

Un trimestre d'enseignement optionnel en Première S

par Jacques SENEZ
Professeur au Lycée Faidherbe - 59000 Lille

Contenu - Réactions des élèves - Bilan

REMARQUES GÉNÉRALES

- J'ai abordé l'unité U3 : *rayonnement et couleur*.
- J'ai commencé le programme de Première S par l'optique car deux élèves sur trente ne font pas l'option Sciences Expérimentales.
- Les travaux pratiques optionnels sont évalués régulièrement, à la satisfaction de Tous.
- Dès la quatrième séance, les élèves m'ont réclamé un test noté. J'ai accepté très volontiers, et j'ai fait figurer sur le *Bulletin Trimestriel* une note chiffrée, en Sciences Expérimentales, prenant en compte les résultats de l'évaluation des T.P. et du test.

PROGRESSION

J'ai adopté le cheminement suivant :

SÉANCE 1

T.P. 1 : Lumière et Couleurs

SÉANCE 2

T.P. 2 : Synthèse soustractive des Couleurs

SÉANCE 3

Elle est consacrée à l'interprétation des Spectres et la réalisation d'une expérience mettant en évidence l'effet de serre.

PLAN

I - Température d'une source - Spectres d'émission - Loi de Wien.

II - Simulation de l'effet de serre.

Les élèves ont réalisé une serre miniature, avec un aquarium, retourné sur un fond bitumé noir, posé sur des blocs réfrigérés et un thermomètre digital placé à l'intérieur.

Ils ont pu constater l'élévation de température, à l'intérieur de la serre, lorsqu'elle fut exposée à la lumière solaire.

III - Spectres de raies ou atomiques.

1 - Photon.

2 - Transitions électroniques.

IV - Spectres moléculaires.

V - Applications à l'Astrophysique.

SÉANCES 4 ET 5

Elles furent employées à l'étude des phénomènes du Mirage, de l'Arc-en-Ciel, et au test.

• **J'ai simulé le mirage**, avec une eau saturée de sel, éclairée par un pinceau laser.

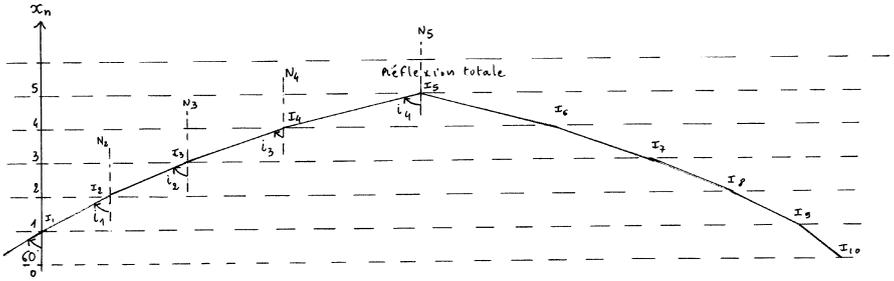
– J'en ai montré un aux élèves, photographié à Ronda, en Espagne, après un orage.

– Les élèves ont ensuite construit, avec le rapporteur, sous une incidence de 60° , la marche d'un rayon lumineux, à travers un milieu stratifié. *Chaque strate, d'épaisseur 1 cm, a un indice constant, mais diminue d'une strate à l'autre de 0,043.*

$$N_n = 1,600 - 0,043 X_n, \quad n \text{ entier} \quad 0 \leq n \leq 5$$

- Voir schéma : phénomène du mirage.

x_n en cm	0	1	2	3	4	5
N_n	1,600	1,557	1,514	1,471	1,428	1,385
i_n°	60	62,86	66,23	70,38	76	Réflexion totale



Phénomène de mirage : $N_n = 1,600 - 0,043 x_n$ (en cm).

• **Pour l'étude de l'Arc-en-Ciel**, je me suis fortement inspiré de l'article de J.-P. DEVALANCE, B.U.P. n° 723, avril 1990 : l'Echarpe d'Iris.

PLAN

I - Marche d'un rayon lumineux, à travers une goutte d'eau, en lumière monochromatique.

1 - Tracé, sous une incidence de 60° .

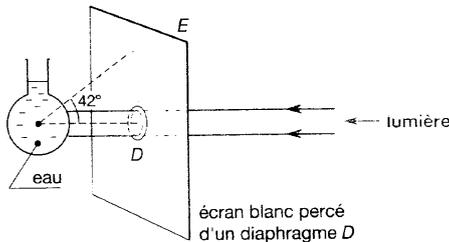
2 - Étude de la déviation D en fonction de l'incidence $D = f(i)$.

Les élèves font l'étude point par point et mettent en évidence un maxima de D pour $i = 59,5^\circ$.

C'est l'occasion, pour eux, de réapprendre à programmer une fonction, à la calculette.

II - Arc-en-Ciel : source solaire.

1 - Simulation avec une bouteille d'eau.



2 - Manipulation.

a - Calculer les indices de l'eau pour les radiations extrêmes du spectre visible, rouge de longueur d'onde $\lambda_r = 0,8 \mu\text{m}$ et violette $\lambda_v = 0,4 \mu\text{m}$, si la loi de variation de son indice est :

$$N = 1,293 + 1,4 \cdot 10^{-14} / \lambda^2 \quad (\lambda \text{ en m}).$$

b - Tracer la marche d'un pinceau de rayons lumineux, issu du Soleil, à travers une goutte d'eau, de rayon 5 cm, sous une incidence de 60° en se limitant à une seule réflexion à l'intérieur de la goutte. On limitera l'étalement de l'Arc-en-Ciel par les radiations extrêmes du spectre visible.

c - Mesurer l'angle d'étalement de l'Arc-en-Ciel.

3 - Test (durée trente minutes environ).

SÉANCE 6

Correction du test, explications complémentaires sur les phénomènes du mirage et de l'arc-en-ciel.

Contributions à la compréhension des différentes écoles de peinture par l'étude des effets des couleurs.

– *Les élèves m'ont demandé d'étudier les aspects artistiques des couleurs. J'ai accepté, d'autant plus volontiers, que je suis convaincu que l'option a pour but de développer la curiosité scientifique des élèves, leur esprit d'observation, de permettre l'acquisition d'une meilleure culture générale. Les séances suivantes furent réservées à cette étude.*

– *J'ai donc étudié certains travaux de CHEVREUL et lu les œuvres suivantes, parues chez l'éditeur DESSAIN et TOLRA :*

- **Les contrastes de la couleur.** *Ellen MARX.*
- **L'esprit de la couleur.** *Gérard BOUTÉ.*
- **Art de la couleur.** *Édition complète de Johannés ITTEN.*

– *J'ai rédigé quelques textes de travaux pratiques, permettant d'observer les effets des couleurs et leurs applications en peinture, intitulés **Art et Couleurs** T.P. 3.*

MATÉRIEL NÉCESSAIRE

Cette étude ne nécessite que peu de matériel :

- feuilles de papier de différentes couleurs, de préférence pures,
- source Pierron du coffret d'optique GEO 30 et ses cartons colorés,
- polariseur et analyseur,
- un objet blanc,
- projecteur et diapositives des tableaux indiqués dans les textes de T.P.

RÉACTIONS DES ÉLÈVES

Les élèves ont été, à la fois, très surpris par l'observation des effets des couleurs, et notamment de l'image résiduaire et de son rôle, et très curieux d'en connaître les raisons.

En général, ils réclament une évaluation transcrite sur leur Bulletin Trimestriel.

BILAN

- La classe est très hétérogène mais chaque élève, quelque soit son niveau, travaille avec intérêt.
- La correction du test montre que l'enseignement optionnel est très positif et permet à des élèves, peu doués pour l'abstraction, d'obtenir de bonnes notes.

La moyenne du test de l'option est de 13 sur 20 avec un écart quadratique moyen de 2,16 alors que celle des D.S. des cours obligatoires est de 8,16 sur 20, avec un écart quadratique de 2,17.

- L'option Sciences Expérimentales ne fait pas disparaître l'hétérogénéité de niveau de la classe mais est bénéfique pour Tous. Elle permet réellement de susciter la curiosité de chacun.

- Elle nécessite de la part du Professeur un investissement, en temps, assez important.

- Ces résultats encourageants sont dus, à mon avis, au fait que l'on donne à chaque élève une durée de réflexion suffisante pour chaque étude nouvelle, qu'il a le temps de comprendre ce qu'il fait, d'où une raison supplémentaire de motivation et de réussite.

On trouvera ci-après le texte des trois T.P. respectivement référencés T.P. 1, T.P. 2 et T.P. 3.

T.P. 1 : Lumière et couleurs

La couleur est l'impression produite sur l'œil par les diverses radiations constitutives de la lumière.

Un corps apparaît coloré parce qu'il ne diffuse et ne réfléchit qu'une partie de la lumière blanche qu'il reçoit ou parce qu'il émet lui-même de la lumière, s'il est porté à une température suffisante.

SPECTRES D'ÉMISSION CONTINUS

Réaliser un spectre avec une source alimentée par un variac, et augmenter régulièrement la tension, d'abord avec un prisme, puis avec un réseau.

- Quelles sont les couleurs qui apparaissent progressivement lorsque la température augmente ?
- Observer le thermomètre placé à gauche du spectre obtenu avec le prisme. Conclure :
- Observer la fluorescéine placée à droite du même spectre ou la photorésistance en série avec un ohmmètre. Conclure :
- Combien distingue-t-on de couleurs dans le spectre donné par un prisme ou un réseau ?
- Quelles sont ces couleurs ?
- Quelle différence existe-t-il entre les spectres réalisés avec un prisme ou un réseau ?
- Pourquoi dit-on que le spectre de la lumière blanche est continu ?
- Avec une lentille, superposer les couleurs du spectre. Qu'observe-t-on ?
- Quelle différence avec la superposition des couleurs du disque de Newton ? Expliquer :
- Quel phénomène naturel vous fait penser la décomposition de la lumière blanche ?

SPECTRE D'UN LASER

Élargir le faisceau laser, si nécessaire, (objectif de microscope + lentille de 30 cm de distance focale) ou (tige de verre) et réaliser le spectre comme précédemment.

– Combien de couleurs observez-vous ? Expliquer :

SYNTHÈSE DES COULEURS

Synthèse additive du blanc

Avec le **coffret d'optique GEO 30**, superposer les trois couleurs : bleu foncé, vert, rouge.

Pour ce faire, écarter les miroirs latéraux du boîtier, placer les trois filtres chacun dans son logement. On obtient trois faisceaux, dont deux sont dirigeables selon la position des miroirs latéraux. Superposer les zones éclairées sur une feuille blanche.

– Quelle couleur obtient-on ?

Recommencer en intervertissant les filtres. Remarque ?.....

Couleurs primaires

Ces trois couleurs qui donnent de la lumière blanche sont appelées **couleurs lumière primaires** ou de base. Leur superposition permet de **reconstituer toutes les couleurs**.

Couleurs secondaires

Ce sont les couleurs obtenues par addition **deux à deux** des couleurs primaires.

– Continuer le tableau cartésien des couleurs primaires :

Bleu	Vert	Rouge
------	------	-------

– Combien de couleurs secondaires prévoyez-vous ?

– Superposer ces couleurs, remplir le tableau cartésien.

– Vérifier que la couleur **Cyan** = **Bleu** + **Vert**.

– Vérifier que la couleur **Magenta**, **Rouge cramoisi**, ou **Rose pourpre**, = **Bleu** + **Rouge**.

Couleurs lumière complémentaires

C'est la couleur secondaire, qui, par addition à une couleur primaire donne du blanc.

- Dresser le tableau cartésien des couleurs complémentaires.....
- Vérifier expérimentalement.....

T.P. 2 : Synthèse soustractive des couleurs spectres d'absorption

I - ABSORPTION DES COULEURS

Placer une plaque à fente large devant la source du coffret GEO 30 PIERRON. Diriger le faisceau à travers le prisme équilatéral et l'orienter de façon à obtenir un spectre continu le plus net et très étalée sur la



feuille blanche, verticale.

1 - Filtres colorés

a - Primaires

Placer un filtre primaire devant la fente et indiquer la couleur obtenue sur l'écran.

Filtre	Rouge	Vert	Bleu
Couleur transmise			

- Conclure :
- Que se passe-t-il lorsque l'on superpose **deux** filtres primaires ? ..

b - Secondaires

Refaire la même manipulation qu'en a, mais avec des filtres secondaires.

Filtre	Cyan	Jaune	Magenta
Couleurs transmises			

- Conclure :

II - SYNTHÈSE SOUSTRACTIVE DES COULEURS

C'est le principe de la photographie couleur.

Superposer deux filtres secondaires différents et compléter le tableau cartésien suivant des couleurs transmises :

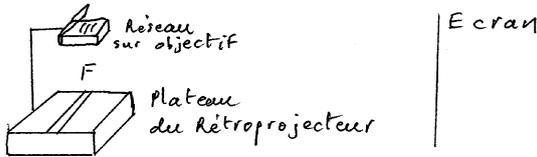
Cyan	Jaune	Magenta
------	-------	---------

- Quel type de couleur donne la superposition de deux filtres secondaires ?
- Que donne la superposition de trois filtres secondaires ? Justifier :

III - SPECTRES DE BANDES D'ABSORPTION

1 - Expériences

On pose sur le trajet de la lumière blanche, émise par la lampe d'un rétroprojecteur, une petite cuve transparente contenant une solution. La dispersion est réalisée par un réseau de cinq cent soixante dix traits,



placé contre l'objectif.

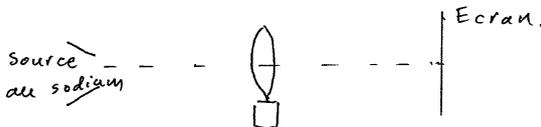
- Pourquoi le spectre présente-t-il des bandes sombres ?
- Quelles sont les bandes de couleur manquantes pour une solution de :

 - chlorophylle ?
 - permanganate de potassium ?
 - fluorescéine ?

- Deux solutions différentes ont-elles des bandes sombres identiques ?
- Quelle application peut-on en déduire ?

IV - SPECTRES DE RAIES

On éclaire une flamme par une lampe monochromatique au sodium, on observe son ombre sur un écran.



– Quelle est sa couleur ?

On projette du chlorure de sodium dans la flamme.....

– Qu'observez-vous sur l'écran ?

– Expliquez ce phénomène :

V - IDENTITÉ DES RAIES D'ABSORPTION ET D'ÉMISSION

Un fil de platine trempé dans du chlorure de sodium est introduite dans une flamme.

– Quelle couleur émet-elle ?

– Conclure :

VI - INTERPRÉTATION THÉORIQUE ET APPLICATIONS

Se reporter aux explications complémentaires.

T.P. 3 : Art et couleurs

I - RÉALITÉ DES COULEURS ET EFFETS COLORÉS

1 - Généralités

Le mot **couleur** désigne la **teinte** ; sa **pureté** caractérise son **degré d'intensité**, son **éclat** ; sa **valeur** c'est son **degré d'obscurité ou de clarté** ; sa **nuance** est une petite **différence dans sa valeur**.

La réalité des couleurs désigne le pigment de la couleur (c'est-à-dire la matière colorante), tel qu'il est défini et analysé par la physique et la chimie. Elle reçoit son contenu et son sens humain par la perception de la couleur transmise par l'œil au cerveau, mais ceux-ci ne parviennent à des perceptions claires que par comparaisons et par contraste.

Une couleur ne peut prendre de valeur que par rapport à une absence de couleur, ou à une autre couleur.

La réalité physico-chimique de la couleur s'oppose à sa perception physico-physique, ou effet coloré.

Réalité de la couleur et effet coloré ne sont identiques qu'en cas de consonance harmonieuse. Dans tous les autres cas, la réalité de la couleur produit simultanément un effet différent et nouveau.

2 - Étude expérimentale des effets de la couleur

Observer deux carrés égaux blanc et noir sur fond respectivement noir et blanc.

- Apparaissent-ils de même dimensions ?
- Pourquoi dit-on que le blanc rayonne et déborde des limites alors que le noir rapetisse ?

Observer un carré gris clair sur fond blanc et le même carré sur fond noir.

- La réalité d'une couleur correspond-elle à son effet ?

Comparer les clartés de deux carrés jaune identiques, l'un sur fond blanc, l'autre sur fond noir. Remarquer que le jaune sur fond blanc

acquiert une tonalité chaude et douce ; que sur fond noir, le jaune prend une expression d'un caractère froid et agressif.

Observer deux carrés égaux rouges, l'un sur fond blanc, l'autre sur fond noir.

– Un fond noir donne-t-il plus de luminosité à une couleur qu'un fond blanc ?

Les couleurs ont des dimensions et un rayonnement propres, elles donnent aux surfaces d'autres valeurs que les lignes.

II - HARMONIE DES COULEURS

1 - Phénomène des contrastes successifs

Fixer un carré vert, puis fermer les yeux ou regarder un écran blanc.

– Que voyez-vous ?

En procédant de la même façon que précédemment, compléter le tableau suivant :

Couleur fixée	Vert	Rouge	Jaune	Violet
Couleur vue				

– Quel équilibre l'œil établit-il ?

2 - Phénomène des contrastes simultanés

Il est conseillé, lorsque l'on fixe une couleur, de couvrir toutes les autres et d'approcher l'œil le plus possible de ce que l'on regarde.

– Comment vire un carré gris clair sur des fonds de couleur pure telles :

- le vert ?

- le rouge ?

- le violet ?

- le jaune ?

– Vers quelle couleur ont tendance à virer les tons purs ?

– Quelle est la couleur de l'image résiduaire d'un carré gris neutre sur fond gris ?

Le gris moyen crée dans l'œil un état d'équilibre parfait, deux ou plusieurs couleurs *sont harmonieuses* lorsqu'elles donnent un mélange gris neutre.

Sur une surface rouge, peindre un petit carré noir, placer dessus un papier de soie transparent.

- Quelle est la couleur du carré ?.....
- Quelle est la couleur du carré avec une surface :
- verte ?.....
- violette ?.....
- jaune ?
- Conclure :

Application : Méthode des pointillistes

Poser côte à côte deux couleurs pures complémentaires, sous forme de petits points.

- Quelle couleur observez-vous ?

Remarque

Les tableaux suivants montrent des exemples de l'emploi du contraste des complémentaires :

- *La Madone du chancelier Rolin* - Jan VAN EYCK (1390-1441) - Musée du Louvre, Paris.
- *Salomon reçoit la Reine de Saba* - Peiro della FRANCESCA (1410-1492) - Fresque d'Arezzo.
- *La montagne Sainte-Victoire* - Paul CÉZANNE (1839-1906) - Musée d'Art, Philadelphie.

III - CONTRASTE DE LA COULEUR EN SOI

Juxtaposer suivant deux rangées, l'une avec les trois carrés PIERRON, en carton, de couleurs primaires, l'autre avec les carrés de couleurs secondaires, sur un fond blanc.

- Quelle est la juxtaposition de couleur qui renferme le plus fort contraste en soi ?
- La force d'expression du contraste de la couleur en soi diminue-t-elle lorsque les couleurs juxtaposées passent du primaire au secondaire ?.....

Séparer chaque couleur par des traits noirs ou blancs.

- Le contraste de la couleur en soi est-il renforcé ?.....

Lecture

Extrait de : *Art de la couleur* - ITTEN

Le contraste de la couleur en soi apporte la solution à de nombreux sujets en peinture. Il exprime la vie bouillonnante, le jaillissement d'une force lumineuse. Les couleurs pures primaires et secondaires expriment toujours un rayonnement cosmique primitif et en même temps une réalité solennelle et matérielle. C'est pourquoi elles s'emploient aussi bien pour un couronnement céleste que pour une nature morte réaliste.

Les arts populaires sont souvent la source de contrastes de la couleur en soi. Les broderies multicolores, les costumes folkloriques, les céramiques prouvent cette joie naturelle que produisent les effets colorés. Au début du Moyen Age, les miniaturistes ont employé avec de très nombreuses variantes le contraste de la couleur en soi, moins pour des raisons de nécessité spirituelles que pour le simple plaisir de la décoration multicolore. Le contraste de la couleur en soi est également très fréquent dans les vitraux : sa force brute s'affirme en opposition avec les formes plastiques de l'architecture.

IV - CONTRASTE CLAIR-OBSCUR

La luminosité d'une couleur est *évaluée par comparaison avec un gris moyen*. L'opposition noir-blanc marque le plus fort contraste de clair-obscur.

Faire des surfaces striées d'écartements différents, au crayon, sur une feuille blanche, sans ligne.

– Peut-on produire tous les degrés possibles de clair et de foncé ?..

Remarque

Le contraste clair-obscur a une importance capitale dans la peinture au lavis en Chine et au Japon ; les techniques de gravure sur bois, de gravure en eau-forte et sur cuivre.

REMBRANDT est le véritable représentant de la peinture en clair-obscur : dans ses œuvres, les couleurs pures ont souvent l'éclat de bijoux se détachant sur un fond de coloris sourds.

Les tableaux suivants montrent des exemples de l'emploi du contraste clair-obscur :

– *Citrons, oranges et rose* - Francisco ZURBARAN (1598-1664) - Florence, Collection A. Contini-Bonacossi.

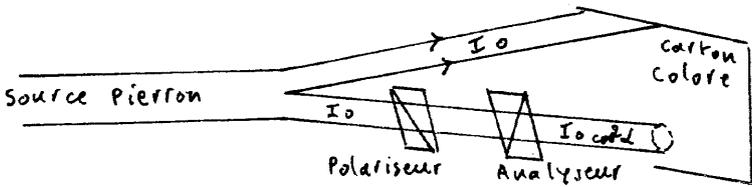
- *L'homme au casque d'or* - REMBRANDT (1606-1669) - Berlin, Musée Kaiser-Friedrich.
- *La guitare sur la cheminée* - Pablo PICASSO (1915).
- *Dessins de Seurat*.

V - VALEURS CLAIRES-OBSCURES D'UNE COULEUR

Le degré de clarté ou d'obscurité d'une couleur est la valeur de sa tonalité ou le ton de la couleur.

Placer, sur la source PIERRON MT 2 348, une fente large, orienter un miroir pivotant de façon à éclairer simultanément, suivant deux plages d'intensités différentes un carré coloré uniformément.

Pour faire varier l'intensité lumineuse, interposer sur l'un des faisceaux, d'intensité I_0 , deux polariseurs, On obtient, suivant la loi de Malus, une intensité $I = I_0 \cos^2 \alpha$, α angle des plans de polarisation.



Observer successivement les couleurs rouge, orangé, jaune et comparer, dans chaque cas, les clartés des plages.

Refaire les observations avec un carré vert puis bleu.

- Comment se modifient les valeurs claires-obscurées d'une couleur pure selon l'intensité de l'éclairage ?
- Les observations précédentes justifient-elles le fait que : *le ton des couleurs produit, à la lumière du jour, un effet conforme à la réalité, et un effet faussé, à la lumière du crépuscule ?*
- *Les tableaux d'autel, prévus pour le demi-jour des églises, peuvent-ils être exposés dans des musées aux salles claires ou sous une lumière artificielle trop vive ?*

Léonard de VINCI (1425-1519) peignit ses tableaux avec d'innombrables nuances de tonalités : Saint Jérôme et l'Adoration des rois en sont deux exemples.

Le Titien (1477-1576) met à profit les degrés de clarté d'une couleur : *portrait de Bella, galerie Pitti à Florence, Le Couronnement d'Épines au Pinacothèque de Munich.*

VI - EFFET SPATIAL DES COULEURS

Placer les six carrés de couleurs primaires et secondaires l'une à côté de l'autre sur fond noir.

- Les couleurs vous paraissent-elles dans le même plan ?.....
- Quelle est celle qui semble en avant ?.....en arrière ?
- Que devient l'effet de profondeur si l'on utilise un fond blanc ?..
- Comment apparaissent les tons clairs sur fond noir ?.....
- Comment apparaissent les tons sombres sur fond clair ?.....

Dessiner une petite tache jaune, entourée d'une grande surface rouge, sur une feuille blanche.

- Comment apparaît la tache ?.....

Recommencer avec une tache jaune agrandie et une plus petite surface rouge.

- Peut-on dire que les quantités jouent un grand rôle dans les effets de profondeur ?.....
- Quels sont les paramètres qui interviennent dans l'effet de profondeur ?.....

Les peintures du Viennois MAULPERTSCH (1724-1796) ne sont que l'application de cet effet des couleurs.

VII - CONTRASTE DE QUANTITÉ OU DIMENSIONS DE SURFACES HARMONIEUSES DES COULEURS

1 - Règle des harmonies quantitatives

Deux facteurs déterminent la force d'expression d'une couleur : sa luminosité et la dimension de la tache colorée. *GOETHE a attribué à chaque couleur une valeur de luminosité :*

Couleur	Jaune	Orange	Rouge	Violet	Bleu	Vert
Valeur lumineuse	9	8	6	3	4	6

Les valeurs des couleurs complémentaires sont :

- jaune-violet = $9/3 = 3/1 = 3/4 : 1/4$,
- orange-bleu = $8/4 = 2/1 = 2/3 : 1/3$,
- rouge-vert = $6/6 = 1/1 = 1/2 : 1/2$.

*Pour que les surfaces colorées aient des dimensions harmonieuses, elles doivent être dans le **rapport inverse des luminosités**.*

Compléter le tableau suivant des dimensions des surfaces harmonieuses des couleurs primaires et secondaires :

Couleur	Jaune	Orange	Rouge	Violet	Bleu	Vert
Valeur de surface			6			6

2 - Étude expérimentale

Des surfaces colorées juxtaposées, de couleurs différentes sont harmonieuses, quand les teintes ne changent pas lorsque l'on ouvre et ferme rapidement plusieurs fois les yeux.

Accoler deux carrés en carton, égaux, de couleurs différentes (matériel PIERRON) ; choisir les couples : vert-rouge ; jaune-violet ; rouge-bleu.

- Quels sont les couples de couleurs qui vous semblent harmonieux ? (justifier en s'aidant du tableau des valeurs des surfaces)....

Colorier sur une feuille blanche deux bandes constituées : l'une d'une surface jaune, et une surface violette trois fois plus grande ; l'autre d'une surface rouge et d'une surface bleue deux fois plus grande.

- Quelles sont les bandes qui vous paraissent harmonieuses ?.....
- Quelles sont les combinaisons qui ont un effet expressif ?.....

On réalise un effet expressif lorsqu'une seule couleur domine parmi toutes celles qui l'accompagnent.

3 - Construction du cercle des harmonies quantitatives des couleurs primaires et secondaires

Tracer une couronne, diviser la en trois secteurs égaux, chaque secteur d'angle au centre 120° , contient deux couleurs complémentaires. L'angle au centre, pour la couleur jaune, par exemple, a pour valeur : $120 \times (1/4) = 30^\circ$.

Compléter le tableau des angles au centre pour chaque couleur :

Couleur	Jaune	Violet	Orange	Bleu	Rouge	Vert
Angle au centre	30					

Construire le cercle des harmonies quantitatives, en coloriant la couronne, dans les proportions du tableau des angles au centre, en suivant l'ordre : jaune, orange, rouge, violet, bleu, vert.

Observer que ces quatités harmonieuses donnent naissance à des effets statiques apaisants.

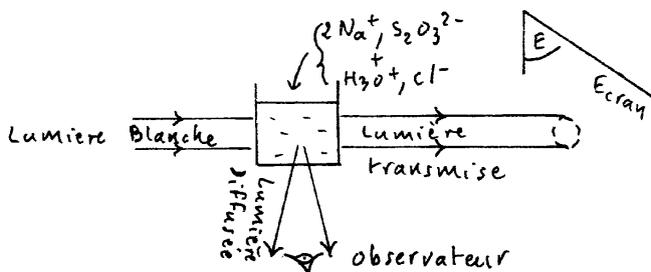
Remarque

Le tableau de *Pieter BRUEGEL l'Ancien : Paysage avec la chute d'ICARE, Bruxelles, Musée Royaux des Beaux Arts*, met en valeur le contraste de quantité.

VIII - COULEURS LOCALES

1 - Couleurs réfléchies et transmises

a - Expérience



Un faisceau parallèle de lumière blanche traverse une cuve transparente, contenant du dithionate de sodium à 0,02 mol/L, et se projette sur un écran.

- Indiquer les teintes de la solution, regardée latéralement, et celle de la lumière transmise sur l'écran.....

Lorsque l'on ajoute de l'acide chlorhydrique à 1 mol/L, avec une pipette, il se forme lentement du soufre colloïdal.

- Quelles sont les teintes prises par la solution et la lumière transmise sur l'écran ?

b - Interprétation

- Les rayons réfléchis par une surface donnée produisent-ils une couleur complémentaire de la lumière absorbée ?

La couleur réfléchie apparaît comme la couleur propre de l'objet ou couleur locale.

2 - Influence de la couleur d'éclairage

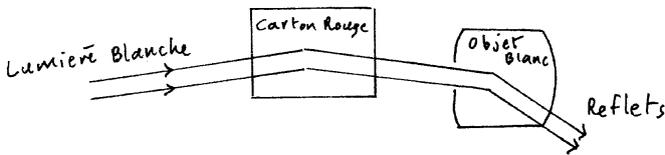
Adapter une fente large à la source PIERRON, éclairer un carton bleu avec une lumière blanche.

Change-t-il de couleur ?

Interposer un filtre orangé, de couleur différente de celle de l'objet, sans lumière du jour.

- Quelle couleur prend le carton ?
- Une modification de la couleur d'éclairage entraîne-t-elle une modification des couleurs locales de l'objet ?

Éclairer, sans lumière du jour, un carton rouge, par de la lumière blanche, sous une incidence de 45°, envoyer les rayons réfléchis sur un objet blanc.



- Quels sont les reflets de l'objet blanc ?

Remplacer l'objet blanc par un objet vert.

- Quels sont ses reflets ?
Justifier :

Remplacer l'objet vert par un objet noir.

- Quels sont ses reflets ?
Justifier :

3 - Ombres colorées

A la lumière du jour, éclairer un objet blanc avec une lumière rouge, obtenue en adaptant un filtre coloré à la source PIERRON.



– Quelle est la couleur de l'ombre ?

Compléter le tableau des ombres observées, lorsque l'on change la teinte du filtre.

Couleur de la lumière	Rouge	Verte	Jaune	Violette
Couleur de l'ombre				

– Quelle est la nature de la couleur de l'ombre, à la lumière du jour, produite par une lumière colorée ?

Refaire la même étude **mais sans lumière du jour**. Compléter le tableau. Interpréter les résultats.

Couleur de la lumière	Rouge	Verte	Jaune	Violette
Couleur de l'ombre				

Sans lumière du jour, en utilisant les miroirs pivotants et deux filtres, éclairer l'objet avec deux lumières colorées différentes.

– Quelle est la couleur de l'ombre de l'objet donné par les couples de teintes :

- rouge et verte ?

- verte et bleue ?

– Est-elle identique à celle donnée par la superposition des deux lumières colorées incidentes ?

Observer la couleur de l'ombre donnée par chacune des couleurs du couple.

– Les deux ombres mélangées ont-elles la même teinte que le mélange des lumières de même couleur que l'ombre donnée par chacune des couleurs du couple ?

Justifier :

Remarque

La peinture impressionniste doit sa genèse à l'étude des changements de couleurs locales, provoqués par les modifications de la lumière solaire et le phénomène des couleurs réfléchies.

Lecture

Extrait de l'Édition Complète : Art de la couleur - Johannés ITTEN - Chez Dessain et Tolra.

Si l'on donne à chaque objet et à chaque surface sa véritable couleur locale, on obtient un effet réaliste et concret. Une composition de ce genre est faite d'une multiplicité d'éléments individuels qui ne forment une unité que malgré eux. Conrad WITZ a souvent utilisé ce mode de représentation. Si l'on emploie les couleurs objectives des objets comme couleurs locales de la composition et si l'on donne aux objets leur véritable couleur, rouge en rouge et jaune en jaune par exemple, les objets ne sont plus limités ni isolés. Ils se dissolvent dans leur propre atmosphère qui est devenue celle du tableau.

Les modulations en chaud et froid permettent également d'obtenir des effets plastiques. Ces modulations provoquent la «dissolution» des couleurs locales. Les tons d'ombre et de lumière sont remplacés par des variations des couleurs locales, plus chaudes ou plus froides en utilisant le même degré de valeur. Le contraste clair-obscur est complètement éliminé, et ceci permet de créer une atmosphère pittoresque.

En étudiant les couleurs locales, prêtons une attention particulière à la couleur de la lumière d'éclairage. Sous un éclairage bleuâtre, un vase vert paraît bleu-vert, et une coupe jaune paraît jaune-vert : la couleur de l'objet se mélange avec la tonalité de l'éclairage.

Les couleurs réfléchies éparpillent les tons locaux et dissolvent la couleur et la forme de l'objet pour former une composition de taches.

DELACROIX disait : «Dans la nature, tout est reflet».

Le problème de l'ombre colorée est également du domaine de l'impression des couleurs.

Si, un soir d'été, on observe dans la lumière orangée du soleil couchant et le reflet bleuté du ciel à l'est, les ombres des arbres, on distingue très nettement la tonalité bleue de l'ombre. Les ombres colorées sont encore plus visibles en hiver, lorsque les rues sont

couvertes de neige blanche. Le ciel bleu sombre de la nuit et l'éclairage orangé des rues dessinent sur la neige des ombres d'un bleu profond. Si l'on se promène dans les rues enneigées et éclairées de réclames multicolores, on voit sur le sol de multiples ombres rouges, vertes, bleues et jaunes.

En peinture, ce sont les impressionnistes qui ont compris ce phénomène et qui se sont attachés à le résoudre. Lorsque leurs tableaux présentaient l'ombre des arbres peinte en bleu, ils provoquaient une certaine émotion parmi les visiteurs de l'exposition. Jusqu'à cette époque il était généralement admis que les ombres devaient être peintes en gris noir. Mais les impressionnistes, après avoir attentivement observé la nature, en avaient conclu que les ombres devaient être représentées par les couleurs.

La notion d'impression ne doit pourtant pas être employée simplement en référence à la peinture impressionniste.

Les frères VAN EYCK, HOLBEIN, VELASQUEZ, ZURBARÁN, LE NAIN, CHARDIN et INGRES sont à mon avis des peintres «impressionnistes», car leurs œuvres sont soumises à une observation exacte de la nature. La peinture chinoise au lavis est également pour une grande partie impressionniste. La philosophie de la Chine antique consistait à vénérer la nature et les forces de la nature. C'est pourquoi il est normal que les peintres aient étudié en détail les formes qu'ils rencontraient dans cette même nature. Les montagnes, l'eau, les arbres et les fleurs représentaient pour eux des symboles spirituels. Le peintre chinois étudiait les formes naturelles jusqu'à les connaître aussi parfaitement que les signes d'écriture. Pour les représenter, il n'employait la plupart du temps qu'une seule couleur, l'encre de chine noire, qu'il savait faire vibrer de toutes les clartés possibles. Le caractère abstrait de la technique de lavis renforçait le caractère symbolique de la peinture qui était pour lui chose essentielle.

Dans certains tableaux d'art moderne, il nous arrive de rencontrer des visages humains verts, bleus ou violets. Le profane est souvent désemparé, car ces couleurs ne sont pas naturelles. Il existe différents motifs qui poussent le peintre à modifier ainsi les couleurs. Le bleu et le violet utilisés pour le visage peuvent avoir une signification particulière et une expression spéciale. La vie psychique d'un être peut être représentée par certaines couleurs. Pour un visage, le vert et le bleu peuvent aussi avoir une signification symbolique. Ces moyens de

représentation ne sont pas spécialement nouveaux. Nous rencontrons ces couleurs symboliques très tôt aux Indes et au Mexique. Sur un visage, le bleu et le vert peuvent, d'autre part, représenter l'ombre d'une lumière dont la tonalité correspond à ces couleurs.

Contrôle

Définition des couleurs complémentaires.

- Quelle est la couleur complémentaire du cyan ?
- Que peut-on déduire des spectres d'absorption moléculaires ?
- Quelles sont les couleurs observées dans un spectre de lumière blanche ?
- A quel phénomène naturel vous fait-il penser ?
- Définition d'une couleur primaire.
Les citer
- Compléter : bleu + vert =
 jaune = +
- Qu'observe-t-on lorsque l'on envoie un faisceau laser sur un prisme ?
- Que pouvez-vous dire des raies d'émission et d'absorption d'un élément ?
- Quel est le domaine de longueur d'onde des radiations visibles ?
Exprimer la loi de Wien :

Une raie a pour longueur d'onde dans le vide $10 \mu\text{m}$.

- Calculer sa fréquence et l'énergie des photons (vitesse de la lumière $300\,000 \text{ km/s}$, constante de Planck $6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s.}$)
- Calculer la longueur d'onde de la radiation émise lorsqu'un atome passe du niveau $E = -1,4 \text{ eV}$ au niveau $E' = -3 \text{ eV}$