La vision des lumières de couleurs

En partie d'après le manuel numérique d'Image https://spcl.ac-montpellier.fr/moodle/

I. Relation entre couleur perçue et composition du rayonnement.

Question préliminaire

1. D'après vos connaissances ou votre intuition, que peut-on déduire du rayonnement qui entre dans l'œil si la couleur perçue est jaune ? Et si la couleur perçue est blanche ?

Partie I.1 : que peut-on déduire de l'affirmation "je vois du jaune" ?

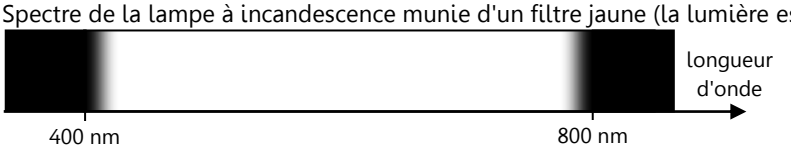
On dispose d'une source de lumière blanche (Soleil ou lampe à incandescence) et de trois autres sources qui émettent une lumière perçue jaune :

– une lampe à incandescence munie d'un filtre jaune ;
– un écran de téléphone portable affichant du jaune ;
– une lampe à vapeur de sodium.

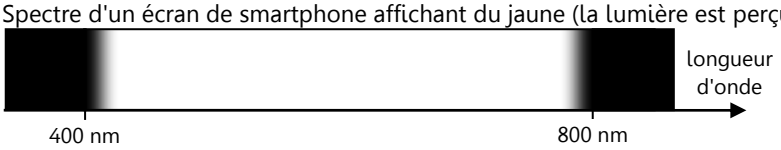
2. Observer successivement ces quatre sources de lumière à travers un spectroscope et décrire leurs spectres d'émission (et les représenter ci-dessous, en comparaison avec le spectre de la lumière blanche).

Spectre de la lumière donnée par une lampe à incandescence ou par le Soleil (la lumière est perçue blanche) :

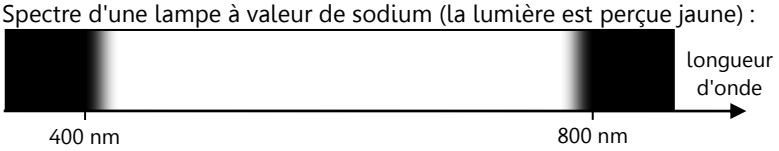
Spectre de la lampe à incandescence munie d'un filtre jaune (la lumière est perçue jaune) :



Spectre d'un écran de smartphone affichant du jaune (la lumière est perçue jaune) :



Spectre d'une lampe à valeur de sodium (la lumière est perçue jaune) :



3. La réponse à la question 1 est-elle validée par ces observations ?
4. Observer au microscope l'écran d'un téléphone portable affichant du jaune et décrire ce qui est observé.

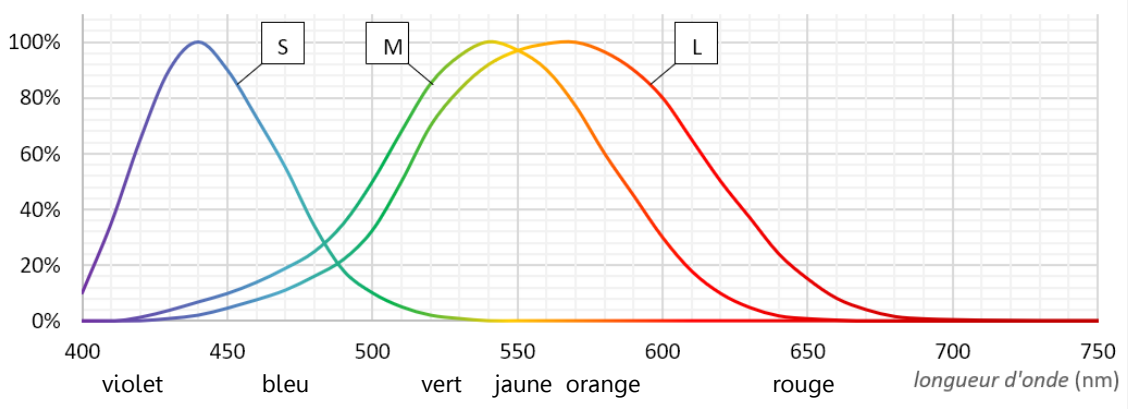
Partie I.2 : la lumière blanche.

5. Observer au microscope l'écran d'un téléphone portable affichant du blanc et décrire ce qui est observé.
6. La réponse à la question 1 est-elle validée par ces observations ?
7. Les trois couleurs que l'on a observées lors de la question 5 constituent les "couleurs primaires" les plus couramment utilisées par les afficheurs (et pour la synthèse additive des couleurs) : nommer ces couleurs.

DOCUMENT 1 : courbe de sensibilité spectrale de l'œil

Il existe trois types de cônes sur la rétine : ainsi se nomment les récepteurs responsables de la vision diurne (de jour). Leurs sensibilités sont différentes selon la longueur d'onde du rayonnement qu'ils reçoivent. On distingue :

- **les cônes « S »** (de l'anglais « small ») dont la sensibilité est maximale pour les rayonnements de courtes longueurs d'onde ;
- **les cônes « M »** (de l'anglais « medium ») dont la sensibilité est maximale pour les rayonnements de longueurs d'onde moyennes ;
- **les cônes « L »** (de l'anglais « large ») dont la sensibilité est maximale pour les rayonnements de longueurs d'onde élevée.



sensibilités des trois types de cônes (en pourcentage de leur valeur maximale)

II. le rôle de l'œil dans la perception des couleurs.

L'objectif de cette partie est de comprendre le rôle des cônes de l'œil dans la perception des couleurs. On utilisera les courbes de sensibilités des cônes de l'œil (page précédente) pour justifier les réponses.

Partie II.1 : vision du bleu, du vert et du rouge.

Un stimulus des cônes est un ensemble de valeurs de S, M et L. Par exemple le stimulus dû à la réception d'une lumière monochromatique bleue de longueur d'onde 405 nm se note : S=22% M=0% L=0%.

8. De la même manière, indiquer quel stimulus provoque une lumière rouge de longueur d'onde 655 nm puis une lumière verte de longueur d'onde 530 nm.

9. Existe-il une onde monochromatique qui ne stimule que le cône M ?

10. On appelle parfois les trois cônes « R », « V » et « B » (les initiales de rouge, vert et bleu). Utiliser les réponses précédentes pour montrer que cette appellation induit en erreur.

Partie II.2 : comment afficher la couleur jaune ?

On cherche à comprendre comment afficher la couleur jaune sur un écran utilisant les trois couleurs primaires précédentes. Répondre aux questions 11 et 12 sans faire d'expérience :

11. Quelle serait la longueur d'onde dans le vide d'une onde monochromatique vue jaune ?

12. Quels cônes sont stimulés si l'œil reçoit une telle onde ? Écrire la combinaison des valeurs S, M et L.

13. Rappeler comment l'écran d'un téléphone portable affiche du jaune.

14. On admet que les luminophores de l'écran observé émettent des rayonnements monochromatiques de longueurs d'onde : 530 nm (vert) et 655 nm (rouge). Justifier que l'allumage de ces deux luminophores permette d'obtenir la même sensation de couleur jaune qu'un rayonnement monochromatique.

Partie II.3 : comment afficher la couleur orange ?

15. Un rayonnement bichromatique vert et rouge permet aussi d'obtenir la couleur orange : il faut pour cela modifier l'intensité émise par l'un des luminophore de l'afficheur. De quel luminophore faut-il abaisser l'intensité ? Justifier à l'aide des courbes de sensibilité.

Partie II.4 : synthèse des couleurs "non spectrale".

Certaines couleurs sont "non spectrales", c'est-à-dire absentes du spectre de la lumière blanche. C'est par exemple le cas de la couleur magenta : on se propose d'interpréter cela.
Les longueurs d'onde d'émission des luminophore de l'écran sont généralement voisines de 405 nm (luminophore bleu), 530 nm (luminophore vert) et 655 nm (luminophore rouge).
16. Observer au microscope l'écran d'un téléphone portable affichant du magenta et décrire ce qui est observé.
17. Donner le stimulus responsable de la vision du magenta sous la forme d'une combinaison de S, L et M.
18. Expliquer pourquoi il n'y a pas de magenta dans le spectre de la lumière blanche.

III. le système de codage RVB.

DOCUMENT 2 : principe du système de codage RVB ou RGB

Le système « Rouge-Vert-Bleu » s'appuie sur la synthèse additive. Chaque couleur est représentée par un pourcentage de lumière rouge, de lumière verte et de lumière bleue. Pour afficher une couleur, il faut déterminer le pourcentage de chacune des 3 lumières de couleurs primaires qui interviennent dans sa composition. On parle alors de composante (R,V,B) d'une couleur (ou R,G,B en anglais).

19. En utilisant une triple LED RGB et un microcontrôleur, flasher le programme *led_RGB_rouge.py* et vérifier que la LED RGB produit une lumière rouge.
20. Modifier le programme pour produire une lumière bleue puis verte puis jaune puis blanche puis magenta.
21. Modifier le programme de façon à allumer à fond les LED verte et bleue (la rouge restant éteinte). Observer et décrire la couleur perçue (qui se nomme cyan).

22. À l'aide du logiciel en ligne RGB sur la synthèse additive des couleurs (http://alainpre.free.fr/tutoriels/post-traitement/synthese-couleurs/rvb-fr.php), indiquer comment obtenir les couleurs suivantes en complétant avec 0 (pour pas du tout) ou + (pour un peu) ou ++ (pour moyennement) ou +++ (pour beaucoup) :

couleur voulue	lumière rouge	lumière verte	lumière bleu
rouge			
bleu			
vert			
blanc			
noir			
cyan			
jaune			
magenta			
rouge foncé (bordeaux)			
rouge pâle (rose)			
jaune pâle			
orange			
gris foncé			

23. Modifier le programme du microcontrôleur pour produire une lumière orange.
24. Utiliser le logiciel en ligne Pixel-Color (https://pixel-color-online.com/fr) pour déterminer les composantes (R, V, B) (sur une échelle allant de 0 à 255) de chacun des deux bleus de la couverture de l'ouvrage numérique d'Image.

IV. Des ombres noires ?

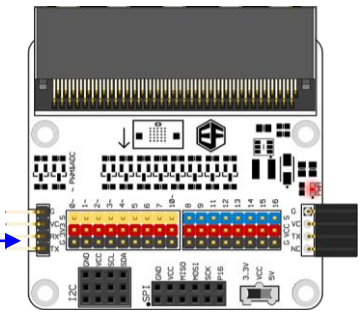
25. On dispose d'une lumière blanche obtenue par la superposition de 3 sources de lumières rouge, verte et bleue légèrement décalées. Observer et interpréter les ombres obtenues.

La vision des lumières de couleurs
Liste du matériel

dans une salle avec rideaux efficaces

Au bureau :

□ mini câbles de connexion électrique femelle-femelle pour microcontrôleur
□ téléphone portable avec image jaune, image blanche et image magenta - je m'en charge
□ 2 filtres jaunes (deux modèles différents)
□ rétroprojecteur + 2 réseaux (140 et 530 traits par millimètre) + carton obturateur avec fente
□ lampe à filament + alternostat
□ lampe à vapeurs de sodium Na
□ lampe à 3 LED rouge, verte et bleue (avec un cache pour les LED) avec son alim et sa télécommande
Lumière "blanche" un peu trop magenta (rouge + bleu) donc accueillir les élève en lumière magenta (rouge + bleu) puis ajouter la lumière verte pour obtenir du blanc.
□ prévoir 2 piles de rechange au cas où (LR06 ou AAA)
□ ×9 LED SMD RGB provenant des casiers de composants pour microcontrôleur micro:bit

Pour chaque poste : (9 postes)

□ ordinateur avec logiciel Mu et accès Internet
□ téléphone portable - les élèves s'en chargent
□ sur Internet : image jaune, image blanche et image magenta - je m'en charge
□ logiciel RGB (http://alainpre.free.fr/tutoriels/post-traitement/synthese-couleurs/rvb-fr.php) - je m'en charge
□ logiciel Color Picker (https://pixel-color-online.com/fr) - je m'en charge
□ fichier Python *led_RGB_rouge* - je m'en charge
□ fichier Image *multicolore* et *couverture-ouvrage-image* - je m'en charge
□ spectroscope en carton (modèle rectangulaire avec échelle de longueur d'onde)
□ microscope
□ mallette microcontrôleur micro:bit :
- □ carte microcontrôleur micro:bit
- □ adaptateur octopus:bit
- □ câble microUSB
- □ mini câbles de connexion électrique pour microcontrôleur micro:bit