est: rouge-magenta, cyan-vert, jaune-bleu.
- c) L'enseignant forme des groupes hétérogènes de 3 ou 4 personnes.
- d) Puis les élèves se rassemblent autour de la table où sont entreposés les objets et remplissent les deux premières colonnes du tableau (couleur de l'objet et couleur de la lumière colorée). Les groupes retournent à leur place et commencent à formuler leurs hypothèses (troisième colonne).

- e) Puis les élèves sont autorisés à récupérer les objets pour qu'ils procèdent à leur manipulation. Ils notent ce qu'ils ont observé dans la quatrième colonne.
- f) Ce procédé est répété 3 fois

Indications pour l'enseignant:

Les objets de couleurs à utiliser ne sont pas définis, la liberté est laissée à l'enseignant de prendre ce qu'il a à disposition, mais l'association est prévue pour qu'un résultat soit observé.

Difficultés:

- ne pas faire les liens pour arriver à poser une hypothèse
- ne plus savoir ce que sont les synthèses additives et soustractives

Erreurs possibles

- poser une hypothèse fautive, mais cette erreur est voulue et provoquera le conflit attendu
- ne pas faire le lien avec la synthèse soustractive vue dans le précédent chapitre et répondre "la synthèse additive"
- ne pas déduire que la réflexion de la lumière colorée sur un objet fonctionne comme un filtre

Relances:

- l'enseignant fait le test devant la classe en modélisant le phénomène
- renvoie au schéma de réflexion revu en théorie au début du cours
- utilise la modélisation avec l'ordinateur où l'on peut doser les filtres
- met en parallèle le filtre et la lumière colorée pour que le lien entre les deux phénomènes soit fait.

Activité 4.2 (25 min)**Objectif spécifique à l'activité:**

L'élève est capable de:

- Formuler une hypothèse sur les couleurs des objets vus sous une lumière colorée

Matériel:

- Feuilles blanches et colorées
- Peinture de couleurs
- Journaux de protection
- 2 pinceaux par groupe
- Gobelet d'eau
- Palettes, assiettes ou berlingot découpé en 2 pour mettre la peinture
- 6 lumières colorées (rouge, verte, bleue, magenta, cyan et jaune)

Déroulement & Indication pour les enseignants :

- a) Ils schématisent le phénomène et remplissent le tableau. L'idée est d'écrire les mots avec la même peinture utilisée durant l'activité 2.1 ce qui leur permettrait de faire un lien. Les élèves se rendront peu à peu compte que la peinture agit comme un filtre.
- b) Avant le cours, l'enseignant associe une lumière colorée, à une couleur pour le mot et une couleur de feuille et prépare une table protégée pour la peinture.
- c) L'activité se fait par groupe hétérogène de 3 personnes, formés par l'enseignant. Chaque groupe possède 6 dispositifs émettant des lumières colorées, à la lumière desquels ils observeront les deux mots colorés sur leur feuille respective.
- d) Les élèves commencent l'activité en venant chercher sur la table pour la peinture les 2 couleurs voulues, les disposent dans leur palette, prennent la feuille correspondante et 2 pinceaux et se dirigent vers les tables préparées pour la peinture.
- e) Ils écrivent les 2 mots avec la peinture puis rejoignent leur place.
- f) Ils remplissent la première ligne du tableau.
- g) Puis ils inscrivent leur hypothèse au crayon à papier et en petit dans les cases correspondantes. Ils ont la possibilité de prendre une feuille de brouillon pour dessiner les modèles.
- h) Puis l'enseignant distribue les dispositifs émettant les lumières colorées pour que les élèves puissent éclairer leurs mots et observer le résultat, qu'ils notent à la plume/stylo.
- i) Les hypothèses, même erronées sont laissées inscrites dans le tableau, pour que l'élève puisse comparer les deux et comprendre le phénomène. (conflit)

Activité 4.3 (20 min)**Objectifs spécifiques à l'activité:**

L'élève est capable de:

- Modéliser à l'aide d'un schéma et de codes, la réfraction et l'absorption de la lumière sur un objet
- Retrouver à partir de la couleur reflétée et la lumière colorée projetée et le filtre utilisé

Matériel:

- pas de matériel particulier mis à part le fichier de l'élève

Déroulement:

- a) L'activité 4.3, qui permet de voir si les élèves ont compris, leur demande de réfléchir en partant des observations pour trouver la situation initiale.
- b) Le travail est à réaliser individuellement, les élèves regardent les différents drapeaux, modélisent les différentes situations et notent leur déductions.
- c) L'enseignant reste à disposition et passe dans les bancs.

Indications pour l'enseignant:

Obstacles:

- ne pas faire le lien que c'est la démarche vue précédemment, mais à l'envers

Erreurs possibles

- ne pas trouver le bon filtre à cause du noir?
- ne pas représenter juste le schéma de modélisation

Relances:

- faire référence au tableau récapitulatif de la fiche théorique
- faire référence au modèle du schéma en couleur dans la fiche théorique

Institutionnalisation activité 4

Explication de la modélisation de la réflexion de la lumière colorée par une marche à suivre lors de la correction de l'exercice des drapeaux, sous forme d'un "je retiens".

Un cours de révision avec les fiches de synthèse suivra ces séances d'activités.

3. Documents

Les différents documents utilisés dans cette séquence sont présentés ci-dessous.

Parmi eux :

Fiches d'activités pour élèves et avec correction

Fiches théoriques / de synthèse

Evaluation pour élèves et avec correction

Documents des élèves

Sciences naturelles 10-11H, séquence 5 : les couleurs

Chapitre 2 : Couleurs peintures / couleurs lumières

Activité 2.1 :

1) Tu as à disposition des pinceaux et de la peinture. Tu te souviens peut-être de tes cours d'arts visuels qu'il existe des couleurs primaires qui permettent, par leur mélange, d'obtenir d'autres couleurs. Mais elles-mêmes ne s'obtiennent par aucun mélange. Te souviens-tu des combinaisons de couleurs qu'il faut mélanger pour obtenir une couleur souhaitée?

Quelles couleurs mélanges-tu pour obtenir du vert ?

Quelles couleurs mélanges-tu pour obtenir du rouge?

Quelles couleurs mélanges-tu pour obtenir du bleu?

Quelles couleurs mélanges-tu pour obtenir du noir?

Activité 2.2

L'enseignant a installé trois projecteurs de couleur, un rouge, un vert, un bleu, ainsi qu'un écran blanc de la manière représentée ci-dessous:



Image : MER



Image: <https://fr..dreamstime.com>

Quelle couleur va-t-on observer sur l'écran si l'on allume deux par deux les projecteurs et que l'on superpose leurs lumières ? Et si l'on allume les trois projecteurs ? Remplis le tableau ci-dessous d'abord avec tes hypothèses concernant la couleur obtenue sur l'écran, puis avec tes observations lors de la démonstration.

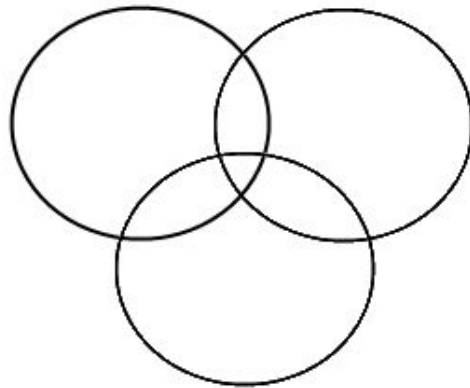
Mélange de lumières	Couleur obtenue : ton hypothèse	Couleur observée
vert et bleu		
vert et rouge		
bleu et rouge		
vert, bleu et rouge		

a) Quelles différences constates-tu entre les mélanges de l'activité 1 et ceux de l'activité 2 ?

b) Qu'a-t-on mélangé dans chaque cas ?

c) Le résultat du mélange des lumières verte, bleue et rouge te rappelle-t-il quelque chose ? Que peux-tu en déduire ?

d) A l'aide de couleurs, schématise ci-dessous les superpositions observées sur l'écran blanc:



Activité 2.3 : Et comment obtenir d'autres couleurs ?

1) Tu as vu lors de l'activité précédente que si l'on superpose trois lumières de couleurs RVB, on perçoit du blanc. Mais de quelle manière peut-on percevoir n'importe quelle autre couleur ?

Familiarise-toi avec le logiciel en ligne suivant:

http://www.pccl.fr/physique_chimie_college_lycee/quatrieme/optique/synthese_additive.htm

Puis réponds aux questions suivantes :

Par quelles manipulations obtiens-tu du orange ?

Par quelles manipulations obtiens-tu du rose ?

Par quelles manipulations obtiens-tu du vert olive ?

Que constates-tu?

2) Chaque groupe a à sa disposition une loupe binoculaire. Dépose un smartphone allumé, écran vers le haut, sous l'objectif. Vise une zone blanche de l'écran, puis règle la netteté. Qu'observes-tu ?

Observations:

Comment expliques-tu ce phénomène ?

Documents des élèves

Sciences naturelles 10-11H, séquence 5 : les couleurs

Chapitre 2 : Couleurs peintures / couleurs lumières (corrigé)

Activité 2.1 :

1) Tu as à disposition des pinceaux et de la peinture. Tu te souviens peut-être de tes cours d'arts visuels qu'il existe des couleurs primaires qui permettent, par leur mélange, d'obtenir d'autres couleurs. Mais elles-mêmes ne s'obtiennent par aucun mélange. Te souviens-tu des combinaisons de couleurs qu'il faut mélanger pour obtenir une couleur souhaitée?

Quelles couleurs mélanges-tu pour obtenir du vert ?



Image: <https://fr..dreamstime.com>

Quelles couleurs mélanges-tu pour obtenir du rouge?

Quelles couleurs mélanges-tu pour obtenir du bleu?

Quelles couleurs mélanges-tu pour obtenir du noir?

Activité 2.2

L'enseignant a installé trois projecteurs de couleur, un rouge, un vert, un bleu, ainsi qu'un écran blanc de la manière représentée ci-dessous:

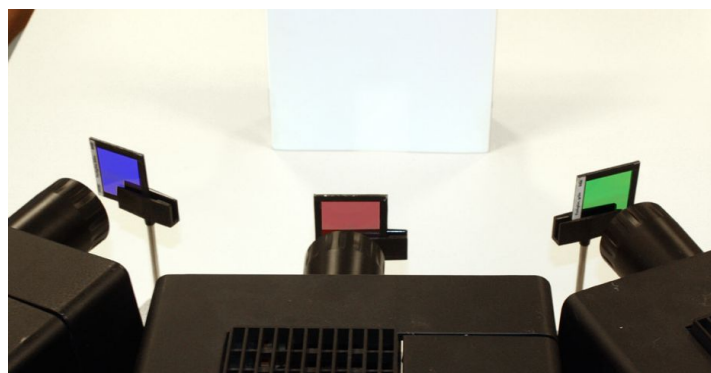


Image : MER

Quelle couleur va-t-on observer sur l'écran si l'on allume deux par deux les projecteurs et que l'on superpose leurs lumières ? Et si l'on allume les trois projecteurs ? Remplis le tableau ci-dessous d'abord avec tes hypothèses concernant la couleur obtenue sur l'écran, puis avec tes observations lors de la démonstration.

Mélange de lumières	Couleur obtenue : ton hypothèse	Couleur observée
vert et bleu		(cyan)
vert et rouge		(jaune)
bleu et rouge		(magenta)
vert, bleu et rouge		(blanc)

a) Quelles différences constates-tu entre les mélanges de l'activité 1 et ceux de l'activité 2 ?

Les couleurs obtenues ne sont pas les mêmes qu'en peinture

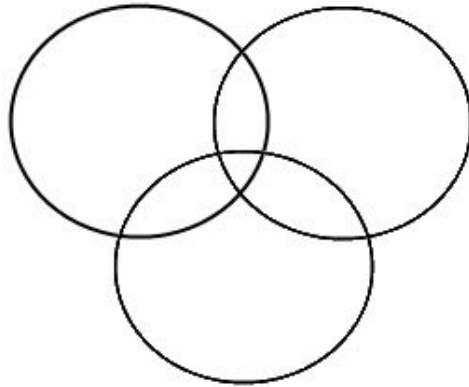
b) Qu'a-t-on mélangé dans chaque cas?

Dans le premier cas on a de la matière (de la peinture), dans le deuxième cas on a de la lumière

c) Le résultat du mélange des lumières verte, bleue et rouge te rappelle-t-il quelque chose ? Que peux-tu en déduire ?

Le fait que la lumière blanche est composée de l'ensemble des couleurs (cf. expérience du prisme). Ici l'expérience concerne la superposition de lumières colorées et on observe que l'addition des lumières rouge, verte et bleue donne du blanc. **Cela s'appelle le modèle trichromique**

d) A l'aide de couleurs, schématise ci-dessous les superpositions observées sur l'écran blanc:



Activité 2.3 : Et comment obtenir d'autres couleurs ?

1) Tu as vu lors de l'activité précédente que si l'on superpose trois lumières de couleurs RVB, on perçoit du blanc. Mais de quelle manière peut-on percevoir n'importe quelle autre couleur ?

Familiarise-toi avec le logiciel en ligne suivant:

http://www.pcl.fr/physique_chimie_college_lycee/quatrieme/optique/synthese_additive.htm

Puis réponds aux questions suivantes :

Par quelles manipulations obtiens-tu du orange ? (selon élèves)

Par quelles manipulations obtiens-tu du rose ? (selon élèves)

Par quelles manipulations obtiens-tu du vert olive ? (selon élèves)

Que constates-tu?

Un jeu de dosage entre les trois couleurs RVB permet d'obtenir toutes les différentes couleurs imaginables. Les trois lumières superposées et en dosage équivalent donnent une lumière blanche, c'est à dire la totalité des couleurs. **On appelle cela la synthèse additive.**

2) Chaque groupe a à sa disposition un microscope. Dépose un smartphone allumé, écran vers le haut, sous l'objectif. Vise une zone blanche de l'écran, puis règle la netteté. Qu' observes-tu ?

Observations:

(Présences de pixels, lumières RVB)

Comment expliques-tu ce phénomène ?

(synthèse effectuée par le cerveau)

Chapitre 3 : Que devient la lumière lorsqu'elle traverse un filtre?

Activité 3.1 : les lumières et filtres colorés

Tu as appris lors du dernier cours que l'on pouvait "additionner" des lumières colorées pour obtenir de nouvelles couleurs. Nous pouvons modéliser la lumière blanche ainsi :



Nous allons découvrir aujourd'hui comment on peut "soustraire" des lumières colorées.

1) L'enseignant a installé trois filtres de couleur, un rouge, un vert, un bleu, ainsi qu'un écran blanc de la manière représentée ci-dessous:

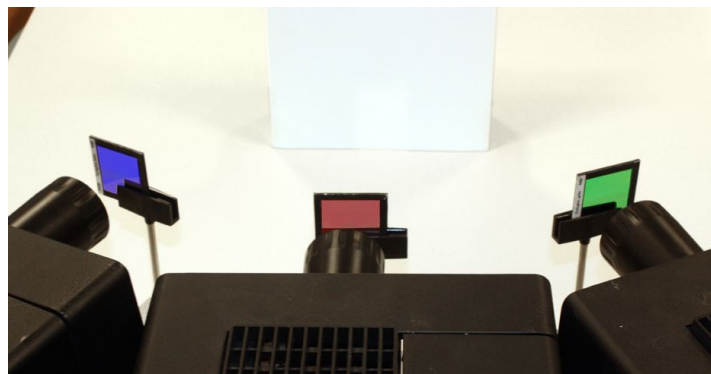


Image : MER

Quelle couleur va-t-on observer sur l'écran si l'on allume un par un les projecteurs ? Remplis le tableau ci-dessous ; premièrement avec tes hypothèses concernant la couleur obtenue sur l'écran, puis avec tes observations lors de la démonstration.

Filtre traversé par la lumière blanche	Couleur obtenue : ton hypothèse	Couleur observée
Filtre bleu		
Filtre rouge		
Filtre vert		

2) Selon toi, quel est le rôle du filtre coloré ?

3) Représente par un schéma le passage d'une lumière blanche à travers un filtre rouge :

Mon modèle :

Le modèle "expert" :

4) Et quelle couleur observera-t-on si la lumière blanche passe à travers un filtre rouge, puis à travers un filtre bleu ? Formule une hypothèse, puis applique ton modèle :

Hypothèse : _____

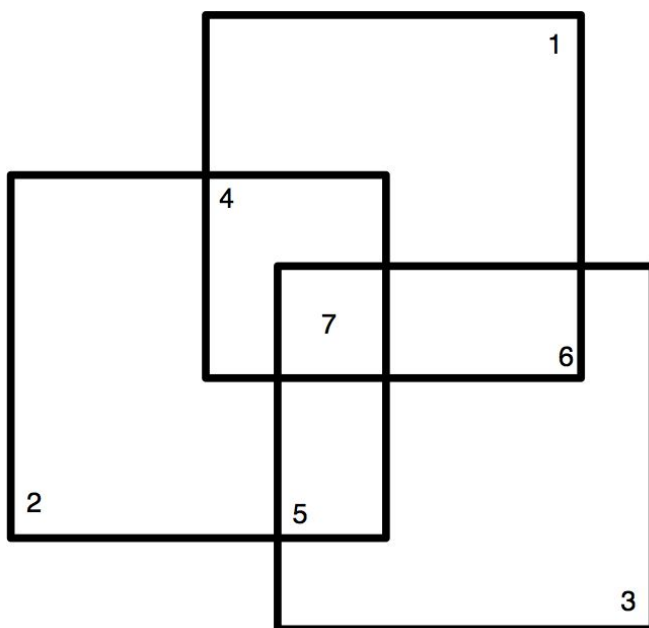
Mon modèle :

Le modèle "expert" :

Activité 3.2 : Qu'obtient-on avec d'autres filtres ?

a) Tu disposes maintenant d'une lampe diffusant de la lumière blanche et de filtres cyan, magenta et jaune. Manipule-les, les uns après les autres puis en les superposant, pour découvrir leurs effets sur la lumière blanche.

b) A l'aide de couleurs et en t'appuyant sur tes observations, schématise ci-dessous l'action des filtres sur une lumière blanche :



Légende :

1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

5 _____

6 _____

7 _____

Activité 3.3 : Deux synthèses : Similitudes et différences ?

a) Utilise ce logiciel pour comparer les synthèses additive et soustractive.

http://www.ostralo.net/3_animations/swf/synthese_couleurs.swf

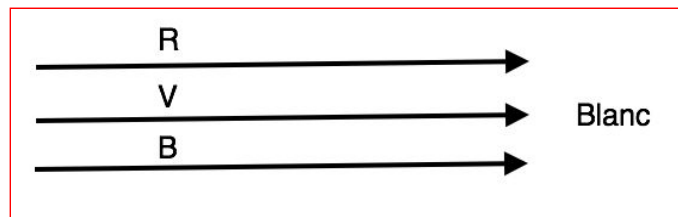
a) Quelles similitudes observes-tu entre les synthèses additive et soustractive ?

d) Et quelles différences ?

Chapitre 3 : Que devient la lumière lorsqu'elle traverse un filtre? (corrigé)

Activité 3.1 : les lumières et filtres colorés

Tu as appris lors du dernier cours que l'on pouvait "additionner" des lumières colorées pour obtenir de nouvelles couleurs. Nous pouvons modéliser la lumière blanche ainsi :



Nous allons découvrir aujourd'hui comment on peut "soustraire" des lumières colorées.

1) L'enseignant a installé trois filtres de couleur, un rouge, un vert, un bleu, ainsi qu'un écran blanc de la manière représentée ci-dessous:

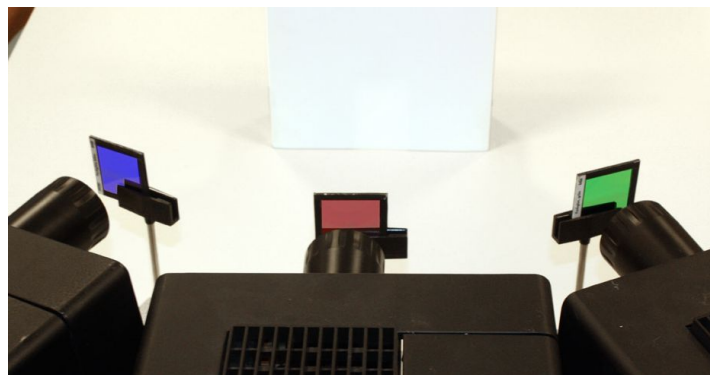


Image : MER

Quelle couleur va-t-on observer sur l'écran si l'on allume un par un les projecteurs ? Remplis le tableau ci-dessous ; premièrement avec tes hypothèses concernant la couleur obtenue sur l'écran, puis avec tes observations lors de la démonstration.

Filtre traversé par la lumière blanche	Couleur obtenue : ton hypothèse	Couleur observée
Filtre bleu		bleu
Filtre rouge		rouge
Filtre vert		vert

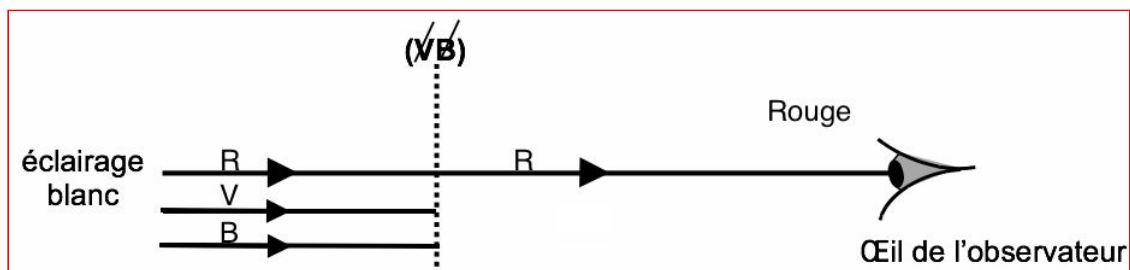
2) Selon toi, quel est le rôle du filtre coloré ?

Un filtre coloré ne transmet que les rayons de sa couleur et absorbe les autres.

3) Représente par un schéma le passage d'une lumière blanche à travers un filtre rouge :

Mon modèle :

Le modèle "expert" :

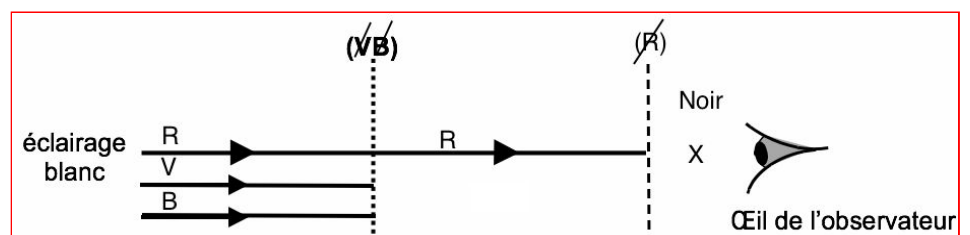


4) Et quelle couleur observera-t-on si la lumière blanche passe à travers un filtre rouge, puis à travers un filtre bleu ? Formule une hypothèse, puis applique ton modèle :

Hypothèse : _____

Mon modèle :

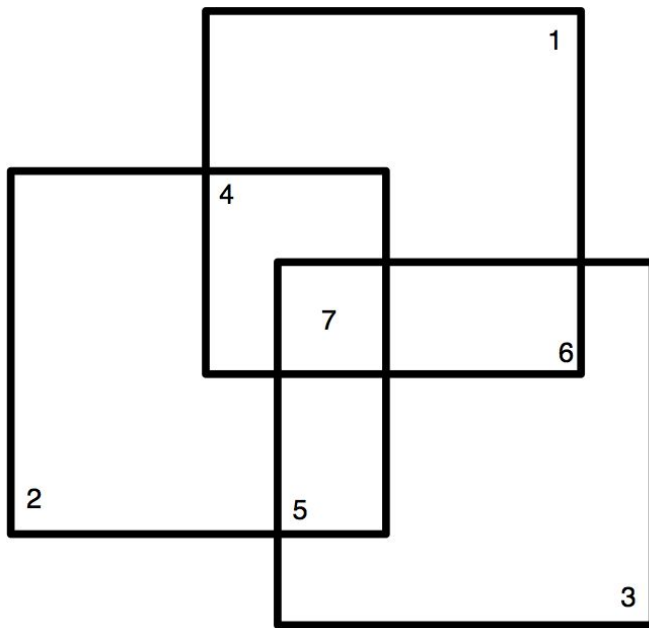
Le modèle "expert" :



Activité 3.2 : Qu'obtient-on avec d'autres filtres ?

a) Tu disposes maintenant d'une lampe diffusant de la lumière blanche et de filtres cyan, magenta et jaune. Manipule-les, les uns après les autres puis en les superposant, pour découvrir leurs effets sur la lumière blanche.

b) A l'aide de couleurs et en t'appuyant sur tes observations, schématise ci-dessous l'action des filtres sur une lumière blanche :



Légende :

1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

5 _____

6 _____

7 _____

P.ex. 1. Magenta 2. Jaune 3. Cyan 4. Rouge 5. Vert 6. Bleu 7. Noir

Activité 3.3 : Deux synthèses : Similitudes et différences ?

a) Utilise ce logiciel pour comparer les synthèses additive et soustractive.

http://www.ostralo.net/3_animations/swf/synthese_couleurs.swf

a) Quelles similitudes observes-tu entre les synthèses additive et soustractive ?

Les mêmes triplets de couleurs sont présents dans les deux synthèses (RVB - CMJ)

d) Et quelles différences ?

1. Les couleurs primaires de l'un sont les couleurs complémentaires de l'autre.
2. L'addition des lumières colorées rouge, verte et bleue donne du blanc, la soustraction totale par des filtres cyan, magenta et jaune donne du noir.

Documents des élèves

Sciences naturelles 10-11H, séquence 5 : les couleurs

Chapitre 4: Un objet a-t-il toujours la même couleur ?

Rappel :

1. Nous pouvons résumer la composition de la lumière blanche aux 3 couleurs primaires, le rouge, le vert et le bleu. Ce sont des couleurs qui ne peuvent pas être créées. Ce sont elles qui composent les autres couleurs. C'est à dire qu'en les mélangeant on peut obtenir les autres couleurs : le cyan est composé du bleu et du vert; le magenta est composé du bleu et du rouge et le jaune est composé du vert et du rouge.

Théorie

Le sujet que nous allons traiter aujourd'hui concerne la couleur de l'objet. Un objet a-t-il toujours la même couleur?

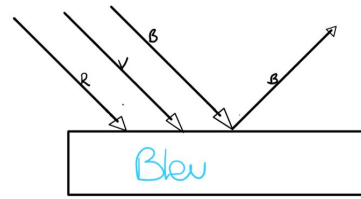
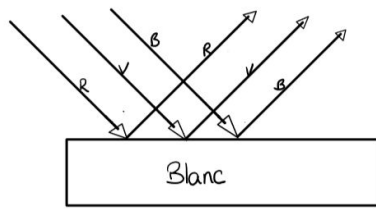
Formule une hypothèse : _____

Observe la photo projetée par l'enseignant.

Que retiens-tu de cette photo?

La lumière colorée qui est reflétée par un objet correspond à la lumière non absorbée.

l'idée de réponse



Ici toutes les lumières colorées sont absorbées, sauf le bleu qui lui est reflété. La couleur propre de l'objet sera le bleu.

En effet, un objet absorbe ou reflète différentes lumières colorées. C'est cette lumière colorée reflétée que nous verrons.

Activité 4.1:

Réponds à ces différentes questions dans le tableau ci-dessous.

De quelle couleur verras-tu cet objet ? Confronte ton idée avec ton voisin.

De quelle couleur le vois-tu réellement ?

Couleur de l'objet	Couleur de la lumière	Hypothèse formulée	Observation
rouge	Magenta		
cyan	Vert		
jaune	Bleu		

Par quel phénomène peut-on observer ce changement de couleur ?

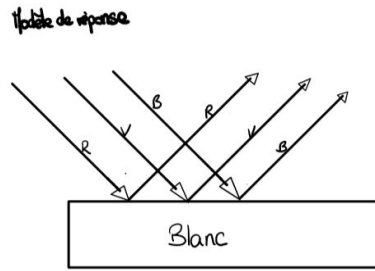
Quelle déductions peux-tu faire ?

Activité 4.2

Marche à suivre

1. Écris sur une feuille blanche le nom des 2 couleurs que ton enseignant te donne, avec la peinture qui y correspond.
2. Pendant que ces mots sèchent, remplis les colonnes "couleur du mot 1" et "couleur du mot 2" et "couleur de la feuille" à la lumière blanche
3. Formule tes hypothèses, note-les au crayon à papier en petit
4. Éclaire tes mots à l'aide de lumières colorées
5. Note tes observations

Lumière colorée	Couleur du mot 1	Couleur du mot 2	Couleur de la feuille
Blanche			
Rouge			
Verte			
Bleue			
Magenta			
Cyan			
Jaune			



Activité 4.3

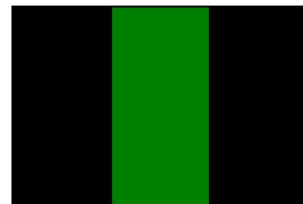
Tu observes un drapeau éclairé par une lumière blanche. Puis tu observes ce même drapeau éclairé par deux lumières colorées différentes. Trouve la lumière colorée utilisée dans chaque cas et justifie ta réponse par la modélisation vue précédemment.



Lumière blanche



Lumière colorée 1



Lumière colorée 2

De quelle couleur est la première lumière colorée ? _____

Modélisation 1:

De quelle couleur est la deuxième lumière colorée ? _____

Modélisation 2:

Documents des élèves

Sciences naturelles 10-11H, séquence 5 : les couleurs

Chapitre 4: Un objet a-t-il toujours la même couleur ? (corrigé)

Rappel :

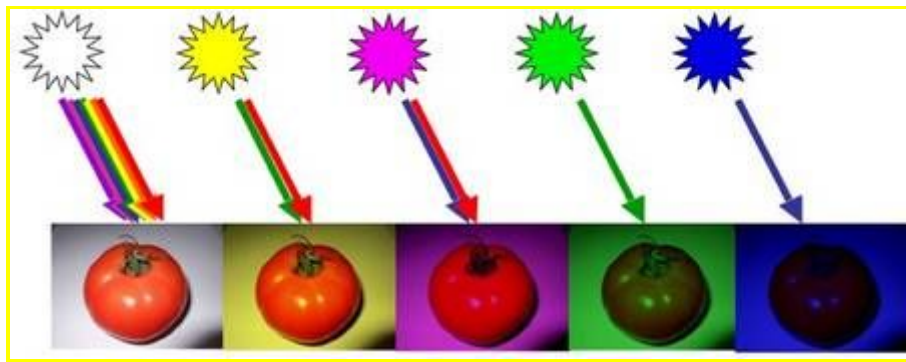
2. Nous pouvons résumer la composition de la lumière blanche aux 3 couleurs primaires, le rouge, le vert et le bleu. Ce sont des couleurs qui ne peuvent pas être créées. Ce sont elles qui composent les autres couleurs. C'est à dire qu'en les mélangeant on peut obtenir les autres couleurs : le cyan est composé du bleu et du vert; le magenta est composé du bleu et du rouge et le jaune est composé du vert et du rouge.

Théorie

Le sujet que nous allons traiter aujourd'hui concerne la couleur de l'objet. Un objet a-t-il toujours la même couleur?

Formule une hypothèse : _____

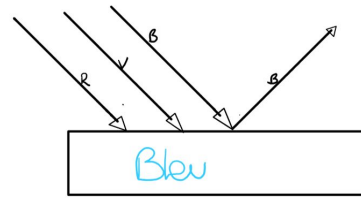
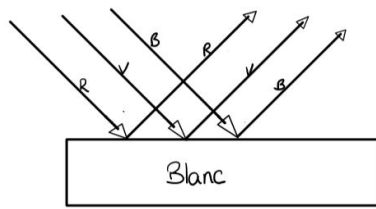
Projeter cette image elle n'apparaît pas dans le cours de l'élève



Que retiens-tu de cette photo?

La lumière colorée qui est reflétée par un objet correspond à la lumière non absorbée.

l'idée de réponse



Ici toutes les lumières colorées sont absorbées, sauf le bleu qui lui est reflété. La couleur propre de l'objet sera le bleu.

En effet, un objet absorbe ou reflète différentes lumières colorées. C'est cette lumière colorée reflétée que nous verrons.

Activité 4.1:

Réponds à ces différentes questions dans le tableau ci-dessous.

De quelle couleur penses-tu que tu verras cet objet? Confronte ton idée avec ton voisin.

De quelle couleur le vois-tu réellement?

Couleur de l'objet	Couleur de la lumière	Hypothèse formulée	Observation
rouge	Magenta		(rouge)
cyan	Vert		(vert)
jaune	Bleu		(noir)

Par quel phénomène peut-on observer ce changement de couleur?

_____ (synthèse soustractive)

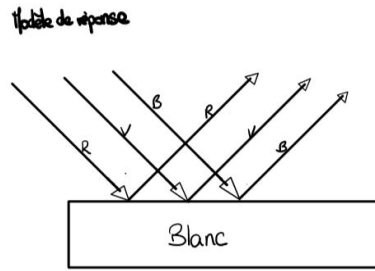
Quelle déductions peux-tu faire? (fonctionne comme un filtre)

Activité 4.2

Marche à suivre

6. Écris sur une feuille blanche le nom des 2 couleurs que ton enseignant te donne, avec la peinture qui y correspond.
7. Pendant que ces mots sèchent, remplis les colonnes "couleur du mot 1" et "couleur du mot 2" et "couleur de la feuille" à la lumière blanche
8. Formule tes hypothèses, note-les au crayon à papier en petit
9. Éclaire tes mots à l'aide de lumières colorées
10. Note tes observations

Lumière colorée	Couleur du mot 1	Couleur du mot 2	Couleur de la feuille
Blanche			
Rouge			
Verte			
Bleue			
Magenta			
Cyan			
Jaune			



Activité 4.3

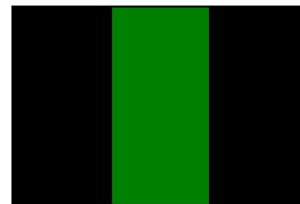
Tu observes un drapeau éclairé par une lumière blanche. Puis tu observes ce même drapeau éclairé par deux lumières colorées différentes. Trouve la lumière colorée utilisée dans chaque cas et justifie ta réponse par la modélisation vue précédemment.



Lumière blanche



Lumière colorée 1

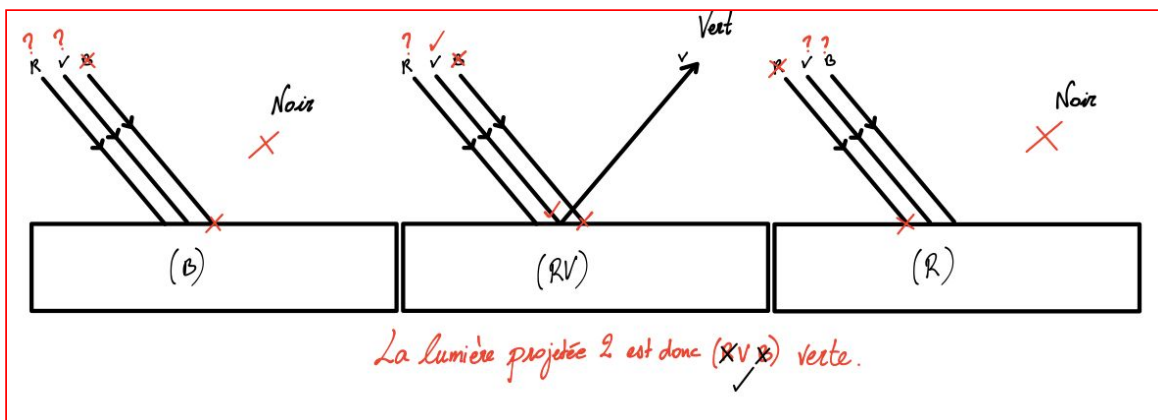


Lumière colorée 2

De quelle couleur est la première lumière colorée ? _____

(Bleu)

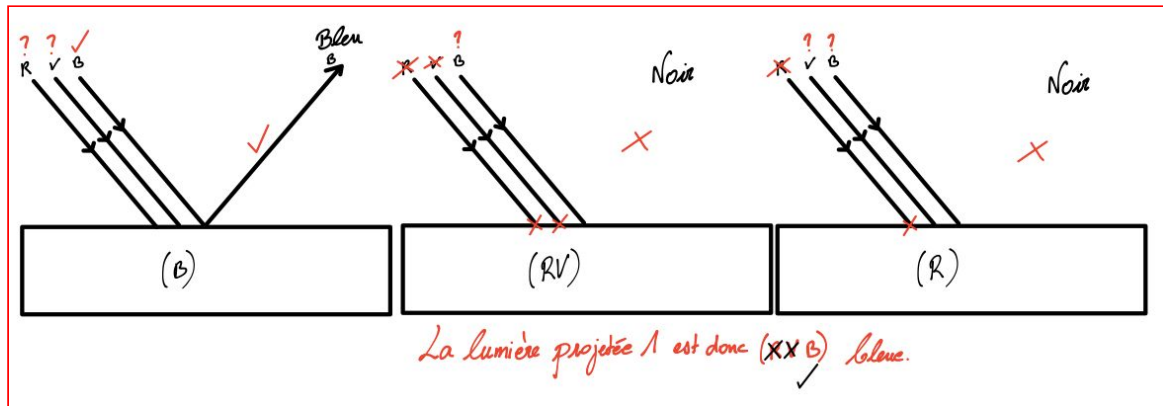
Modélisation 1:



De quelle couleur est la deuxième lumière colorée ? _____

(Vert)

Modélisation 2:



Fiches de synthèse : Les couleurs

Activité 2 : Résumé théorique pour les élèves

Le modèle trichromique et la synthèse additive des couleurs

La couleur n'existe pas sans lumière et l'on peut dire que l'on perçoit le monde grâce aux mélanges de ces couleurs qui correspondent aux différentes composantes de la lumière. Lorsque l'on parle de la perception des couleurs, on s'aperçoit que seules trois lumières primaires de couleurs **rouge**, **vert** et **bleu**, sont nécessaires pour obtenir la sensation de toutes les autres couleurs. Cette manière de modéliser la perception des couleurs est ce qu'on appelle le **modèle trichromique** ("trois couleurs").

Dans cette représentation, toutes les autres lumières colorées sont perçues par superposition des trois lumières, rouge, verte et bleue. La superposition simultanée et en dosage identique des trois couleurs donne de la lumière blanche. Le noir correspond à une absence de lumière.

Illustration du modèle :

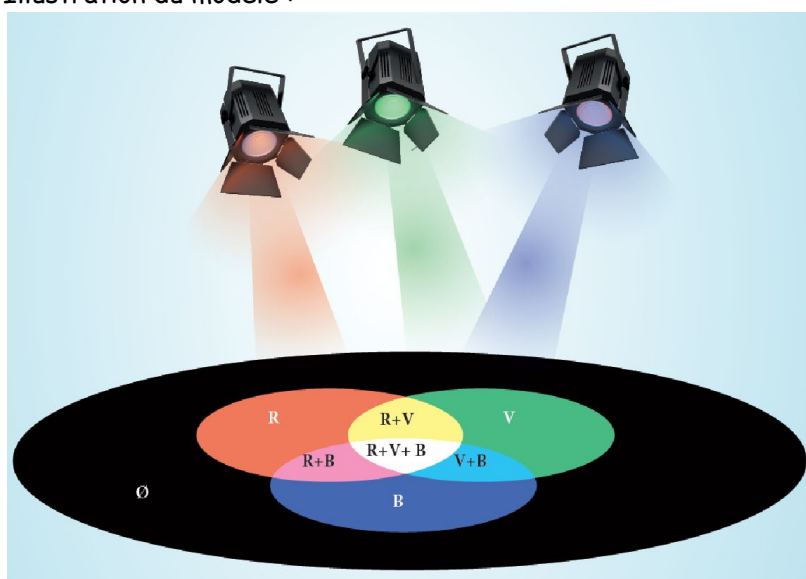


Image : MER

L'image montre trois projecteurs de lumières rouge, verte et bleue éclairant une table blanche. Si les trois couleurs sont projetées en intensité identique, nous obtenons par superposition trois autres couleurs : le **cyan**, le **magenta** et le **jaune**. Les couleurs primaires et les couleurs obtenues sont codées sur l'image puis récapitulées dans le tableau ci-dessous.


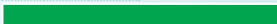





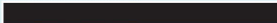
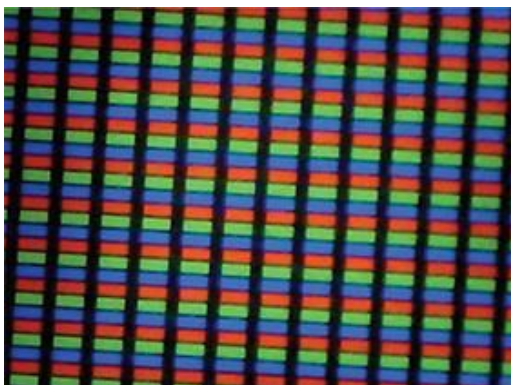
Code de la lumière reçue par l'œil	Nom de la couleur perçue
R	Rouge 
V	Vert 
B	Bleu 
R + V	Jaune 
V + B	Cyan 
R + B	Magenta 
R + V + B	Blanc 
Ø	Noir 

Image : MER

Si nous modifions le dosage des couleurs élémentaires, il est possible d'obtenir toutes les couleurs imaginables.

Le phénomène de perception des couleurs par superposition des trois couleurs primaires se nomme **synthèse additive** : les couleurs sont additionnées entre elles pour permettre la synthèse d'autres couleurs.

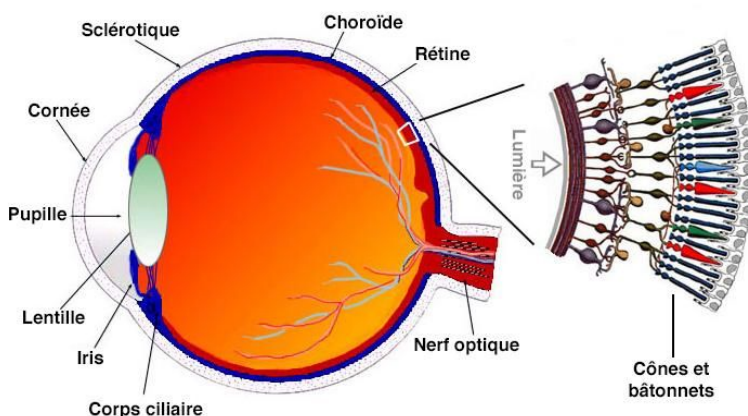


D'ailleurs, si l'on observe au microscope un écran blanc de smartphone ou d'ordinateur, on remarque qu'il est en fait constitué d'un grand nombre de minuscules rectangles de lumières rouge, verte et bleue (voir image ci-contre). C'est justement par un jeu de dosage de chacune de ces lumières, que l'on perçoit les différentes couleurs sur nos écrans.

Image : <http://www.think-maths.co.uk/spreadsheet>

Pourquoi un modèle sur trois couleurs ?

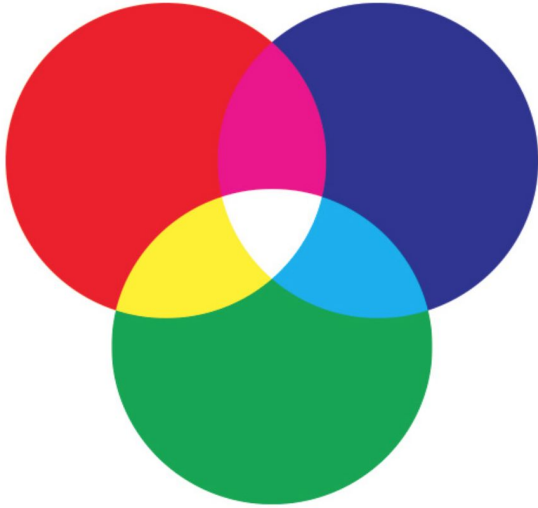
La raison pour laquelle les scientifiques ont construit ce modèle sur trois couleurs est directement liée à la structure de notre œil. En effet, ce dernier contient des cellules sensibles à la lumière que l'on appelle cônes et bâtonnets. Alors que les bâtonnets perçoivent les intensités de lumière, les cônes nous permettent de percevoir les couleurs. Cependant, ils ne sont sensibles qu'à certaines composantes de la lumière blanche : celles correspondant justement aux couleurs rouge, vert et bleu. Lorsque l'on regarde un objet, notre cerveau analyse le dosage de chacune de ces composantes perçues par notre œil et en interprète ainsi la couleur de l'objet.



Qu'est-ce que le daltonisme?

Certaines personnes présentent une anomalie de la vision qui les empêche de distinguer certaines couleurs. D'origine génétique, ce trouble est dû à un dysfonctionnement des cônes présents dans la rétine. Bien que la plupart des personnes daltoniennes aient de la peine à distinguer le vert du rouge, d'autres ne distinguent pas d'autres couleurs. Dans certaines formes de daltonisme, le monde est perçu par la personne atteinte en teintes de gris.

Image : <http://www.blueconemonochromacy.org>

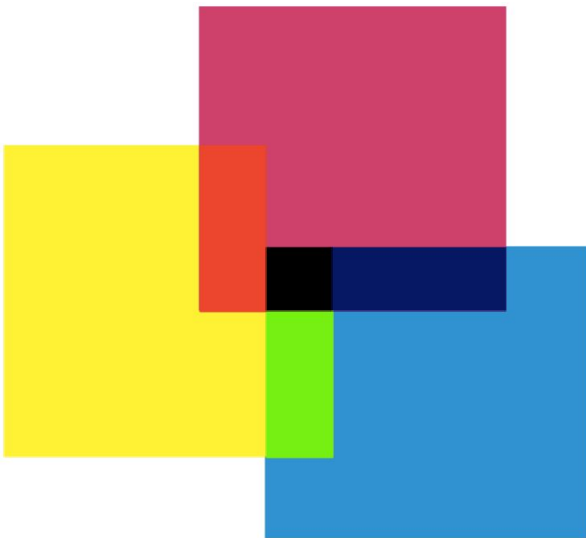


La synthèse additive est le procédé grâce auquel, en combinant les couleurs

_____, _____ et _____
on obtient du blanc.

On la retrouve lorsque l'on mélange des lumières colorées composées de ces 3 couleurs différentes car les « additionner » donne la lumière blanche.

C'est le procédé que l'on exploite aujourd'hui pour les téléviseurs ou tout écran composé de pixels.



La synthèse soustractive consiste à soustraire les couleurs de la lumière blanche (RVB) à

travers des filtres de couleurs _____,

_____ et _____ qui absorbent la totalité des couleurs de la lumière blanche pour un rendu noir au final (absence de lumière).

L' _____ des 3 couleurs donne

le _____ .

C'est le procédé que l'on retrouve par exemple en mélangeant de la peinture, notamment en imprimerie.

Qu'est-ce qu'un filtre coloré et comment fonctionne-t-il ?

Un filtre est un dispositif qui permet de *filtrer* la lumière, de laisser passer certains rayons lumineux et d'en absorber d'autres.

Pour savoir quelles lumière colorées le filtre laisse passer, il faut l'observer à la lumière blanche.

Le filtre laissera alors passer uniquement les rayons lumineux de sa couleur propre.

Par exemple :

Un filtre vert laissera passer uniquement les rayons de lumière colorée verte.

Un filtre magenta laissera passer uniquement les rayons de lumière colorée magenta, c'est à dire les rayons rouge et bleu.

Pour connaître la lumière colorée qui "sort" du filtre, il faut donc décomposer la lumière qui arrive sur ce filtre et en *soustraire* les rayons qui sont absorbés par le filtre. On se réfère alors au modèle de la synthèse soustractive.

Image : <https://www.123couleurs.fr/boutique-1/filtres-color%C3%A9s/>

Tableau récapitulatif :

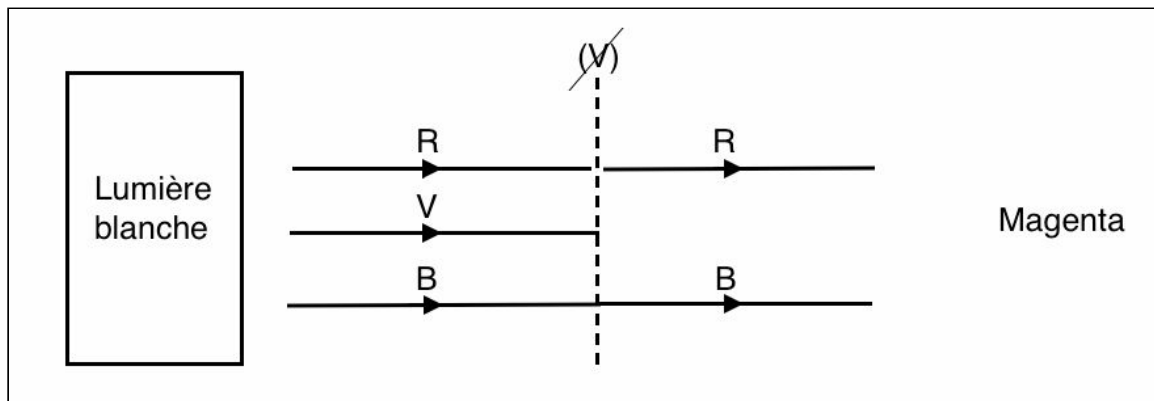
	filtre bleu	filtre rouge	filtre vert	filtre cyan	filtre jaune	filtre magenta
lumière blanche	bleu	rouge	vert	cyan	jaune	magenta
lumière noire	noir	noir	noir	noir	noir	noir
lumière bleue	bleu	noir	noir	bleu	noir	bleu
lumière rouge	noir	rouge	noir	noir	rouge	rouge
lumière verte	noir	noir	vert	vert	vert	noir
lumière cyan	bleu	noir	vert	cyan	vert	bleu
lumière jaune	noir	rouge	vert	vert	jaune	rouge
lumière magenta	bleu	rouge	noir	bleu	rouge	magenta

Modélisation :

Nous pouvons modéliser l'action d'un filtre :

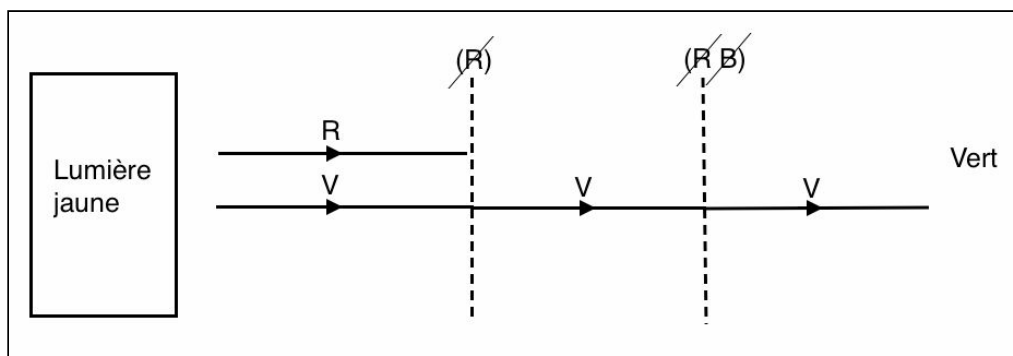
1. Noter la lumière colorée qui arrive sur le filtre
2. Décomposer la lumière colorée qui arrive sur filtre et la coder (en RVB)
3. Représenter le filtre et coder les rayons **absorbés** par le filtre
4. Prolonger les rayons lumineux colorés que le filtre laisse passer et les coder (en RVB)
5. Noter la lumière colorée qui sort du filtre

Par exemple l'effet d'un filtre magenta sur la lumière blanche :



Lorsque plusieurs filtres sont superposés ou alignés, il faut modéliser l'action du premier filtre sur la lumière projetée, puis l'action du deuxième filtre sur la lumière qui sort du premier filtre etc.

Par exemple l'effet d'un filtre cyan, puis d'un filtre vert, sur la lumière jaune :



De quelle couleur apparaîtra un objet de couleur éclairé par une lumière colorée?

Il y 3 cas :

- 1) Un objet de couleur blanche renvoie toutes les couleurs, il apparaîtra de la couleur éclairée.
- 2) Un objet de couleur noire absorbe toutes les couleurs : Peu importe la couleur avec laquelle l'objet est éclairé, l'objet apparaît de couleur noire.
- 3) Pour un objet de couleur, il suffit de décomposer les couleurs secondaires, par exemple :

J'ai un objet jaune.
 Je lui projette une lumière magenta,
 Or jaune = rouge + vert
 et magenta = bleu + rouge,

Le rouge est **commun** au jaune et au magenta, donc l'objet paraîtra rouge ;

En revanche, si la lumière est bleue, comme il n'y a pas de bleu dans le jaune, l'objet paraîtra noir.

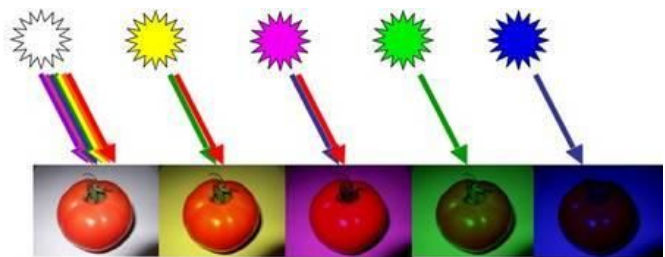


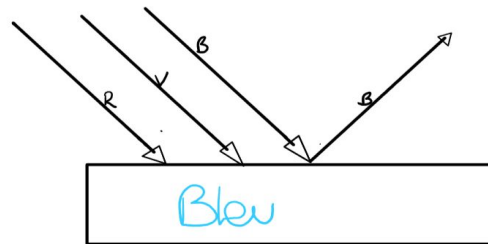
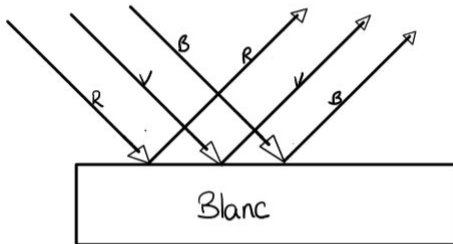
Tableau récapitulatif :

	objet bleu	objet rouge	objet vert	objet cyan	objet jaune	objet magenta
lumière blanche	bleu	rouge	vert	cyan	jaune	magenta
lumière noire	noir	noir	noir	noir	noir	noir
lumière bleue	bleu	noir	noir	bleu	noir	bleu
lumière rouge	noir	rouge	noir	noir	rouge	rouge
lumière verte	noir	noir	vert	vert	vert	noir
lumière cyan	bleu	noir	vert	cyan	vert	bleu
lumière jaune	noir	rouge	vert	vert	jaune	rouge
lumière magenta	bleu	rouge	noir	bleu	rouge	magenta

¹ <https://community.goodgamestudios.com/bigfarm/fr/discussion/51685/langage-des-couleurs>

Modèle de réponse

Modèle de réponse



Evaluation - Séquence 5 - Les couleurs

(Exemples d'exercices d'évaluation)

Exercice 1

a) Explique avec tes propres mots ce qu'est le modèle trichromique en citant les trois couleurs en question.

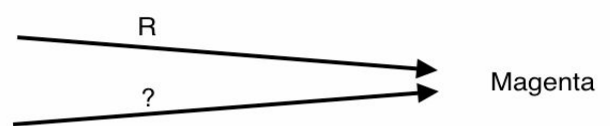
b) Quelle est la raison biologique de son fonctionnement autour de ces trois couleurs ?

Exercice 2

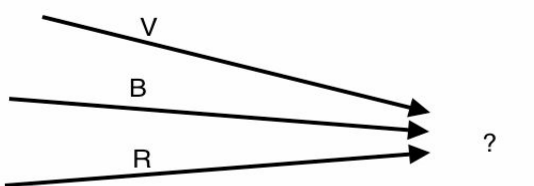
Des projecteurs de lumières colorées sont installés les uns à côté des autres. Complète les schémas ci-dessous en fonction des situations:



Couleur perçue : Jaune
Couleurs additionnées :



Couleur perçue : Magenta
Couleurs additionnées :



Couleur perçue :
Couleurs additionnées : V+B+R



Couleur perçue :
Couleurs additionnées : B+V

Exercice 3

Différentes lumière colorées traversent des filtres colorés. De quelle couleur sera précisément la lumière colorée observée à la sortie de chaque montage ?

1. Une lumière blanche traverse un filtre vert :

2. Une lumière magenta traverse un filtre cyan :

3. Une lumière cyan traverse un filtre jaune, puis un filtre rouge :

Représente la 3ème situation par un modèle légendé :



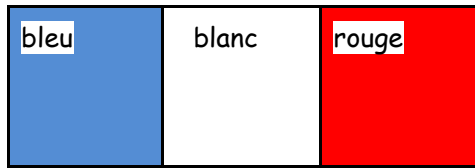
Exercice 4

Un physicien et un peintre ne sont pas d'accord sur la couleur obtenue après le mélange de toutes les couleurs. L'un dit obtenir du blanc et l'autre du noir. Qui a raison ?

Justifie ta réponse :

Exercice 5

Voici deux drapeaux, le drapeau français et le drapeau italien



drapeau français



drapeau italien

1. Si on éclaire le drapeau français avec de la lumière bleue, de quelles couleurs sera-t-il ?

_____	_____	_____

2. Avec quelle couleur devrait-on les éclairer pour que les deux drapeaux soient vus de la même couleur ?

Quelles seraient les couleurs du drapeau obtenu ?

_____	_____	_____

Exercice 6 :



1. Quelle est la couleur propre du haut du cambrioleur ? _____
2. Justifie ta réponse avec la modélisation vue en cours :

3. Explique la raison pour laquelle la fille a fait cette description du haut du cambrioleur ?

Evaluation - Séquence 5 - Les couleurs

(Exemples d'exercices d'évaluation avec propositions de réponses)

Exercice 1

- a) Explique avec tes propres mots ce qu'est le modèle trichromique en citant les trois couleurs en question.

(rouge, vert, bleu. Nous percevons les différentes couleurs à partir de ces trois couleurs)

- b) Quelle est la raison biologique de son fonctionnement autour de ces trois couleurs ?

(Explication relative aux cônes et bâtonnets de l'oeil)

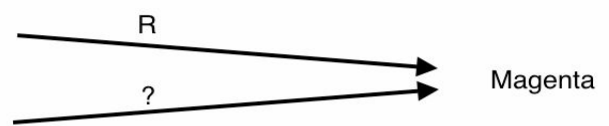
Exercice 2

Des projecteurs de lumières colorées sont installés les uns à côté des autres. Complète les schémas ci-dessous en fonction des situations:



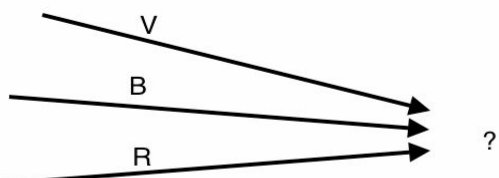
Couleur perçue : Jaune

Couleurs additionnées :



Couleur perçue : Magenta

Couleurs additionnées :



Couleur perçue :

Couleurs additionnées : V+B+R



Couleur perçue :

Couleurs additionnées : B+V

Exercice 3

Différentes lumière colorées traversent des filtres colorés. De quelle couleur sera précisément la lumière colorée observée à la sortie de chaque montage ?

1. Une lumière blanche traverse un filtre vert :

_____ (vert)

2. Une lumière magenta traverse un filtre cyan :

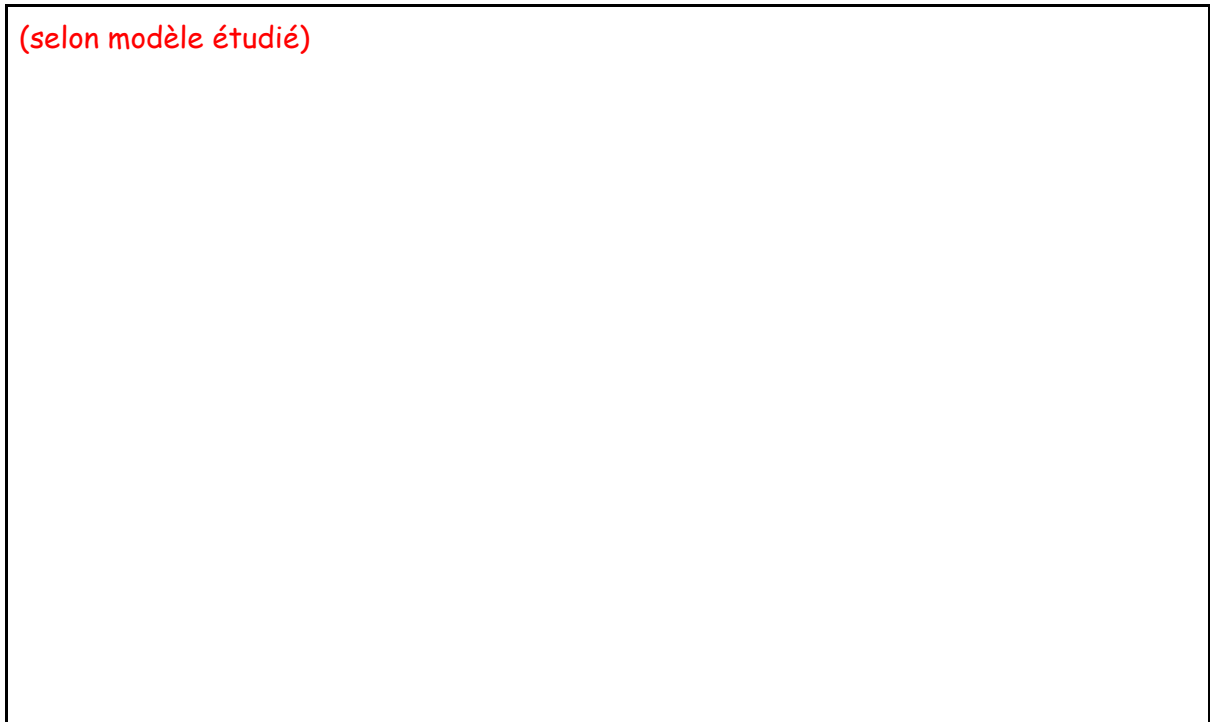
_____ (bleu)

3. Une lumière cyan traverse un filtre jaune, puis un filtre rouge :

_____ (aucune/noir)

Représente la 3ème situation par un modèle légendé :

(selon modèle étudié)



Exercice 4

Un physicien et un peintre ne sont pas d'accord sur la couleur obtenue après le mélange de toutes les couleurs. L'un dit obtenir du blanc et l'autre du noir. Qui a raison ?

(les deux, selon que l'on parle de synthèse additive ou soustractive)

Justifie ta réponse :

Exercice 5

Voici deux drapeaux, le drapeau français et le drapeau italien



drapeau français



drapeau italien

1. Si on éclaire le drapeau français avec de la lumière bleue, de quelles couleurs sera-t-il ?

_____	_____	_____
Bleu	Bleu	Noir

2. Avec quelle couleur devrait-on les éclairer pour que les deux drapeaux soient vus de la même couleur ?

_____ (lumière rouge)

Quelles seraient les couleurs du drapeau obtenu ?

_____	_____	_____
Noir	Rouge	Rouge

Exercice 6 :



1. Quelle est la couleur propre du haut du cambrioleur ? _____

(Bleu)

2. Justifie ta réponse avec la modélisation vue en cours :

(selon modèle étudié)

3. Explique la raison pour laquelle la fille a fait cette description du haut du cambrioleur ?

(Explication citant la synthèse soustractive et l'effet des lumières colorées concernées sur le haut du cambrioleur)

Evaluation - Analyse

Ce commentaire comprend les différents objectifs évalués, ainsi que ce qui est attendu précisément des élèves et les niveaux taxonomiques correspondants.

Ce sont des pistes d'évaluation qui sont ici proposées, non une évaluation suivie.

Exercice 1

L'élève est capable de :

- Mettre en lien des notions théoriques apprises en cours (cônes et bâtonnets de l'oeil) avec d'autres (synthèse additive)

L'évaluation débute par deux questions au niveau taxonomique peu élevé. La première, de l'ordre de la compréhension, demande aux élèves de restituer une connaissance de base à l'aide de leurs propres mots. La deuxième propose de tester les connaissances théoriques des élèves en vérifiant que des liens entre deux notions aient été faits.

Exercice 2

L'élève est capable de :

- prédire la couleur perçue en fonction des mélanges de couleurs RVB
- déchiffrer un schéma et les codes de la représentation de la trajectoire des lumières colorées.

Le deuxième exercice relève du niveau taxonomique de l'application car il nécessite une compréhension de la manière de représenter la lumière (schéma de la trajectoire rectiligne, codes de couleurs RVB) et d'appliquer ce modèle tout en utilisant les connaissances des couleurs fondamentales et complémentaires de la synthèse additive.

Exercice 3

L'élève est capable de :

- modéliser l'effet d'un filtre sur une lumière colorée à l'aide des codes propres à l'optique

L'exercice 3 relève de l'application car les élèves se réfèrent à la modélisation établie durant le cours et au diagramme de Venn de la synthèse soustractive et les adaptent aux items présentés.

Exercice 4

L'élève est capable de :

- mettre en perspective la distinction entre synthèse additive et soustractive en terme de "nature" de la couleur (couleurs matières vs. couleurs lumières)

Cet exercice requiert des élèves qu'ils mobilisent leur faculté d'analyse (niveau taxonomique plutôt élevé) pour expliquer les différences entre les représentations de la couleur en arts visuels et en physique. Le but est qu'ils reconnaissent qu'il s'agit dans le premier cas de la synthèse soustractive, et dans le second cas de la synthèse additive.

Exercice 5

L'élève est capable de :

- prévoir la couleur perçue d'un objet en fonction des lumières colorées projetées et coder le phénomène

Les élèves appliquent la modélisation d'une lumière colorée sur un objet coloré, pour déterminer la couleur perçue du drapeau français. Cette question fait référence à un niveau taxonomique bas. Puis ils trouvent la lumière colorée qui permet de voir les deux drapeaux présentés de la même couleur. Ils trouveront

cette réponse en modélisant les lumières colorées sur l'objet de couleur. Plusieurs schémas sont nécessaires pour trouver la réponse. C'est une question taxonomiquement haute, qui demande aux élèves de faire une synthèse.

Exercice 6

L'élève est capable de :

- modéliser l'effet de la lumière colorée sur un objet et en déduire la couleur perçue.
- justifier sa réponse avec des mots en faisant la synthèse des différents concepts vus dans la séquence de cours.

Les élèves doivent comprendre ce qu'ils lisent et déterminer la couleur propre du haut du cambrioleur. Cette question est taxonomiquement haute, elle demande de l'analyse. Puis ils justifient leur réponse par le modèle de l'effet de la lumière colorée sur un objet. Cette question est d'un niveau taxonomique inférieur d'application. Finalement ils déterminent pourquoi la description de la jeune fille ne correspond pas à la couleur propre, en faisant le lien avec la synthèse soustractive, demandant un niveau taxonomiquement très élevé, la synthèse.

4. Argumentation scientifique

Nous avons choisi de construire notre séquence de cours de manière à ce qu'elle s'inscrive dans une démarche constructiviste de type piagétienne. Dans cette démarche, l'enseignant anticipe les conceptions erronées que les élèves peuvent avoir, puis établit une situation-problème permettant idéalement de déconstruire ces représentations incomplètes puis finalement d'en construire de nouvelles, plus justes. Dans ce qui suit, nous allons définir ces différents concepts mis en évidence puis expliciter la manière dont nous les avons pris en compte dans notre planification.

4.1. Les conceptions des élèves et les situations-problèmes

4.1.1 Définitions

Conception

Selon Giordan et al. (1994), une conception ou représentation peut être considérée comme une idée, un objet ou un événement qui aide l'élève à comprendre le monde qui l'entoure. Elle est le fruit de son expérience personnelle dans laquelle il va puiser pour comprendre les nouveaux savoirs que l'on va chercher à lui inculquer. Elle peut être considérée comme une connaissance "déjà-là" acquise dans un certain contexte par l'apprenant, et qui peut être correcte ou erronée.

Les mauvaises conceptions (ou *misconception* en anglais) peuvent donc être décrites comme des idées qui proviennent d'une mauvaise compréhension d'objets ou événements. Elles sont issues principalement de l'environnement avec lequel l'élève interagit et du contexte dans lequel il se situe, mais elles découlent également des systèmes sémiotiques mis en oeuvre. Ces derniers sont abordés plus en détail dans ce qui suit.

Sémiologie

En sémiologie (l'étude des systèmes de signes), une représentation (ou un signe) est double: elle est dotée d'un signifiant et d'un signifié (de Saussure, 1916). Le signifiant, qui fait l'objet de la sémiologie, désigne la forme et l'aspect du signe; tandis que le signifié, étudié dans le cadre de la sémantique, désigne le concept évoqué par le signe. A partir du moment où le signe possède plusieurs signifiés, il devient symbole et c'est ainsi que les incompréhensions peuvent survenir.

Selon R. Duval (1995), le concept de « registre sémiotique » permet de distinguer les représentations qui relèvent de différents registres ou types visuels : numériques, graphiques, symboliques, formels, schématiques, etc. En didactique, ce concept est fondamental car les différences de registre au sein d'une même représentation ou d'un

modèle peut induire des difficultés de lecture. Ils risquent d'ajouter des difficultés supplémentaires en empêchant les élèves de se focaliser sur le problème posé par l'activité, et les menant à formuler des conclusions différentes de celles attendues par l'enseignant. C'est pour cela qu'un choix pertinent de registre sémiotique facilite la compréhension du concept introduit.

Dans notre cours, un exemple typique que nous pouvons donner est la forte ressemblance des diagrammes de Venn pour les synthèses additive et soustractive. Dans les deux modèles, les diagrammes sont communément schématisés sous forme circulaire. De plus, bien que inversées au niveau de leurs superpositions, les mêmes couleurs sont représentées dans les deux diagrammes. Ces similitudes peuvent rendre la différenciation complexe pour les élèves.

C'est pourquoi nous avons estimé important d'apporter un changement à la représentation de ces diagrammes. Ainsi, dans l'une de nos fiches de synthèse, nous avons préféré utiliser des formes rectangulaires plutôt que circulaires pour représenter la synthèse soustractive car cette forme évoque plus fortement le filtre, et ainsi l'absorption de la lumière.

Cadre de rationalité, origine des conceptions

En s'appuyant sur les travaux de R. Douady (1984), A. Lerouge (1992) définit « un cadre de rationalité » comme « un ensemble cohérent de fonctionnement de la pensée » caractérisé principalement par les composantes suivantes :

1. Les objets du cadre : dans notre cas, il peut s'agir de peinture, de feuille de papier de lampes de poche, de filtres etc.
2. Le type de processus de conceptualisation. Dans un cadre scientifique, il peut s'agir d'un processus par modélisation ou par expérimentation, par exemple.
3. Les registres sémiotiques que nous avons traités plus haut.

Les conceptions des élèves et les conflits de perceptions en résultant sont issus des différents cadres de rationalité dans lesquels ils évoluent. Ce sont les cadres familiers (personnel) et culturels (école) qui sont responsables de ces conceptions et représentations mentales tantôt concourantes, tantôt inexistantes, voire erronées. Elles se manifestent principalement à travers la sémiotique. Les élèves éprouvent de la difficulté à représenter des objets issus de registres sémiotiques différents ou encore à simplement les reconnaître.

Dans le contexte de notre séquence sur les couleurs, ces cadres de rationalité sont centraux.

En effet, c'est dans son quotidien, et donc dans son cadre familial, que l'élève va découvrir la notion de couleur, notamment par le biais de la peinture ou d'observation d'arc-en-ciel. Cette découverte, qui a souvent lieu très tôt dans la vie de l'enfant, ne fera pourtant pas pour autant l'objet de questionnement sur le phénomène de perception des couleurs. La notion de cadre culturel ou scolaire, quand à elle, peut être étendue, dans notre cas, à deux sous-catégories de cadres culturels différents qui vont être à l'origine de conceptions erronées ou incomplètes. Premièrement, il y a le cadre que nous appelons « arts visuels » et qui a ses propres règles de rationalités. Les cours de dessin ou d'activités créatrices en sont de parfaits exemples car c'est dans ce cadre que les élèves vont premièrement aborder la

thématique des couleurs primaires et de leurs mélanges. Mais cette thématique est également abordée dans le cadre «physique» à travers les expériences de décomposition de la lumière ou de superposition de lumières colorées.

Ainsi, nous retrouvons trois cadres de rationalité concourants (familier, physique, arts visuels) dans lesquels les élèves évoluent et qui engendrent indubitablement des conceptions erronées sur la lumière et les couleurs, puisque les élèves ne sont pas amenés à les différencier dans chacun des cadres. Et comme la communication entre les différents cadres n'est pas établie, le lien à faire entre les différentes conceptions issues de ces cadres est à la charge de l'élève, ce qui représente une lourde responsabilité dans son apprentissage. Astolfi (2008) appelle également ces conceptions issues de différents cadres des "trames conceptuelles" *qui peuvent être définies comme "un ensemble de concepts-clés propres à un domaine et logiquement hiérarchisés entre eux qui structurent les disciplines et engendrent des situations-problèmes"*.

Mais encore, on verra émerger des problèmes de contrat didactique : dans chacun des cadres, l'élève va tenter de donner une réponse qui va satisfaire l'enseignant sans pour autant être amené à confronter ses conceptions.

Situation-problème

Pour de Vecchi (2006), une situation-problème est une activité qui consiste à mettre l'élève dans une situation où il va être amené à élaborer des stratégies de résolution de problème. L'un des points clés des situations-problèmes est qu'elles établissent un lien étroit entre les conceptions erronées des élèves. En d'autres termes, une situation-problème est construite de telle sorte que les élèves vont être amenés à remettre en question des représentations actuelles qui s'avèrent erronées, à les déconstruire pour en construire de nouvelles. Ainsi, dans une démarche de type constructiviste, l'élève construit son savoir en renversant ses anciennes conceptions. Une situation-problème n'est donc pas une démarche ponctuelle dans laquelle l'élève devra résoudre une liste d'exercices téléguidée par l'enseignant. Ce qui justifie l'efficacité des situations problèmes est qu'«apprendre» ne consiste pas à cumuler les savoirs mais à en construire et à en déconstruire.

Une situation-problème doit comprendre plusieurs éléments :

- Un objectif-obstacle : Pour Meirieu (1987), un objectif-obstacle est *"un objectif dont l'acquisition permet au sujet de franchir un palier décisif de progression en modifiant son système de représentation et en le faisant accéder un niveau supérieur de formulation"*. Dans notre cas, l'élève pense que tous les mélanges de 3 couleurs primaires (de peinture ou de lumière) vont donner le même résultat. La distinction entre synthèses additive et soustractive n'est pas connue des élèves. De plus, projeter de la lumière monochromatique sur un objet d'une certaine couleur ne donne pas toujours la même couleur. L'exemple avec le drapeau (activité 4) est parlant.
- Une situation centrée sur cet obstacle prenant en compte une démarche expérimentale ou une démarche de modélisation : Dans notre cours, les deux démarches sont mises en oeuvre mais notre démarche principale est la modélisation. Les élèves vont effectivement être amenés à émettre des hypothèses, manipuler, récolter des résultats et les confronter à

leurs hypothèses, mais il s'agit surtout d'une démarche de modélisation car les élèves vont être amenés à créer des schémas dans plusieurs exercices.

- Une problématisation et la dévolution : on problématise la conception erronée en introduisant une situation-problème, c'est-à-dire qu'on construit un problème centré sur l'obstacle. La surprise face à une situation incohérente va intriguer l'élève, exciter sa motivation et le pousser à vouloir s'impliquer dans le problème ce qui va aider sa dévolution. Brousseau (1998) qualifie la notion de dévolution par le " *processus par lequel l'enseignant parvient à placer l'élève comme simple actant dans une situation a-didactique (à modèle non didactique). Il cherche par là à ce que l'action de l'élève ne soit produite et justifiée que par les nécessités du milieu et par ses connaissances, et non par l'interprétation des procédés didactiques du professeur*".

Pour enrôler les élèves et les aider à identifier la problématique, on met en place une situation déclenchante. Dans notre cas, l'exemple avec le mélange de peinture et de lumières colorées est un parfait exemple de situation déclenchante car les élèves ne s'attendent probablement pas, par exemple, à ce que le mélange de vert et bleu donne du cyan ou encore qu'on perçoive un citron noir lorsque l'on projette de la lumière bleue sur ce celui-ci.

4.1.2 La prise en compte des conceptions des élèves dans notre séquence

La thématique de la lumière et des couleurs est complexe et comprend de nombreux concepts difficiles à assimiler. En effet, bon nombre de personnes ont des représentations erronées qui peuvent rester profondément ancrées. Parmi les conceptions erronées les plus communes, on retrouve, selon le site internet des MER :

- La lumière blanche est sans couleur, pure : quand la lumière blanche passe dans un prisme ou traverse un filtre, de la couleur lui est ajoutée.
- La lumière blanche nous permet de voir la vraie couleur des objets. «Ma feuille est blanche parce que je n'ai pas ajouté d'autres couleurs à celle-ci».
- Les couleurs sont liées à des propriétés de l'objet exclusivement, sans référence à la lumière qui éclaire l'objet. Ne dit-on pas qu'un pull est rouge ?
- Confusion entre les couleurs primaires en couleur peinture et en couleur lumière

Dans notre planification, nous avons anticipé ces conceptions et avons construit notre cours de manière à ce qu'elles soient mises en évidence le plus tôt possible, afin de tenter de les déconstruire à travers nos activités.

Ainsi, dès début de l'activité 2, les élèves sont confrontés à une situation-problème dans laquelle ils comprennent qu'il existe une contradiction entre leur conception de départ sur les mélanges de couleurs (issue de leurs cadres de rationalité familial et scolaire "art visuel") et leurs observations (nouveau cadre "physique"). C'est sur la base de ce conflit cognitif que les différentes notions de la séquence pourront être abordées. Les autres conceptions sont mises en évidence puis déconstruites à travers les différentes activités. Par exemple, les

activités du chapitre 3 permettent de montrer que la lumière blanche n'est pas pure, mais qu'elle est composée de toutes les couleurs, et ce grâce à l'observation des objets à la lumière blanche puis à travers un filtre.

De plus, l'activité 3 s'articule autour d'une conception erronée repérée dans certaines classes. Bon nombre d'élèves étaient persuadés qu'un filtre ne laissait pas passer les lumières de sa couleur propre car c'est la couleur dont est perçue le filtre. Un conflit cognitif est alors provoqué afin de déconstruire cette conception : les élèves observent que la lumière colorée n'est pas absorbée par le filtre, mais qu'elle se propage bien jusqu'à l'écran blanc.

En introduction de l'activité 4, une nouvelle situation-problème est présentée par le biais d'une image montrant que la couleur d'un objet peut varier en fonction de la lumière colorée par laquelle il est éclairé. Elle servira à provoquer un conflit cognitif chez les élèves, car cette situation intervient après une phase d'hypothèse répondant à la question suivante: *un objet peut-il avoir différentes couleurs ?* La réponse donnée par l'image contredira probablement l'hypothèse précédemment formulée et devrait susciter de la curiosité chez l'élève et lui donner l'envie de comprendre le phénomène. Nous démontrons ensuite tout au long de l'activité 4 sur les lumières colorées, que c'est le phénomène d'absorption et de réflexion de la lumière qui nous permet de voir la couleur des objets, et non pas la lumière blanche. C'est donc par le biais de ces déconstructions successives de conceptions que l'enseignant peut guider les élèves sur la voie de la résolution du problème de l'origine de ces contradictions, dans le but d'établir le lien entre les différents cadres de rationalité.

4.2. Modélisation

4.2.1 Définition

Un modèle est communément défini comme un objet ou un concept qui va permettre de représenter la réalité de différentes manières. Bunge (1974) ou encore Martinand (1994) le définissent également comme un moyen permettant de mettre en relation le monde théorique avec le monde empirique. Il peut être considéré en quelque sorte comme un monde intermédiaire ou une sorte de lunette conceptuelle (Halloun, 2004) qui va permettre d'observer des phénomènes naturels. Un modèle ne constitue pas la réalité mais la représente en simplifiant certains de ses aspects, ce qui peut causer des conflits pour les représentations cognitives chez l'élève.

4.2.2 La modélisation dans notre séquence

Dans notre planification, la modélisation est centrale afin de conceptualiser des phénomènes complexes comme la composition de la lumière et la perception des couleurs. Elle est l'outil qui permet d'amener les élèves à se façonner une représentation de la décomposition de la lumière blanche, de l'absorption de la lumière à travers les filtres et des synthèses additive et soustractive des couleurs.

De plus, elle constitue un objectif de formation méthodologique, qui va de pair avec toute formation scientifique. C'est pourquoi nous avons inclus la modélisation dans les objectifs d'apprentissage. Dans la terminologie du PER, la modélisation correspond à l'objectif général MSN37 :

- MSN 15/25 — Modéliser des phénomènes naturels, techniques, sociaux ou des situations mathématiques
- en imaginant et en utilisant divers outils de représentation (codes, schémas, graphiques, tableaux,...)

L'activité 2 propose aux élèves de reporter les couleurs observées sur trois cercles superposés. En les coloriant, les élèves réalisent en réalité une forme simple de modélisation par un diagramme de Venn de la synthèse additive. Il nous a semblé pertinent d'introduire ce schéma de cette manière car ainsi, les élèves comprennent réellement qu'il correspond à la lumière projetée et superposée sur un écran. En dernière partie d'activité, les élèves se familiarisent avec un logiciel de modélisation de la synthèse additive³. L'utilisation d'un modèle dans ce cas est indispensable pour des raisons pratiques. Il serait en effet très difficile de faire des observations similaires avec un dispositif réel constitué de projecteurs et d'un écran, comme dans la première partie d'activité. Nous avons veillé à choisir un logiciel simple d'usage sur lequel seules deux manipulations sont possibles: allumer/éteindre les projecteurs, et varier leurs intensités. Ainsi, il est possible pour les élèves de faire rapidement, et sans difficultés de l'ordre du registre sémiotique, la déduction attendue : les différentes couleurs s'obtiennent par un jeu de dosage des trois couleurs élémentaires.

Dans l'activité 3, les élèves sont amenés à modéliser l'effet d'un filtre sur une lumière blanche ou colorée. Ils ancrent ainsi le fonctionnement d'un filtre dans leur apprentissage et développent une méthodologie systématique dans la résolution de problèmes mettant en scène des filtres. Grâce au modèle développé, les élèves déconstruisent définitivement leur éventuelle conception erronée, selon laquelle un filtre absorberait sa propre couleur.

L'activité 4.3 a pour but que les élèves modélisent les phénomènes de réfraction et d'absorption en justifiant leur réponse par un modèle de réponse. Ce dernier comprend les couleurs RVB qui se reflètent ou qui sont absorbées par une surface. Ainsi, l'élève peut trouver une méthode systématique de réponse en testant les différentes couleurs. Grâce à cette modélisation et à celle de l'activité 3, les élèves comprennent que les fonctionnements des filtres et des lumières colorées sont fondés sur le même principe.

³(http://www.pocl.fr/physique_chimie_college_lycee/quatrieme/optique/synthese_additive.htm)

4.3 Démarche expérimentale

4.3.1 Définition

Pour de Vecchi, il est important de ne pas confondre les notions liées à l'expérimental qui sont les suivantes :

- Une démarche scientifique n'est pas exclusive au domaine des sciences expérimentales mais peut aussi être mobilisée dans les sciences humaines, sociales...
Elle utilise d'autres outils que l'expérimentale. Toute recherche digne de ce nom est de nature scientifique.
- La méthode expérimentale équivaut plutôt à un plan à suivre, un mode d'emploi ou à une marche à suivre qui suit un ordre strict que l'on peut aussi appeler protocole. Par exemple, parmi les plus célèbres protocoles, nous retrouvons celui de Claude Bernard (1865) que l'on abrège par les initiales OHERIC qui correspondent à observation, hypothèse, expérience, résultats, interprétation et conclusion. De manière générale, il s'agit du protocole, caricatural, que l'on emploie le plus souvent dans les salles de classes.
- Une démarche expérimentale est une approche plus réaliste, moins stricte et intègre une approche plus tâtonnante. Il n'est pas constitué d'étapes prédéterminées et est donc moins affectée par les directives de l'enseignant. Il peut donc laisser des libertés dans la manière de résoudre le problème.

4.3.2 La démarche expérimentale dans notre séquence

Dans notre séquence, la méthode expérimentale est présente de manière partielle : du schéma caricatural OHERIC, nous nous intéressons en particulier aux phases d'observation et d'émission d'hypothèses. C'est pourquoi, nous parlons donc plutôt de "*démarche expérimentale*". En effet, tout au long des différentes activités, il est régulièrement demandé aux élèves de formuler une hypothèse à partir de leurs connaissances au préalable, puis de faire de nouvelles observations en contexte expérimental. C'est sur la base de ces dernières qu'ils pourront réaliser leurs déductions sur le phénomène en question et construire de nouvelles conceptions.

Dans l'activité 2, ce type de démarche est central pour la création de la première situation-problème. Par la suite, la démarche permet de guider les élèves dans le processus de déduction du fonctionnement général des différents phénomènes. Dans l'activité 4.1, par exemple, les phénomènes à déduire sont la synthèse soustractive et le fonctionnement de la lumière colorée. L'emploi d'objets familiers permet un ancrage dans le quotidien.

Dans l'activité 3, l'étude de l'effet des filtres constitue à son tour un démarche expérimentale. En effet, les élèves doivent tout d'abord émettre leurs hypothèses, puis les vérifient par l'expérimentation et ses résultats, provoquant probablement un conflit cognitif, avant d'en conclure l'effet d'un filtre.

Dans l'activité 4.2 nous retrouvons toujours le même principe de démarche expérimentale : Les élèves formulent des hypothèses sur la couleur perçue de différents mots colorés éclairés par une lumière colorée, puis les vérifient lors de la phase d'observation. La confrontation entre leurs attentes liées à leurs conceptions et la réalité crée le conflit cognitif recherché.

5. Conclusion

Pour sélectionner notre thème et élaborer notre séquence, nous nous sommes fondés sur les objectifs du PER, et c'est sur l'optique que notre choix s'est porté. Le savoir savant auquel nous nous sommes référés comprend principalement des concepts liés à la lumière tels que les photons, les ondes électromagnétiques, ainsi que les spectres d'émission et d'absorption. Nous avons transposé ce savoir en un savoir enseignable par le biais d'un travail de contextualisation et de réadaptation. Nous avons été amenés à remplacer des modèles scientifiques (par exemple les modèles de synthèses additive et soustractive) par des modèles accessibles à un niveau scolaire, et à changer les conditions d'émergence des problèmes. Ainsi, notre travail de transposition consistait à montrer aux élèves la partie émergée de l'iceberg du concept de couleur : le résultat apparent plutôt que l'origine électromagnétique.

Tout au long de la séquence, et par le biais de situations-problèmes et de différentes étapes de résolution des activités, les élèves ont été guidés dans le processus de construction de leur apprentissage. En nous focalisant sur les conceptions erronées des élèves, nous avons élaboré nos exercices de manière à proposer des situations déclenchantes afin de faciliter le transfert de la responsabilité de la résolution des problèmes aux élèves. Cette dernière s'effectue par des démarches d'expérimentation mais surtout de modélisation.

Dans notre scénario, les élèves sont confrontés à deux types de données : théoriques et empiriques. D'une part, ils ont à disposition deux théories principales : la première est que la lumière blanche est composée de toutes les couleurs de l'arc-en-ciel, tandis que la seconde décrit la manière dont la couleur d'un objet dépend des couleurs qu'il va absorber. D'autre part, ils disposent de données empiriques qu'ils sont amenés à récolter en superposant des lumières de différentes couleurs, en mélangeant de la peinture, et en projetant de la lumière colorée, sur différents objets colorés. Dans le cadre d'une démarche d'expérimentation, ils ont émis des hypothèses, observé, manipulé du matériel, utilisé des appliquestes en ligne et vérifié leurs résultats. C'est ainsi les modèles que nous avons présentés et que les élèves ont élaborés vont être des ponts qui vont relier le monde théorique et le monde empirique. Par ailleurs, nous avons été attentifs à la sémiotique lors de nos choix des représentations utilisées: nous nous sommes référés à la notion de registre sémiotique afin d'élaborer des schémas n'engendrant pas de difficultés de lecture chez les élèves.

Nous avons analysé l'origine des conceptions erronées et avons remarqué qu'elles étaient principalement dues à des représentations concourantes engendrées par les différents contextes et cadres de rationalités dans lesquelles les élèves évoluent. Notre scénario permet aux élèves d'établir des liens entre ces différents cadres et de construire une nouvelle représentation de la couleur, celle d'un objet de la physique.

6. Bibliographie

- Astolfi, J., Ginsburger-Vogel, Y., & Toussaint, J. (2008). *Mots-clés de la didactique des sciences*. De Boeck Supérieur.
- Beaufils, D., Ramage, M.-J., DidaScO, (2004). *Simulation informatique et enseignement de la physique : regards didactiques*, Université Paris-Sud Centre scientifique d'Orsay - 91405 Orsay Cedex
- Brahic, A., Grenier, I., (2008), *Lumières d'étoiles, les couleurs invisibles*, Odile Jacob
- Brousseau, G., (1998). *Glossaire de quelques concepts de la théorie des situations didactiques en mathématiques*. DAEST- Faculté des Sciences de l'Homme-Université Victor Segalen Bordeaux 2
- Bunge, M. (1975). *Philosophie de la physique*, Paris, France : Editions du Seuil.
- Chevallard, Y., & Johsua, M.-A. (1986). *Transposition didactique : Du savoir savant au savoir enseigné - Un exemple d'analyse de la transposition didactique*. Pensée sauvage.
- Chevallard, Y. A. du texte, Chevallard, Y. A. du texte, Chevallard, Y., & Johsua, M.-A. A. du texte. (1991). *La transposition didactique : du savoir savant au savoir enseigné. Suivi de Un exemple de la transposition didactique ([2e éd. revue et augm.] Yves Chevallard ; Yves Chevallard et Marie-Alberte Johsua [texte imprimé]. Retrieved October 19, 2016*
- de Vecchi, G. (2006). *Enseigner l'expérimental en classe : Pour une véritable éducation scientifique*. Hachette Editions. (p. 221-229)
- de Vecchi, G. (2006). *Enseigner l'expérimental en classe : Pour une véritable éducation scientifique*. Hachette Editions. (p. 55 -65)
- de Saussure, F., (2005), *Cours de linguistique générale*, Arbres d'Or
- Develay, M. (1987). A propos de la transposition didactique en sciences biologiques. *Aster [ISSN 0297-9373], 1987, N° 4, p. 119.*
- Duval, R., (1988). *Écart sémantiques et cohérence mathématique : introduction aux problèmes de congruences*, in *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives de l'IREM de Strasbourg*
- Giordan, A., Girault, Y. et Clement, P. (1994), *Conceptions et connaissance*, Peter Lang
- Halloun, I. A., (2004). *Modeling theory in science education*. Dordrecht, Holland: Kluwer Academic Publishers.
- Kane, J., Sternheim, M. (1989) ; *Cours, QCM, exemple et exercices corrigés - 1er cycle/ Licence PCEM PCEP; Physique ; 3ème édition revue par Philippe Ghosez, Maryse Hoebeke et Gabriel Llabrés ; DUNOD*
- Lerouge, A., (1992). *Représentation cartésienne, rationalité mathématique et rationalité, du quotidien chez des élèves de collège*. Thèse de doctorat, Université Montpellier II
- Malafosse, D., Lerouge, A., Dusseau, J.-M., (2000). *Notions de registre et de cadre de rationalité en inter-didactique des mathématiques et de la physique*, Tréma
- Martinand, J.-L. (n.d.). Introduction à la modélisation. In *Actes du séminaire de didactique des disciplines technologiques, Cachan* (p. 126–138.).

Meirieu, P., Avanzin, G.,i (1987). *Apprendre. oui, mais comment*, Edition ESF

Verret, M. (1975). *Le temps des études* (Vols. 1–2). Lille, France: Atelier Reproduction des thèses.