

Synthèse additive et soustractive, couleur des objets

L'objectif des manipulations est d'aborder la notion de synthèse additive en étudiant le fonctionnement d'un écran lcd puis de travailler la notion de synthèse soustractive pour expliquer la couleur des objets éclairés.

1) La synthèse additive des couleurs et nos écrans lcd (45 min)

1) L'écran lcd d'un moniteur d'ordinateur

Un écran lcd (liquid cristal display) comporte une mosaïque de petits éléments lumineux appelés pixels (picture element) eux-mêmes composés de trois sous-pixels.

Ouvrir une page vierge à l'aide du logiciel LibreOffice.

Réaliser un schéma légendé pour décrire un pixel dans une zone blanche de l'écran en utilisant une loupe (qui est une lentille convergente).

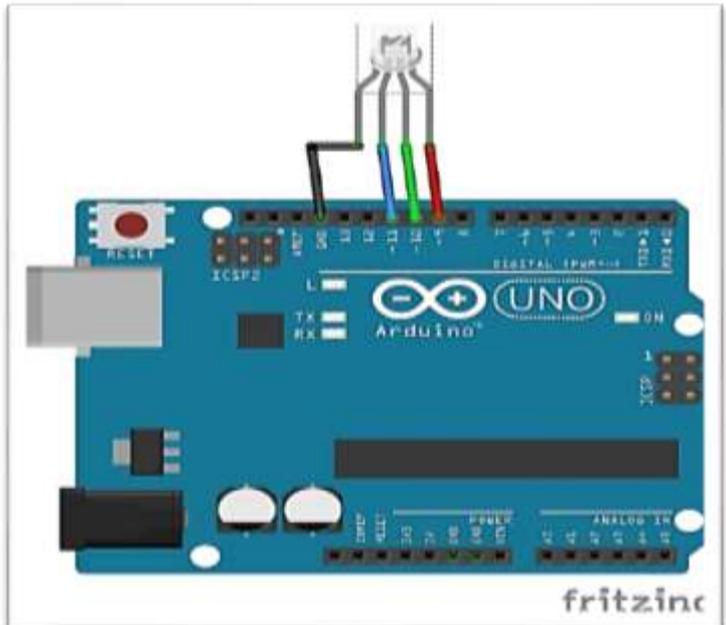
Chaque sous-pixel produit une lumière colorée nommée en physique « couleur primaire ». Quelles sont les trois couleurs primaires ?

.....
.....

2) Simuler le fonctionnement de chaque sous-pixel

Nous allons utiliser une diode électroluminescente (ou led pour light-emitting diode en anglais) commandée par une carte Arduino pour parvenir à produire les couleurs primaires.

Le montage à réaliser est le suivant : (borne r de la led reliée à l'entrée 9 de la carte Arduino, la borne g à l'entrée 10, la borne b à l'entrée 11 et la borne - aussi nommée GND reliée à la masse GND de la carte Arduino). Placer la led sur un support porte-objet pour banc d'optique puis placer une lentille convergente à une vingtaine de cm de celle-ci. Placer derrière la lentille un écran.



a) La carte Arduino étant branchée grâce à un câble usb à l'unité centrale de l'ordinateur, ouvrir le logiciel Arduino puis le programme «led_rgb» qui est stocké dans le dossier indiqué par le professeur. Sans modifier le programme, le téléverser. Observer la couleur de la lumière produite par la led en déplaçant l'écran afin d'obtenir un disque coloré de 3 ou 4 cm de diamètre.

b) La partie du programme qui sera à modifier est celle entre les parenthèses de la fonction principale :

```
void loop() {  
    affichage (255, 0, 0);  
}
```

En s'appuyant sur les observations de la question précédente, émettre une hypothèse sur la signification des valeurs 255, 0 et 0 dans la fonction affichage.

.....
.....
Vérifier l'hypothèse formulée en modifiant la fonction principale afin que la led rgb produise une lumière verte. Vérifier la syntaxe du code puis le téléverser. Produire désormais une lumière bleue et enfin successivement les trois couleurs primaires.

Appel n°1 Appeler le professeur pour vérifier les réponses ou en cas de difficulté.

3) Des lumières colorées plus ou moins intenses

a) Les trois valeurs nommées r, g et b (arguments de la fonction affichage) correspondent respectivement à l'intensité de chaque lumière primaire produite. Vérifier cette affirmation en modifiant (un peu) le programme précédent et en notant vos observations.

b) A quoi correspond la valeur particulière 255 pour une couleur donnée ? À quoi correspond la valeur particulière 0 ?

.....
.....

c) On dit qu'une couleur est codée informatiquement sur n bits s'il est possible d'obtenir 2^n nuances de couleurs.

En déduire sur combien de bits est codée une couleur ici ? Justifier par un calcul simple.

.....
.....

À l'aide d'un calcul, combien de couleurs différentes peut-on obtenir grâce à la led rgb ?

.....
.....

4) D'autres couleurs

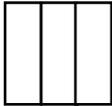
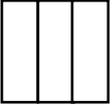
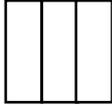
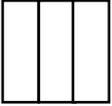
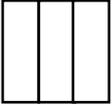
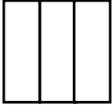
Trois images sont affichées sur des écrans lcd de téléphones portables. Un fauteuil jaune, une fleur blanche sur un fond de couleur cyan et un canard magenta à bec rouge et à l'œil noir :



Document n°1 : objets colorés affichés sur un écran lcd

a) Modifier le programme pour que la led rgb puisse produire successivement toutes les « couleurs » des images ci-dessus en produisant des lumières colorées primaires en pleine intensité de manière judicieuse.

b) Compléter le document réponse :

	Fauteuil jaune	Fleur blanche	Fond cyan	Canard magenta	Bec rouge	Œil noir
Sous-pixels illuminés à colorier.						

Conclusion : la synthèse additive correspond à la superposition de lumières colorées. Compléter cette conclusion en écrivant quatre phrases suivant le modèle : la lumière est obtenue en additionnant les lumières primaires (pour le jaune, le magenta, le cyan et le blanc).

.....

.....

.....

.....

.....

Remarque : les couleurs cyan, magenta et jaune se nomment « couleurs secondaires » en physique.

c) Proposer par écrit une modification du programme permettant d'obtenir d'autres couleurs que les couleurs secondaires à partir du même matériel mais en modifiant légèrement le programme.

.....

.....

Vérifier la proposition de modification grâce au matériel mis à disposition.

Appel n°2 Appeler le professeur pour vérifier les réponses ou en cas de difficulté.

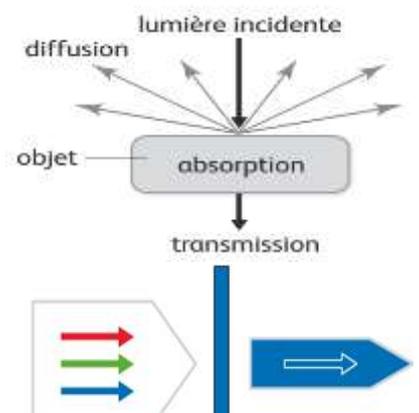
II) Couleur d'un objet éclairé. Abyss (45 min)

Document n°2 : synthèse soustractive et couleur des objets

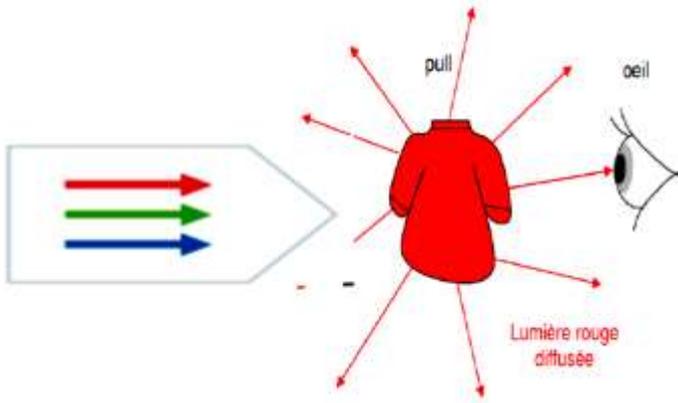
Un filtre coloré comme tout objet coloré absorbe certaines radiations de la lumière qui l'éclaire, et diffuse toutes les autres (diffuser signifie renvoyer dans toutes les directions). En regardant à travers un filtre, on s'aperçoit qu'il laisse passer (on dit « transmet » en physique) les radiations qu'il n'absorbe pas :

Exemple pour un filtre bleu : il est éclairé par la lumière blanche, il absorbe le rouge et le vert et transmet le bleu. Les scientifiques parlent du phénomène de synthèse soustractive : le filtre « soustrait » (absorbe en fait) une ou plusieurs couleurs de la lumière incidente et diffuse toutes les autres.

Autre exemple : pour un filtre cyan il y a transmission du bleu et du vert mais absorption du rouge.



Pour un objet éclairé autre qu'un filtre coloré, le vocabulaire est similaire : le pull diffuse (émet dans toutes les directions) la lumière rouge et absorbe toutes les autres couleurs de la lumière blanche (le vert et le bleu) :



Dans le film Abyss de James Cameron, le personnage Bud Brigman doit couper un fil bleu avec une bande blanche mais pas un fil noir avec une bande jaune. Pourtant, il voit deux fils identiques : deux fils noirs avec une bande jaunâtre. Pourquoi ? Rédiger une réponse argumentée d'une dizaine de lignes grâce au matériel disponible, aux réponses de la partie I et aux documents ci-dessus. Utiliser le vocabulaire scientifique « absorbe », « diffuse », « synthèse soustractive », « synthèse additive » .

Remarque : il faudra ajouter // devant l'instruction delay(1000); dans le programme pour la transformer en commentaire et la rendre ainsi inopérante.

Matériel: led rgb, banc d'optique, des objets colorés (disques colorés), support pouvant recevoir un écran, une lentille convergente permettant de focaliser les rayons lumineux sur un écran.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Appel n°3 Appeler le professeur pour vérifier les réponses ou en cas de difficulté.

Contexte du sujet

Classe concernée :

Première enseignement de spécialité

Durée : 1 h 30 ou 2 h avec le prolongement cité plus bas (« problème d'impression »).

Référence au programme :

Partie ondes et signaux. Sous-partie : la lumière : images et couleurs, modèles ondulatoire et particulaire.

Activité expérimentale : « Illustrer les notions de synthèse additive, de synthèse soustractive et de couleur des objets.

Compétences travaillées :

- Analyser – Raisonner : formuler des hypothèses.
- Communiquer : utiliser un vocabulaire adapté, présenter une démarche de manière argumentée.
- S'approprier : rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée.
- Réaliser : mettre un œuvre un protocole expérimental.

Salle : salle de travaux pratiques d'optique avec ordinateurs (Arduino installé).

Matériel :

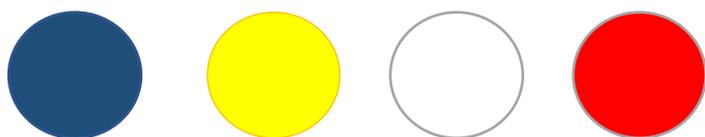
une lentille suffisamment grossissante pour distinguer les sous-pixels d'un moniteur,

une led rgb à cathode commune,

4 fils de connexion (ou un câble « grove » si vous optez pour une led rgb grove et la carte arduino avec son shield grove pour faciliter les branchements de vos montages durant l'année),

une carte arduino et son câble usb d'alimentation,

Pour la partie II) : un banc d'optique, un porte écran et un écran, un porte objet où l'on a monté la led rgb, des objets colorés :



Fichiers joints : programme led_rgb.io initial. Vidéo présentant des disques colorés obtenus sur banc d'optique (la caméra fausse un peu la perception des couleurs), une vidéo présentant une led_rgb en fonction.

Éléments de correction

1) La synthèse additive des couleurs et nos écrans lcd (30 min)

1) L'écran lcd d'un moniteur d'ordinateur



Un pixel et ses sous-pixels dans une zone de l'écran blanche :

Les trois couleurs primaires en physique sont donc le bleu, le vert et le rouge.

2) Simuler le fonctionnement de chaque sous-pixel

a) La feuille est éclairée par une lumière rouge.

b) Les valeurs 255,0,0 correspondent sans doute respectivement à l'intensité des lumières colorées rouge, verte et bleue.

c) Pour afficher une lumière verte la fonction principale devient :

```
void loop() {  
    affichage (0, 255, 0);  
}
```

```
Pour afficher une lumière bleue : void loop() {  
    affichage (0, 0, 255);  
}
```

Pour afficher successivement les trois couleurs primaires :

```
void loop() {  
    affichage (255, 0, 0);  
    affichage (0, 255, 0);  
    affichage (0, 0, 255);  
}
```

3) Des lumières colorées plus ou moins intenses

a) Pour vérifier que les arguments de la fonction (valeurs comprises entre 0 et 255) correspondent à l'intensité de chaque lumière colorée produite, la fonction principale peut être modifiée comme suit par exemple :

```
void loop() {  
    affichage (30, 0,0);  
}
```

Une lumière rouge peu lumineuse est produite.

b) La valeur 255 correspond à l'intensité maximale de la couleur primaire produite et 0 à l'absence de lumière produite (les trois sous-pixels d'un écran seraient « éteints »).

On peut s'en convaincre en modifiant le programme comme suit :

```
void loop() {  
    affichage (0, 0, 0);  
}
```

c) Chaque couleur primaire est donc codée sur 8 bits car $2^8 = 256$. Le nombre de nuances de couleurs que l'on peut obtenir est : $2^8 \times 2^8 \times 2^8 = 2^{24}$ soit plus de 16 millions de nuances.

4) D'autres couleurs

a) Pour produire toutes les couleurs des images successivement la fonction principale du programme devient :

```
void loop() {  
    affichage (255, 255, 0); // jaune  
    affichage (255, 255, 255); //Blanc (toutes les couleurs primaires en pleine intensité)  
    affichage (0, 255, 255); // Cyan  
    affichage (255, 0, 255); // magenta  
    affichage (255, 0, 0); //rouge  
    affichage (0, 0,0); // noir (absence de lumière)  
}
```

Conclusion : la synthèse additive correspond à la superposition de lumières colorées. La lumière jaune est obtenue en additionnant les lumières primaires verte et rouge ; la lumière magenta est obtenue en additionnant les lumières colorées rouge et bleue ; la lumière cyan en obtenue en additionnant les lumières colorées verte et bleue et enfin le blanc est obtenu en additionnant les trois couleurs primaires.

b) La fonction principale peut être modifiée par exemple comme suit :

```
void loop() {  
    affichage (30, 120, 155); // Il y a plus de 16 millions de possibilités !  
}
```

II) Couleur d'un objet éclairé. Abyss (45 min)

La led produit une lumière jaune car Bud utilise d'après la photographie une lumière colorée jaunâtre.

La fonction principale du programme est donc :

```
void loop() {  
    affichage (255, 255,0); // Jaune.  
}
```

On place la led à une vingtaine de cm d'une lentille convergente (distance focale : 20 cm) sur un banc d'optique. On place un écran à quelques cm derrière la lentille afin d'obtenir un disque jaune de 2 ou 3 cm de diamètre bien lumineux.

On place au niveau de l'écran différents objets colorés. Un disque bleu est gris sombre voire noir. L'objet bleu diffuse uniquement le bleu. Il absorbe le rouge et le vert dont est composée la couleur jaune. Il apparaît donc noir éclairé par une lumière jaune. Le disque blanc diffuse toutes les couleurs et est donc perçu jaune en lumière jaune.



Image extraite du film « Abyss »

Prolongement possible à l'issue des activités expérimentales :

Problèmes d'impression :

Dans une entreprise nommée « RVB », le logo **R V B** doit être imprimé dans un document. Cependant il n'apparaît pas convenablement chez le comptable, le directeur et à l'accueil. Vous devez trouver la cause de ces dysfonctionnements en utilisant le vocabulaire scientifique des activités expérimentales « Synthèse additive et soustractive, couleur des objets ». On pourra réaliser des schémas pour expliquer les réponses en s'inspirant de ceux du doc n°3 du TP.

Texte qui devait apparaître	Texte qui apparaît avec l'imprimante du comptable	Texte qui apparaît avec l'imprimante du directeur	Texte qui apparaît avec l'imprimante de l'accueil
R V B (rouge vert bleu)	R V B (rouge jaune magenta)	R V B (magenta cyan bleu)	R V B (jaune vert cyan)



Cartouches d'une imprimante couleurs (jaune, magenta, cyan et noire).

Remarque : il est possible de réaliser cette activité plutôt en TP. Il faut fournir par exemple des tubes à essais bouchés contenant les encres d'imprimante (quelques gouttes d'encre seulement pour un tube et avec la même intensité de teinte pour chaque tube). Il suffit alors d'associer deux à deux les tubes à essais et d'observer la synthèse soustractive réalisée (le tube jaune derrière le tube cyan donne une teinte verte). Cela fonctionne très bien et permet de découvrir le principe de l'impression par quadrichromie.

Choix de la led pour le TP

Une led rgb est un composant dans lequel le constructeur à insérer une led émettant une lumière rouge, une led émettant une lumière verte et une led émettant une lumière bleue dans un même composant.

Au niveau de la manière d'associer les 3 led, les fabricants associent soit les anodes de chaque led et cela donne une led rbg « à anode commune » soit le fabricant relie les cathodes de chaque led (led rgb « à cathode commune »).

Au niveau de la diffusion de la lumière, il existe des modèles à lumière dite « diffusée » pour laquelle les trois couleurs se confondent.

Il existe des led rgb dont chaque diode est protégée par une résistance souvent nommées « modules ». Cela permet de simplifier et miniaturiser le montage.

J'ai utilisé un « module LED KY-016 ». C'est un modèle « non diffusant » (on a la possibilité de distinguer les trois couleurs produites séparément suivant la distance LED / écran). Ce modèle est à cathode commune (sur le composant vous pouvez lire au niveau des bornes R G B et GND ou -).

Pourquoi avoir fait le choix d'une led rgb à cathode commune ?

Si vous utilisez une led rgb à anode commune la déclaration de la fonction affichage sera :

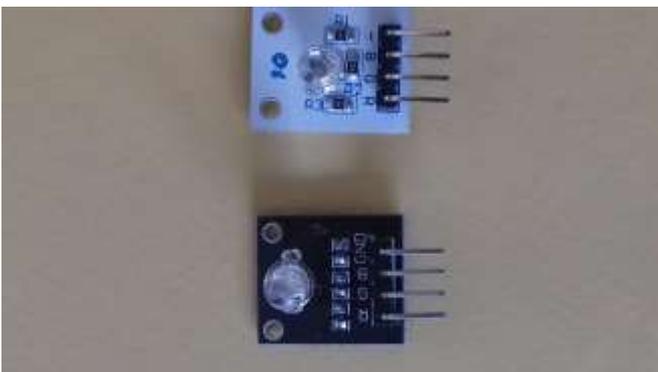
```
void affichage (byte r, byte g, byte b) {  
  analogWrite(PIN_LED_R, ~r);  
  analogWrite(PIN_LED_G, ~g);  
  analogWrite(PIN_LED_B, ~b);  
  delay(duree);  
}
```

Le symbole « ~ » est l'opérateur logique NOT.

Vous pouvez donc constater que l'utilisation d'une led rbg à anode commune complique la compréhension du programme et est donc à éviter.

Achat d'une led rgb :

Vous pouvez en acheter par exemple chez Electronic 44, chez Pierron, chez Jeulin par exemple.



Deux modules led_rgb.